วารสาร
ISSN 0125-0369

# วิทยาศาสตร์เกษตร

# AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 46 ฉบับที่ 3 (พิเศษ) กันยายน - ธันวาคม 2558 Vol. 46 No. 3 (Suppl.) September-December 2015

## การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 9

3-4 กันยายน 2558

ณ โรงแรม เดอะทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพมหานคร

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

**สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย**

**ในพระบรมราชูปถัมภ์**

**นายกสมาคม**

รองศาสตราจารย์ ดร. พีรเดช ทองอำไพ

**อุปนายก**

ศ.ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์

รศ.ดร.วิจารณ์ วิชชุกิจ

ผศ.ดร.บัณฑิต อิณณวงศ์

| เลขาธิการ | นายทะเบียน | เหรัญญิก |
|---|---|---|
| ศ.ดร.จริงแท้ ศิริพานิช | นายกฤตภาค บูรณวิทย์ | นางสาววีร์สุดา ธีรเดช |

**วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**

**Agricultural Science Journal**

**บรรณาธิการ**

รศ.ดร.นิพนธ์ ทวีชัย

**กองบรรณาธิการ**

| | | | |
|---|---|---|---|
| ศ.ดร.สายชล | เกตุษา | ศ.ดร.พีระศักดิ์ | ศรีนิเวศน์ |
| ศ.ดร.อังศุมาลย์ | จันทราปัตย์ | ศ.ประดิษฐ์ | พงศ์ทองคำ |
| รศ.ดร.อมรา | ทองปาน | รศ.ดร.กัญจนา | ธีระกุล |

**เจ้าของ**

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ตู้ ปณ.1070 ปทฝ. เกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10903

**สำนักงานกองบรรณาธิการ**

คณะอุตสาหกรรมเกษตร อาคาร 3 ชั้น 8

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

โทร.02-579-1259 ต่อ 124  โทรสาร.02-940-5634

# บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับพิเศษนี้ สมาคมวิทยาศาสตร์เกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยและงานวิชาการเกษตรสู่สาธารณะ ประกอบด้วยเรื่องเต็มจากการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 9 ขึ้น ในวันที่ 3-4 กันยายน 2558 ณ โรงแรม เดอะทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพมหานคร ซึ่งดำเนินการโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นักวิทยาศาสตร์ และนักศึกษา ด้านเทคโนโลยีการผลิตพืช (ก่อนหรือหลังเก็บเกี่ยว) เทคโนโลยีของพืชสมุนไพร ด้านการแปรรูป ด้านอื่นๆของพืช (เช่น ด้านพฤกษศาสตร์-อนุกรมวิธานพืช และสาขาที่เกี่ยวข้องกับพืชพลังงาน เป็นต้น) ได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในงานวิจัย ร่วมกับหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ซึ่งถือเป็นการสร้างความร่วมมือและขยายขอบเขตในการพัฒนางานวิจัยให้กว้างยิ่งขึ้น

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ใคร่ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมประชุมและผู้มีส่วนร่วมในการประชุมทุกท่าน โดยเฉพาะคณะกรรมการการจัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 9 โดยเฉพาะศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และแหล่งทุนที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการจัดพิมพ์วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับนี้ และใคร่ขอเชิญชวน นักวิชาการ นักวิจัย และนักศึกษาผู้สนใจด้านการพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน สมัครเป็นสมาชิกสมาคมฯ และเสนอบทความฉบับเต็ม เพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรของสมาคมฯ ในโอกาสต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ ทวีชัย
บรรณาธิการ

# คำนำ

ปัจจุบันงานวิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน เช่น ข้าว พืชไร่ ไม้ผล ผัก พืชสมุนไพร เครื่องเทศ ไม้ดอก และ ไม้ประดับ มีความสำคัญมากขึ้น เห็นได้จากการพัฒนาเทคโนโลยีทั้งในด้านการผลิต การเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยว และการแปรรูป การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยา ตั้งแต่ในระดับแปลงปลูกของเกษตรกร ระดับห้องปฏิบัติการ จนถึงในระดับอุตสาหกรรม โดยงานวิจัยต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษานั้น บางส่วนได้มีโอกาสนำมาเผยแพร่แก่นักวิจัย นักวิชาการ ตลอดจนผู้ประกอบการในภาคเอกชนที่มีความสนใจ ดังนั้นศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 9 ขึ้น ระหว่างวันที่ 3-4 กันยายน 2558 ณ โรงแรม เดอะทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพมหานคร เพื่อให้ อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และนักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในงานวิจัย ร่วมกับหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย เป็นการสร้างความร่วมมือและขยายขอบเขตในการพัฒนางานวิจัยให้กว้างยิ่งขึ้น

การประชุมประกอบด้วยการบรรยายและอภิปรายจากวิทยากรรับเชิญที่มีชื่อเสียงทั้งในและต่างประเทศ และยังมีการนำเสนอผลงานวิจัยทั้งแบบบรรยายและโปสเตอร์จากนักวิจัยรุ่นกลางและรุ่นใหม่ รวมถึงจากนิสิต-นักศึกษา ตลอดจนมีการมอบรางวัลการนำเสนอผลงานดีเด่นแก่นักวิจัยรุ่นเยาว์ เพื่อเป็นกำลังใจให้สร้างผลงานวิจัยที่มีคุณภาพต่อไป นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมประชุมยังจะได้มีโอกาสได้ชมนิทรรศการเครื่องมือทันสมัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์การอาหารและการเกษตรจากบริษัทผู้แทนจำหน่าย และพบปะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้านงานวิจัย การสร้างเครือข่ายงานวิจัยวิทยาศาสตร์ด้านพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนของประเทศไทยให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

คณะกรรมการจัดการประชุม ขอขอบคุณผู้ที่เข้าร่วมการประชุมและเสนอผลงานทั้งภาคบรรยาย และ ภาคโปสเตอร์ วิทยากรบรรยายพิเศษ ตลอดจนแขกผู้มีเกียรติและผู้สนับสนุนทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมทำให้การประชุมวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีทุกประการ และได้ดำเนินการรวบรวมผลงานทางวิชาการทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ที่ผ่านการพิจารณาและแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อนำไปเผยแพร่และนำไปใช้ประโยชน์กับนักวิจัย นักศึกษา และผู้สนใจ สำหรับการพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนของประเทศไทยต่อไป

คณะกรรมการจัดการประชุมฯ
www.crdc.kmutt.ac.th
crdc2011@kmutt.ac.th

วารสาร ISSN 0125-0369

# วิทยาศาสตร์เกษตร
AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 46 ฉบับที่ 3 (พิเศษ) กันยายน-ธันวาคม 2558 Vol.46 No.3 (Suppl.) September-December 2015

**การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 9**

หน้า

1 การชักนำการกลายพันธุ์ในสบู่ดำด้วยรังสีแกมมาและตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมโดยเทคนิคเอเอฟแอลพี
นงลักษณ์ เทียนเสรี และ อัญชิสา ปานแก้ว

5 กะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป
แพรว วิจิตรโรทัย และ ธงชัย พุฒทองศิริ

9 Effects of Emulsifier on Mixing Properties and Glass Transition Temperature of Zein-Starch Doughs
Murdiati, Lumdubwong, N. and Kuakpetoon, D.

13 การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติต้านความดันโลหิตสูงของชาสมุนไพรไทยและชาในสกุลคาเมลเลีย
จุฑามาศ ทองลิ่ม สุวภัทร กิตติบัญชากุล วันทนีย์ เกรียงสินยศ เอกราช เกตวัลห์ และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์

17 ผลของสารสกัดโรติโนนในการควบคุมปลาช่อน
กิตติมา วานิชกูล สมิง จำปาศรี จิราพร กุลคำ สงบ ศรีเมือง และ บัญชร พลรบ

21 การสกัดสีจากเส้นใยและดอกเห็ดตับเต่า (*Boletus* spp.) เพื่อการย้อมสีเส้นไหมไทย
ไพรินทร์ กปิลานนท์ สุริยา ฤฐาทิพย์ และ อุทร ชิขุนทด

25 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียว กข 10
อัชฌา เพชรสลับแก้ว และ จิรารัตน์ อนันตกูล

29 ผลของการจัดการธาตุอาหารไนโตรเจนต่อการเติบโตและผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์
จักรินทร์ ม่วงปั้น ปิติพงษ์ โตบันลือภพ สุขุมาลย์ เลิศมงคล เอ็จ สโรบล นพ ตัณมุขยกุล ปิยะนุช คำแว่น อาทิตย์ พงษ์ทิพย์ และ จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี

33 ผลของการจัดการรอบการเก็บเกี่ยวต่อการเติบโต และผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์
อาทิตย์ พงษ์ทิพย์ ปิติพงษ์ โตบันลือภพ เอ็จ สโรบล สุขุมาลย์ เลิศมงคล นพ ตัณมุขยกุล จักรินทร์ ม่วงปั้น ปิยะนุช คำแว่น และ จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี

37 การจัดการระยะปลูกต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์
จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี ปิติพงษ์ โตบันลือภพ เอ็จ สโรบล นพ ตัณมุขยกุล ปิยะนุช คำแว่น จักรินทร์ ม่วงปั้น และ อาทิตย์ พงษ์ทิพย์

41 ผลผลิตชีวมวล คุณภาพชีวมวล และศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพของหญ้าเนเปียร์บาน่า ภายใต้การจัดการธาตุไนโตรเจน และระยะตัด
คมกฤช ธัญวชิรวิทย์ ปิติพงษ์ โตบันลือภพ และ นพ ตันมุขยกุล

45 การซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ในจังหวัดอุบลราชธานี
วิภา ดวงจินดา และ พิชัย ทองดีเลิศ

49 การประเมินปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy
จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ และ จารุวรรณ บางแวก

53 ผลของการเตรียมขั้นต้นเห็ดนางฟ้าต่อคุณภาพของกุนเชียง
นิสานารถ กระแสร์ชล ชุติกานต์ สมจิตต์ และ สมศักดิ์ มาฆะสิทธิ์

57 ผลของปริมาณของเห็ดนางฟ้าผงต่อคุณภาพของกุนเชียง
นิสานารถ กระแสร์ชล ชุติกานต์ สมจิตต์ และ สมศักดิ์ มาฆะสิทธิ์

61 สมบัติทางกายภาพเคมีและการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของแยมฝรั่งเสริมสมุนไพร
เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์

65 ความพร้อมของเกษตรกรในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา
นันทิกา จ่าพิชม และ พิชัย ทองดีเลิศ

69 ความหลากหลายทางพันธุกรรมของหญ้าพลังงานเขตร้อน โดยใช้เทคนิค AFLP
ปิยะนุช คำแว่น ปิติพงษ์ โตบันลือภพ เฉลิมพล ภูมิไชย์ ธนพล ไชยแสน นฤป ทองคำ และ นพ ตัณมุขยกุล

73 ลักษณะทางกายภาพและการสูญเสียน้ำหนักของหอมแดงในระหว่างการเก็บรักษา
ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย และ ชาลิณี สังขจร

77 การวิเคราะห์สารให้ความหวานเชิงปริมาณและคุณภาพจากสารสกัดรากพืช 3 ชนิด
กีระติ ธรรมพันธ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

81 การเพิ่มปริมาณฟีนอลิก และความสามารในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเซลล์แขวนลอยถั่วเหลือง ที่กระตุ้นด้วยเมททิลจัสโมเนท
ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ แฟรงก์ มาทา

85 ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อความคงตัวและอายุการเก็บรักษาของน้ำใบเตย
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ มณฑิรา นพรัตน์ นิพร เดชสุข ณัฐนันท์ วิลาวรรณ และ สุพิชชา สุกใส

89 ผลของขั้นตอนการเติมนมและน้ำตาลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของชานมอูหลง
รัชพล พะวงศ์รัตน์ และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล

93 ผลของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพของเปลือกส้มโอและการประยุกต์ใช้ในรูปของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ
รัชพล พะวงศ์รัตน์ และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล

97 ศักยภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์ด้วยกระบวนการหมักด้วยเชื้อแลคติกและ Bifidobacteria
รัชฎาภรณ์ คะประสบ อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ แฟรงก์ มาทา

101 การขยายพันธุ์เอื้องช้างน้าวด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
อารยา อาจเจริญ เทียนหอม ธีรภรณ์ ตุ้มน้อย ปรัชญา เตวิยะ และ วิทยา แก้วศรี

105 ความสัมพันธ์ของเครื่องหมาย RAPD กับสาร β-Asarone ในว่านน้ำ
บวร ตันติวรชัย มนตรี แก้วดวง ศิริเพ็ญ จริเกษม และ สายันต์ ตันพานิช

109 ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของไผ่โดยใช้ลำดับเบสบริเวณ *ITS2* และ *psbA-trnH*
บวร ตันติวรชัย ชุติมา สาตรจีนพงษ์ มนตรี แก้วดวง และ สายันต์ ตันพานิช

113 การตรวจสอบการถดถอยทางพันธุกรรมในมะละกอ โดยการทดสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร
ณิชาดา ศรีจันทร์โฉม ธีร์ หะวานนท์ และ เกรียศักดิ์ ไทยพงษ์

117 สัณฐานวิทยา ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่งพันธุ์ต้นแคระ
นพวรรณ หนองใหญ่ ดรุณี ถาวรเจริญ และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์

121 การเพิ่มจำนวนหน่อพันธุ์สับปะรด 'MD2' โดยวิธีการผ่าจุก
ศรันยา คุ้มปลี ธีร์ หะวานนท์ และ ภาสันต์ ศารทูลทัต

125 การมีชีวิตอยู่รอดของโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* ในสมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำ
จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล นันท์นภัส ขำโต และ พริมา พิริยางกูร

129 การคัดแยกเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสย่อยกากมันสำปะหลัง
สุทธิดา วิทนาลัย และ ผกามาส งามสง่า

133 โปรตีนสกัดจากถั่วชิกพีและการประยุกต์ใช้ในเครื่องดื่มโปรตีนฟังก์ชันนัล
สุภาภรณ์ เลขวัต อุบลวรรณา ศรีมงคลลักษณ์ และ มณีรัตน์ มีพลอย
137 ศักยภาพในการป้องกันโรคเบาหวานของสารสกัดที่ได้จากถั่ว 3 ชนิดที่ผ่านกระบวนการงอก
ภัสจนันท์ หิรัญ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
141 สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของพอลิแซคคาไรด์จาก *Ulva intestinalis* โดยการสกัดแบบลำดับขั้น
นภัสสร เพียสุระ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น
145 คุณสมบัติทางกายภาพและสารหอมระเหยของใบเตยหอม (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) สกัดด้วยน้ำ
นิศานันท์ ตามกาล ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น
149 สมบัติต้านอนุมูลอิสระและสมบัติเชิงหน้าที่ของข้าวโพดหมักด้วย *Aspergillus oryzae*
อรพรรณ เสลามาศสกุล ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ แฟรงก์ มาทา
153 สารให้กลิ่นรสในน้ำมะพร้าวที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยระบบ saturated steam retort
ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น
157 คุณลักษณะทางกายภาพเคมีและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนเห็ดนางรมที่ไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน
จินดาพร คงเดช ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น
161 ผลของ $GA_3$ และ CPPU ต่อขนาดและคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย
ภาสันต์ ศารทูลทัต พิมพ์นิภา เพ็งช่าง ธนากร บุญกล่ำ และ กัลยาณี สุวิทวัส
165 ผลของถ่านชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว
กฤษณา บุญศิริ และ กฤษฎา ชูช่วย
169 ผลของการลวกไอน้ำร้อนต่อคุณสมบัติทางกายภาพชีวเคมีของกระเทียมสดพร้อมปรุง
Aljay Valida อภิรดี อุทัยรัตนกิจ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
173 Postharvest Ethanol Vapor Treatment Delays Chlorophyll Degradation and Maintains Quality of Thai Lime (*Citrus aurantifolia* Swingle cv. Paan) Fruit
Opio, P., Pongphen, J., Pongprasert, N., Wongs-Aree, C., Suzuki, Y. and Srilaong, V.
177 การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางฟ้า
ศรัญญา วอขวา
181 การผลิตรงควัตถุสีเหลืองจาก *Monascus* บนเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยกระบวนการหมักแบบอาหารแข็ง
ศนิ จิระสถิตย์ และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์
185 การชักนำให้เกิดกลุ่มยอดจากตาข้างของกระดังงาจีน (*Artabotrys hexapetalus*)
กิตติ โพธิปัทมะ สมโภชน์ น้อยจินดา สุริยา ฤธาทิพย์ สร้อยทิพย์ ประเสริฐสงค์ และ เสาวรส พนมชัย
189 ผลของสารควบคุมการเจริญในพืช และการสร้างสารหอมระเหยในกะเพราแดง (*Ocimum sanctum* L. cv. Dang)
ยศกร ยศชาติ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ แฟรงก์ บี. มาทา
193 การพัฒนาอาหารเสริมธาตุเหล็กสำหรับเด็กอายุ 9-11 เดือน
จิราวรรณ หนูประภา นารีรัตน์ ตันติสว่างวงศ์ เปรมศิริ สมพรเสริม และ สุภัทร์ ไชยกุล
197 ศึกษาวิธีการเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพน้ำมัน
ภัควิไล ยอดทอง จารุวรรณ บางแวก และ อรวรรณ จิตต์ธรรม
201 การเตรียมเส้นใยผงจากเปลือกเงาะและการใช้เป็นสารลดการดูดซับน้ำมันในแป้งชุบทอด
สิริมา ชินสาร และ ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล
205 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากผสมเนื้อขนุน
ศริสา ทวีแสง
209 ผลของวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปักชำใบดอกหิน [*Selaginella pulvinata* (Hook. et Grev.) Maxim.]
ทัศไนย จารุวัฒนพันธ์ ศรัณย์พร ล่องชูผล และ ปริยานุช จุลกะ

213 อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า 8 พันธุ์ จากต้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
กัลยาณี สุวิทวัส ภาสันต์ ศารทูลทัต พินิจ กรินท์ธัญญกิจ พิมพ์นิภา เพ็งช่าง เรืองศักดิ์ กมขุนทด
และ ขวัญหทัย ทนงจิตร

217 การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของหญ้าทะเลในเขตภาคตะวันออกของประเทศไทยโดยใช้
เครื่องหมาย AFLP
ปัทมา ศรีน้ำเงิน

221 การศึกษาการเกิด DNA Methylation ของหญ้าทะเลชนิด *Halodule pinifolia* โดยใช้เทคนิค MSAP
ปัทมา ศรีน้ำเงิน และ กนกอร ดวงปากดี

225 ผลของน้ำสกัดจากเศษเหลือใช้ของต้นมะเขือเทศเป็นสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกผักกาดหอมในระบบ
ไฮโดรพอนิกส์
ชิตชนก มาลาวิสุทธิ์ ปริยานุช จุลกะ และ Takahiro Oshio

229 การเตรียมเอทิลเฟอรูเลทจากแกมมาโอไรซานอลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
อภิวัฒน์ จิรัฐติสกุล กรณ์กนก อายุสุข และ คณิต กฤษณังกูร

233 สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเซลลูโลสจากฟางข้าว
พรรณทิวา คำดี นพดล ปั้นจันทร์ และ ชลิดา เนียมนุ้ย

237 ความเป็นพิษระดับเซลล์และการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมของหอมแดงจากสารสกัดใบมังคุดและเปลือกลูกเนียง
จุฑามาศ ศุภพันธ์ และ วีระเกียรติ ทรัพย์มี

241 คุณภาพทางกายภาพ-เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกร
อินทิรา ลิจันทร์พร สุภาพร จันทร์ไพร ดวงกมล เตชะพิทักศาสน์ และ วรัญญา ทิพย์พิมล

245 ผลของน้ำสมุนไพรต่อคุณภาพในเส้นบะหมี่สด
อินทิรา ลิจันทร์พร กรรณิกา ปภุสโร ใยเนตร สืบทอง และ นพพล ชั่งโต

249 ผลของการใช้ใบขลู่ผงเป็นส่วนประกอบของไอศกรีมไขมันต่ำ
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล สิริมา ชินสาร และ นิสานารถ กระแสร์ชล

253 ผลของการใช้ไขมันมะพร้าวทดแทนไขมันที่ผ่านการเติมไฮโดรเจนบางส่วนในเปลือกพาย
ผาณิต รุจิรพิสิฐ

257 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมะขามป้อมผงกึ่งสำเร็จรูป
สุภาวิณี แสนทวีสุข

261 การประเมินคุณภาพมะขามเปรี้ยว 14 พันธุ์
โศภิษฐา ไพฑูรยากุล เจนจิรา ชุมภูคำ เรืองศักดิ์ กมขุนทด และ เบญญา มะโนชัย

265 อัตราการพองตัวของเอกซ์ทรูเดตแป้งข้าวผสมหน่อไม้
ณัติฐพล ไข่แสงศรี อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ แฟรงก์ มาทา

269 สภาวะการสกัดและลักษณะเคมีกายภาพของพอลิแซคคาร์ไรด์จากฝักกระเจี๊ยบเขียว
กมลวรรณ เที่ยงตรง ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ แฟรงก์ บี. มาทา

273 การคัดเลือกและการแยกเชื้อแบคทีเรียจากถั่วเน่าเพื่อใช้ปรับปรุงคุณค่าโภชนาการกากถั่วเหลืองหมักในอาหารสัตว์
อุไล ภู่ประสง ปรารถนา เกตุบท เกษรา เพิ่มสุข จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน กนก รัตนะกนกชัย
และ รัตติยา แววนุกูล

277 ความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ในการปลูกข้าวของเกษตรกร ตำบลห้วยขมิ้น
อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี
วราภรณ์ จรจรัญ และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ

281 ความคิดเห็นที่มีต่อการผลิตเชื้อราบิวเวอเรียจากข้าวสารในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าว
ของเกษตรกร จังหวัดอุทัยธานี
อรรถพร เฉยพันธ์ และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ

285 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดวัชพืช
อพรรณ จันทรวิชิต และ ชัชฎาพร องอาจ

289 ผลของการลวกร่วมกับการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการถ่ายเทมวลสารของขิงแปรรูป
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล อนุสรา พลบจู และ พเยีย มหาขันตี

293 ผลของการเสริมใบหม่อนต่อคุณภาพของคุกกี้เนย
นันท์ชนก นันทะไชย ปทุมวัน เมธา อนุสรา พาที และ นลิตา บู่ทอง

297 ผลของการใช้ซูคราโลสร่วมกับโพลีเดกซ์โทรสทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอก
อภิญญา เจริญกูล

301 ผลของการใช้ Fructooligosaccharide ทดแทนซูโครสต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แยมทับทิมผสมกาก
ทวีศักดิ์ พงษ์ปัญญา และ ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์

305 พฤติกรรมผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุง
อธิคุณ ชาญศิริวิริยกุล และ เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์

309 การสกัดน้ำตาลไซโลสจากเปลือกข้าว
ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

313 ผลการใช้มูลหนอนนกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมะเขือยาวในระบบเกษตรอินทรีย์
ปรัชวนี พิบำรุง และ ชมพร สุวินทรากร

317 ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิวของสารสกัดจากพืชสมุนไพร
สุวิชญา บัวชาติ ภัสสร จันเผือก และ รัตนา สระทองวาท

321 คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ชัชฎาพร องอาจ

325 ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของน้ำผึ้ง
ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ ภีม พจนกรโกศล ณปภา บุศยโสพัส และ อัญชลี สวาสดิ์ธรรม

329 ผลการจัดการดินและปุ๋ยต่อความอุดมสมบูรณ์ดินนา
ปรัชวนี พิบำรุง อารี ยิ้มสอาด ศรัณย์ พูดคล่อง และ กนิษฐา ขลังธรรมเนียม

333 การประเมินศักยภาพและข้อจำกัดเชิงพื้นที่ในการผลิตกระเทียมกรณีศึกษาพื้นที่ทำการเกษตร บ้านหมอกจำแป่และสะงา อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน
วาสนา วิรุญรัตน์ และ ปรีดา นาเทเวศน์

337 การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวงเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง
สุรัตน์วดี วงศ์คลัง เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ และ อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์

341 ผลของขนาดอนุภาคกากมะพร้าวผงต่อคุณภาพของโดนัทเค้กแบบอบ
กนกภรณ์ เกตุศิริ อโนชา สุขสมบูรณ์ และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

345 การพัฒนาขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคา
ภารวี กุศลินกุล มยุรี เหลืองวิลัย เพชรนัน ตระกูลพานิช ฉัตรภา หัตถโกศล และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล

349 การพัฒนาแผ่นฟิล์มระงับกลิ่นปากขึ้นรูปด้วยเทคนิคเอกซ์ทรูชัน
วรายุทธ จันทร์ปลอด ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

353 การพัฒนาเม็ดบีดระงับกลิ่นปากขึ้นรูปด้วยเทคนิคโคอะเซอเวชัน
วรายุทธ จันทร์ปลอด ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

357 การปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวด้วยกัวร์กัม
กรรณิการ์ กุลยะณี กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และ อโนชา สุขสมบูรณ์

361 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนอบแห้งผสมข้าวไรซ์เบอรี่
จารุพรรณ ใบนาค รัตนาพร วงศ์ภักดี และ อโนชา สุขสมบูรณ์

365 การศึกษาสมบัติบางประการของแบคทีเรียกรดแล็กติกที่แยกได้จากข้าวหมักระหว่างกระบวนการหมักขนมจีน
จินตนา ต๊ะย่วน ยุวธิดา สารสวัสดิ์ และ รัชดา พลโลก

369 การพัฒนาเยลลี่ข้าวไรซ์เบอรี่มังสวิรัติที่มีโปรตีนสูงและพลังงานสูงสำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาการกลืน
โปรดปราน ทาศิริ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ ฉัตรภา หัตถโกศล และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล

373 การคัดแยกและศึกษาคุณลักษณะยีสต์ทนร้อนสำหรับผลิตไบโอเอทานอล
ภัทรา ผาสอน จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ รัตติยา แววนุกูล เกษรา เพิ่มสุข ปรารถนา เกตบท และ กนก รัตนะกนกชัย
377 ผลของขนาดโมเลกุลเพปไทด์ต่อประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนทานตะวันไฮโดรไลซ์ด้วย Flavourzyme®
พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น
381 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และวิตามินซีของใบหม่อนจำนวน 8 สายพันธุ์
ฤทัยทิพย์ สุระเสียง พัชราภรณ์ ถิ่นจันทร์ พุทธพร วิวาจารย์ สิทธิชัย บุญมั่น ประชาชาติ นพเสนีย์ ศุภกฤต จันทรวิชญ์ ชลธิรา แสงศิริ และ ธนพร ขจรผล
385 เอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสชนิดทนต่อน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นสูงจากเชื้อ *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* NOI1
รัตติยา แววนุกูล ปรารถนา เกตุบท เกษรา เพิ่มสุข จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน และ กนก รัตนะกนกชัย
389 อัลคาไลน์เซลลูเลสจากกลุ่มเซลลูโลไลติกแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจน ชนิดทนด่าง ชอบร้อน และการนำไปประยุกต์ใช้ในสารซักล้าง
จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ เกษรา เพิ่มสุข ปราถนา เกตุบท รัตติยา แววนุกูล ภัทรา ผาสอน และ กนก รัตนะกนกชัย
393 องค์ประกอบทางเคมีของกลิ่นตามธรรมชาติจากมะพร้าวน้ำหอม ข้าวหอมมะลิ และใบเตย
สายรุ้ง โพธิ์อ่ำ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
397 เปรียบเทียบปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ความชื้นในดิน และการเจริญเติบโตของทานตะวัน ที่ปลูกในดินเนื้อละเอียดที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ
สายชล สุขญาณกิจ และ ธนวรรณ พาณิชพัฒน์
401 ความเหมาะสมเชิงกายภาพของพื้นที่ปลูกพริกจังหวัดแพร่
วาสนา วิรุญรัตน์ เฉลิมพล สำราญพงษ์ ถาวร อ่อนประไพ และ จิราพร ต่อปัญญา
405 ผลของสารให้ความคงตัวต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง
พวงชมพู หงษ์ชัย และ วรรณวิสา บุญชู
409 ผลของการใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงต่อคุณภาพของขนมปัง
สิรินาถ ตัณฑเกษม และ สุภางค์ เรืองฉาย
413 การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากมังคุด
พีรพล ศรีชู ภิญญดา แก้วเสถียร วัลลา ตั้งรักษาสัตย์ ปริ่มเฉนียน มุ่งการดี จันทร์เพ็ญ วิวัฒน์ วิมล ศรีศุข และ อรสา สุริยาพันธ์
417 ผลของรังสีแกมมาต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการอยู่รอดของแพงพวยฝรั่ง
วุฒิพงษ์ แปงใจ
421 ผลของระดับฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ควินัว 2 พันธุ์
พีรพล แก้วสุวรรณ ปิติพงษ์ โตบันลือภพ นพ ตัณมุขยกุล พัชรียา บุญกอแก้ว ปริญญา การสมเจตน์ ปิ่นปินัทธ์ จันทร์แหง ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์ และ Iván Matus T.
425 ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ควินัว
ปริญญา การสมเจตน์ ปิติพงษ์ โตบันลือภพ นพ ตัณมุขยกุล พัชรียา บุญกอแก้ว พีรพล แก้วสุวรรณ ปิ่นปินัทธ์ จันทร์แหง พูนผล เล็กไม่น้อย มาริษา สุขปานแก้ว ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์ และ Iván Matus T.
429 ผลของสารก่อโฟมต่อคุณลักษณะของกล้วยหอมอบแห้งแบบโฟม-แมท
สรศักดิ์ งามสง่า ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น
433 การปรับตัวลักษณะฟีโนไทป์ของต้นกาแฟโรบัสต้าภายใต้สวนไม้ผลผสมผสาน
ระวี เจียรวิภา และ ชนินทร์ ศิริขันตยกุล
437 ปัจจัยจำกัดของอุณหภูมิใบต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในใบองุ่น
ระวี เจียรวิภา และ Zhen Hai Han

441 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต 1-Naphthaleneacetic acid ต่อการเจริญเติบโต และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในแคลลัสพุดซ้อน
วรินธร จริยกิจโกศล อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ แฟรงก์ บี. มาทา

445 ผลของการย้อมสีเส้นไหมไทยจากเส้นใยเห็ดขอนแดง (*Pycnoporus cinnabarinus*)
ไพรินทร์ กปิลานนท์ อรรถพร ร้อยถิ่น อรุณี พ่อค้า ปิติพงษ์ ปานเสน และ วลัยรัตน์ จันทรวงศ์

449 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชบางชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria sp.* สาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว
ศานิต สวัสดิกาญจน์

453 การสกัดสารแคปไซซินจากพริกโดยกระบวนการหมักด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* และการใช้ประโยชน์ในการกำจัดมอดข้าวสาร
กิตติ เมืองตุ้ม

457 รูปแบบการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60
เจนจิรา ชุมภูคำ ธีรวัฒน์ จตุอุทัยศรี และ อารยา อาจเจริญ เทียนหอม

461 สมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของกากใยอาหารจากฟางข้าวสกัดด้วยอัลคาไลน์
กุลนิภา ธนรุ่งรังสี ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

465 คุณลักษณะและการประเมินประสิทธิผลของกล้วยหอมผงที่ได้จากเทคนิคอบแห้งแบบพ่นฝอย
สรศักดิ์ งามสง่า ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

469 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมการสกัดกากใยอาหารจากเปลือกข้าวด้วยอัลคาไลน์: สมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่
กุลนิภา ธนรุ่งรังสี ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

473 ผลของการใช้ปุ๋ยสั่งตัดต่อการเจริญเติบโตของข้าวหอมมะลิ 105 อินทรีย์ เพื่อพัฒนาเป็นแปลงต้นแบบเกษตรอินทรีย์ในชุมชนเกษตรกรรม
ชินกฤต สุวรรณคีรี ชินวร พิริยะพงศ์พิทักษ์ สมศักดิ์ จีรัตน์ และ กฤตวิทย์ วางขุนทด

477 ผลของความถี่ของการให้น้ำและสูตรปุ๋ยต่อสบู่ดำ
ธิติภูมิ สายะสนธิ วีระพันธุ์ สรีดอกจันทร์ และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์

481 ผลของความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการย่อยต่อสมบัติทางเคมีและความหนืด ของแป้งข้าวเจ้าไทยอะไมโลสสูงที่ผ่านการย่อย
วรัญญา พงษ์ไพบูลย์ และ สุภัทร์ ไชยกุล

485 อิทธิพลของการจัดการระยะเวลาการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานต่อองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติเชิงพลังงานเพื่อการใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานทดแทน
ภัศรา คูละสุวรรณ์ ปิติพงษ์ โตบันลือภพ เอ็จ สโรบล ประณต มณีอินทร์ และ นีรนุช วินิจชีวิต

489 วิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์ชะมวง (*Garcinia cowa* Roxb.)
พิจิตรา แก้วสอน และ ปริยานุช จุลกะ

493 ผลของสาร NAA และ GA3 ต่อการเปลี่ยนเพศดอกของมะม่วงหิมพานต์ (*Anacadium occidentale*)
นภาภรณ์ แซ่ลี้ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

497 อิทธิพลของสารกระตุ้นในเซลล์แขวนลอยหม่อน ต่อปริมาณเรสเวอราทรอล ฟีนอลิกความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง
ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และแฟรงก์ มาทา

501 ผลของสารละลายพัลซิ่งต่ออายุการปักแจกันของดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้า
คำทอง มหวงศ์วิริยะ วิษณุ เมืองทิพย์ และ เฉลิมชัย วงษ์อารี

505 คุณภาพผลและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่งพันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ เกรดต่าง ๆ
ณิชาภัทร ฟองเทพ ปริยาพร ยอดรัก และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์

509 ผลของการอบผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของฝรั่งพร้อมบริโภค
จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์

513 ผลของการใช้ไอระเหยของเอทานอลต่อคุณภาพผลลำไย
วาริช ศรีละออง ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ พรพรรณนา เล็กขำ และ เปมิกา พรหมแก้ว
517 ผลของการฉายรังสียูวีซีต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพในส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง
สุทธิวัลย์ สีทา อรทัย พลเยี่ยม สิริภาส สัมฤทธิ์ และ มัชฌิมา นราดิศร
521 ผลของชนิดช่อดอกต่อความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ที่ออกดอกนอกฤดูกาล
ดรุณี ถาวรเจริญ สายพรรณ คำทิพย์ พงษ์นาถ นาถวรานันต์ และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์
525 การเปรียบเทียบแป้งไรซ์เบอรี่และสารให้ความหวานต่อคุณภาพของซาลาเปาไรซ์เบอรี่ไส้คัสตาร์ดครีม
ชญาณี บุญทัน ธัญมาศ หลำเนียม จุฬารัตน์ ทรายหมอ และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
529 การทำให้รำข้าวคงตัวด้วยการอบแห้ง
ชนินทร์ คมแหลม ปรีชา พีรศักดิ์ภักดี และ ชลิดา เนียมนุ้ย
533 ผลของปริมาณสารหญ้าหวานต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมี
ณปภา บุศยโสฬส เครือมาศ หอมนวล อรรถพร ร้อยถิ่น และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
537 ผลของการทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดงต่อคุณภาพหลังการต้มและลักษณะทางประสาทสัมผัสของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ อโนชา สุขสมบูรณ์ และ อาภัสรา แสงนาค
541 การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของแก่นตะวัน
สุปราณี งามประสิทธิ์ และ ประภาส ช่างเหล็ก
545 ผลของการเคลือบใบด้วยดินขาวคาโอลินต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซและปริมาณผลผลิตของพริกหวานพันธุ์แคลิฟอร์เนียวันเดอร์
สุดใจ ล้อเจริญ และ ปริยานุช จุลกะ
549 ผลของวัสดุปลูกดินผสมต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและรากของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน
ระวี เจียรวิภา อนุธิดา ซูแก้ว และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์
553 การยอมรับต่อระบบการจัดการคุณภาพข้าว(GAP) ของเกษตรกรในอำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง
ณัฐวุฒิ จั่นทอง และ พหล ศักดิ์คะทัศน์
557 การเตรียมกากส้มจี๊ดผงและการประยุกต์ใช้ในอาหาร
สิริมา ชินสาร สุพัตรา บริบูรณ์ และ ปาริชาติ ทรงพระ
561 สมบัติทางเคมีกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของเวย์โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ย่อยด้วยเอนไซม์
สุรพงษ์ พินิจกลาง รัชนี ไสยประจง และ กชพรรณ เลี้ยงบุญเลิศชัย
565 สมบัติทางเคมีกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของไฮโดรไลเซทโปรตีนถั่วลันเตาที่ย่อยด้วยเอนไซม์
รัชนี ไสยประจง สุรพงษ์ พินิจกลาง และ เมธัส สิรสุทธิ
569 คุณค่าทางโภชนาการของกากเม่า
กานดา ล้อแก้วมณี และ สุดาทิพย์ แสนสุภา
573 ผลของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดต่อพฤติกรรมการซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์ และ อธิคุณ ชาญศิริวิริยกุล
577 ผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและธาตุอาหารหลักในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่ปลูกในชุดดินอยุธยา
สายชล สุขญาณกิจ และ ธนพัฒน์ ปลื้มพวก
581 ผลของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของต้นอ่อนข้าว
กฤชญา ปัญญา และ เนตรนภา อินสลุด
585 การเปลี่ยนแปลงของโซเดียมไอออน โพแทสเซียมไอออน และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวไทยภายใต้สภาวะความเค็ม
คงเอก ศิริงาม ณัฐจิรา น่วมกระสินธ์ อรสา รื่นสุข บุณยนุช ศรีดอกไม้ และ วันชัย บุญเส็ง
589 ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งรำข้าวต่อคุณภาพของขนมกลีบลำดวน
วรธร ป้อมเย็น วรางคณา ศรีจำนงค์ ฉัตรภา หัตถโกศล และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล

593 การหมักปุ๋ยซังทะลายปาล์มน้ำมันแบบเร่งด้วยราไวท์รอท
ณัฐพล เลี้ยงเพ็ชร และ อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์
597 การศึกษาคุณลักษณะของไลติกพอลิแซ็กคาไรด์โมโนออกซิจิเนสจาก *Paenibacillus curdlanolyticus* B6 ในการย่อยเซลลูโลสแบบผลึก
ภาคินี เทียนเฮง รัตติยา แววนุกูล จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน กนก รัตนะกนกชัย
601 การเอนแคปซูเลชั่นน้ำลูกหว้าด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอยและผลต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ
นิตยา บุญนำมา ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ ฉัตรภา หัตถโกศล และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล
605 ผลของไดแคมบาต่อการชักนำแคลลัส และการพัฒนาของต้นขมิ้นชันในหลอดทดลอง
ยุพาภรณ์ จิโรภาสภาณุวงศ์
609 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกในเครื่องดื่มนมถั่วเหลืองโปรไบโอติก
พริมา พิริยางกูร รัชฎา เลกุล และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล
613 ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อคุณภาพของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์
ปาริฉัตร บุญยืน พิจิตรา แก้วสอน ปริยานุช จุลกะ วันชัย จันทร์ประเสริฐ และ เจนจิรา ชุมภูคำ
617 ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดด้วยวิธี Hydropriming ต่อคุณภาพของเมล็ดพริก 2 พันธุ์
กุลธิดา โชทนากูล พิจิตรา แก้วสอน ปริยานุช จุลกะ และ วันชัย จันทร์ประเสริฐ
621 สารเคลือบเมล็ดต่อความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน
สุปราณี งามประสิทธิ์ ยุวดี อ่วมสำเนียง และ วราภรณ์ วงศ์พิลา
625 อิทธิพลของเชื้อแบคทีเรียที่ผลิต IAA ต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของข้าว
เนตรนภา อินสลุด ปรียาภรณ์ แสงเรือน และ กานต์สีรี หลีชัยกูล
629 ผลของบราสิโนสเตียรอยด์และNAA ต่อการเติบโตผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย
เจนจิรา ชุมภูคำ ธัญภวิศ อุ้มเครือ และ อารยา อาจเจริญ เทียนหอม
633 ความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรองุ่นพันธุ์ต้นตอ
สุพรพรรณ ศรีมาศ ดรุณี ถาวรเจริญ และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์
637 การผลิตสารแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากหัวบุกและโลคัสบีนกัมโดยเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 จากเชื้อ *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6
ศุภเชษฐ์ แซ่ตั้ง ภัทรา ผาสอน จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ อะกิฮิโกะ โคสุกิ กนก รัตนะกนกชัย และ รัตติยา แววนุกูล
641 ผลของขนาดเมล็ดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพลับพลึงธาร (*Crinum thaianum* Schluze)
พิจิตรา แก้วสอน ชุติมา บุญเสมา เบญญา มะโนชัย และ เดชา ดวงนามล
645 อิทธิพลของการแช่เมล็ดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ก่อนเพาะต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวภายใต้สภาพความเครียดเกลือ
ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช พรทิพย์ ศรีมงคล วิมลนันทน์ กันเกตุ และ พุทธิภณ ศิริมูล
649 การให้ปุ๋ยตามความต้องการธาตุอาหารต่อคุณภาพผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อน
ทิวาพร ผดุง ภาณุมาศ โคตรพงศ์ ปัญจพร เลิศรัตน์ ศุภกาญจน์ หล่ายแปด และ การิตา จงเจือกลาง
653 ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์พลาสติกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งระหว่างการจำลองอุณหภูมิเก็บรักษาและวางจำหน่าย
ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย
657 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูที่ผ่านการอบด้วยลมร้อน
ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล
661 การรอดชีวิตของโปรไบโอติกในช็อกโกแลตชนิดแท่งในระหว่างเก็บรักษา
พิทยา ใจคำ
665 ศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากสตาร์ชแห้วจีน
ปิยนุสร์ น้อยด้วง ลลิดา ท้าวลา และ อรพรรณ ปะอ้าย

669 ผลของออกซินและกะปิต่อการขยายพันธุ์ชมพู่น้ำดอกไม้ด้วยวิธีการตอนกิ่ง
เจนจิรา ชุมภูคำ ณรฐชล วีรทัตประภา และ ณัฏฐ พิชกรรม
673 การชักนำให้เกิดกลิ่นในดอกกระดังงาจีน (*Artabotrys hexapetalus*) โดยเอทิฟอน
สมโภชน์ น้อยจินดา กิตติ โพธิปัทมะ นุชนาฏ เครือสวัสดิ์ ช่อผกา รองเย็น และ อุทร ชิขุนทด
677 ผลของน้ำอิเล็กโทรบับเบิลร่วมกับบรรจุภัณฑ์เพื่อควบคุมคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษา ต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภค
กฤติยา บุญรอด และ พันธ์สิริ สุทธิลักษณ์
681 ผลของการเคลือบผิวด้วยสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่มีต่ออายุการเก็บรักษาของส้มจีน
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล
685 สมบัติบางประการของแป้งสาลีผสมแป้งถั่วหรั่ง
กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์
689 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงาน
ณัฐกานต์ เทียมเมือง อังศุนิตย์ พรคทาทัศน์ วิมล ศรีศุข วัลลา ตั้งรักษาสัตย์ และ อรสา สุริยาพันธ์
693 ผลของการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งต่อคุณภาพของลิ้นจี่พันธุ์กิมเจ็งในน้ำเชื่อม
พิทยา ใจคำ และ ปิยธิดา สุดเสนาะ
697 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำยากะทิกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา
สุภาวิณี แสนทวีสุข
701 การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทอง
จารุวรรณ ฤทธิ์เดช ไอยรดา จันทร์โสม ถาวร วินิจสานันท์ หนึ่งฤทัย ธาราวัชรศาสตร์ และ ประภาพรรณ ซอหะซัน
705 การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์มัฟฟินเพื่อสุขภาพ
วิชชุดา สังข์แก้ว และ จีรนันท์ โชมขุนทด
709 การปรับปรุงรสชาติของโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล
อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ วิญญู ช่วยแก้ว และ เนตรนภา สกุลซ้ง
713 ผลของความชื้น และระยะเวลาให้ความร้อนต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของสตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปรโดยวิธีให้ความร้อนร่วมกับความชื้น
จิรนาถ บุญคง ธนันพัชญ์ อภิธนสรณ์ และ นูไอนี ล่ากูด
717 การขยายพันธุ์ขมิ้นชันในสภาพปลอดเชื้อโดยระบบการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลว
วิสสุตา ประเสริฐพรศักดิ์ และ ปิยะมาศ ศรีรัตน์
721 ผลของซูโครสและไซโตไคนินต่อการเพิ่มปริมาณยอดของขมิ้นอ้อย
ธนิดา แซ่ลิ้ม และ ปิยะมาศ ศรีรัตน์
725 Characterization of Endocellulase family 9 from *Paenibacillus curdlanolyticus* B6 for Cellulose Degradation
Nhim, S., Waeonukul, R., Tachaapaikoon, C. , Ratanakhanokchai, K. and Pason, P.
729 ผลของ acidified sodium chlorite ต่อการลดการเกิดสีน้ำตาล และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค
ดณียา เห่งพุ่ม อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
733 The Integral Effect of Seed Priming Technology and System of Rice Intensification for Sustainability of Rice Production under Acid Sulfate Soil
Mgaya A.M., Thobunluepop, P., Sriwongchai T., Sarobol E., Onwimol D.
737 การเปรียบเทียบสารสกัดจากพืชเพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสในพริก
สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ กนกวรรณ เยี่ยมรัมย์ และ อัญชัน ไตรธิเลน
741 การมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนาของเกษตรกรในอำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง
ณัฐวุฒิ จั่นทอง และ พหล ศักดิ์คะทัศน์
745 ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชน จังหวัดอุทัยธานี
เนตรชนก เส็งสุข และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ

749 อิทธิพลของการอบแห้งที่มีต่อสมบัติของใยอาหารจากกากส้มเขียวหวาน
ศิรดา สังสินชัย และ ชลิดา เนียมนุ้ย

753 ศึกษาสภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
วิสา รัตนชัย และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ

757 การต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากผลมะเขือพวงและมะแว้งต้น
จาตุรงค์ จงจีน และ วิไลย์ ดอกโศก

761 ลักษณะทางสรีรวิทยาและกายวิภาคศาสตร์ของคะน้าจีนต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังการเก็บเกี่ยว
พัฒน์ สุขมี สมโภชน์ น้อยจินดา และ กิตติ โพธิปัทมะ

765 ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี
สกล ผ่านเมือง และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ

769 ผลของการพรางแสงและระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพเมล็ดพริกขี้หนูพันธุ์ห้วยสีทน ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง
สาวิตรี มังกรแก้ว พิจิตรา แก้วสอน ปริยานุช จุลกะ และ ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ

773 การใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ของเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการใช้สารอินทรีย์ ลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี
สีริวัลย์ ราษฎรอาศัย และ พิชัย ทองดีเลิศ

777 ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย
พรพิมล ศิริการ และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ

781 สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งขมิ้นชันด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง
ยาตรา จำปาเฟื่อง เยาวภา ไหวพริบ และ อนันต์ ทองทา

785 ผลของสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของน้ำตาลมะพร้าวผง
คณิตนันท์ เอซัน เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ และ สุภาภรณ์ เลขวัต

789 ผลของสาร 1-MCP ร่วมกับฟองอากาศขนาดไมโครต่อคุณภาพช่อดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ Big White Jumbo
อภิรดี อุทัยรัตนกิจ กฤษฎา ศรีบุญเพ็ง ชลิดา ชลไมตรี และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์

793 การปรับปรุงบำรุงดินแบบบูรณาการโดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกรใน โครงการปิดทองหลังพระ บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม
อรรจนา ด้วงแพง เบญจมาส สัตตะโส ภาราดี ไพศาล และ วรรษมน พลตื้อ

797 การควบคุมโรคเหี่ยวเขียวในมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อ *Ralstonia Solanacearum* โดยวิธีการเสียบยอด
อัญชัน ไตรธิเลน อมรรัตน์ อุปพงศ์ และ สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ

801 การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในต้นกาบหอยแครงในสภาพปลอดเชื้อโดยใช้โคลชิซิน
ปฐมะ ตั้งประดิษฐ์ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์ ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์ และ พีรนุช จอมพุก

805 การศึกษาจำนวนโครโมโซมของหงส์เหินสี่ชนิดในประเทศไทย
กิตติคุณ มุขตวาภัย และ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์

809 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของถั่วแลบแลบ
ชื่นจิต แก้วกัญญา อนุรักษ์ อุปโท และ ธนพร ขจรผล

813 ความหลากหลายของข้าวตามคุณลักษณะข้าวในการบริโภคและแหล่งเพาะปลูก
หทัยรัตน์ พลชาตรี อัษฎาวุธ เกิดฤทธิ์ นิพนธ์ บุญมี ศิวะพงศ์ นฤบาล และ เนตรนภา อินสลุด

817 มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ “เกษตรศาสตร์ 75”
สกล ฉายศรี พชรดา ฉายศรี กิ่งกานท์ พานิชนอก ประภาส ช่างเหล็ก สุปราณี งามประสิทธิ์ โอภาษ บุญเส็ง และ เอ็จ สโรบล

821 ผลของบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศต่อคุณภาพของคะน้าปลอดสารพิษ
กาญวิภา กลิ่นซู พัชรี ชัยกิจวิสุทธิกุล นพดล เกิดดอนแฝก วรรณี ฉินศิริกุล และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์

825 สูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตสารปฏิชีวนะจากราเดนโดไฟท์ของต้นหนอนตายหยาก
Meas, S. , Akepratumchai, S., Salaipeth, L., and Vichitsoonthonkul, T.

829 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเสริมสาหร่ายผมนาง
เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ และ สาวิตรี คำแสน
833 สมบัติความหนืดของแป้งเมล็ดเงาะสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต และการใช้ทดแทนแป้งสาลีในขนมบิสกิต
จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์ โศรดา วัลภา และ สุกิจ ขำเปรื่องเดช
837 สมบัติทางเคมีกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของเคซีนจากวัวไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ซิสเตอีน โปรติเนสและเซรีน โปรติเนส
พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ และ ภัชรี สิทธิกิจโยธิน
841 ผลการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครต่อการชะลอการเสื่อมสภาพของกล้วยไข่โดยวิธีการฉีดพ่น
เปมิกา พรหมแก้ว ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ และ วาริช ศรีละออง
845 การเจริญเป็นต้นใหม่ของ *Aristolochia ringens* Vahl โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม ฐิรญาการนต์ เดชแทน ชุติมา แซ่เฮ้ง บุษราคำ ลิ้มเจริญเงิน และ ทัศนารถ กระจ่างวุฒิ
849 การชักนำดอกแก้วมังกรนอกฤดูด้วยสาร CPPU
รวี เสรฐภักดี เพลินใจ ทองล้วน ธีร์ หะวานนท์ ศุภธิดา อับดุลลากาซิม และ ภาสันต์ ศารทูลทัต
853 อิทธิพลของออกซินต่อการเกิดรากของหน่อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย
ธนากร บุญกล่ำ วรรณวิษา ผ่องน้อย พิมพ์นิภา เพ็งช่าง กัลยาณี สุวิทวัส และ ภาสันต์ ศารทูลทัต
857 ผลของอุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่อจลนพลศาสตร์การเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงในระหว่างการเก็บรักษา
ศนิ จระสถิตย์ และ กัลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์
861 ศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมจากเตาต้นแบบต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ของดอกคาร์โมมายล์
รัตนา รุ่งศิริสกุล ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย
864 เอสเทอร์: กลิ่นหลักของดอกกระดังงาจีน (*Artabotrys hexapetalus*)
สมโภชน์ น้อยจินดา กิตติ โพธิปัทมะ ชามา เยี่ยงมานิต จุฬาวรรณ ศิริติกุล และ เฉลิมชัย วงษ์อารี
867 ผลของการฉีดพ่นปุ๋ยยูเรีย เอ็นเอเอ เอทีฟอนและการปลิดใบต่อการออกดอกคุณภาพและผลผลิตหม่อนกินผล
กุศล เอี่ยมทรัพย์ และ สดศรี เนียมเปรม
870 การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ลดไขมันเสริมฟักข้าว
เพลินพิศ แจ้งโพธิ์นาค ฉันทนา คำภาหมี และ ภูวดล นุปทุม
873 การรมด้วยไอของกรดอะซิติกร่วมกับการอบลมร้อนต่อคุณภาพของมะขามหวานพันธุ์สีทอง
นฤมล นกพรหม ขนิษฐา สุทินเผือก อลิษา สุนทรวัฒน์ ชวนพิศ จิระพงษ์ นิธิภัทร บุญปก และ เฉลิมชัย วงษ์อารีย์
877 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดจากพืชสมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ในการป้องกันยุงรำคาญ สายพันธุ์ *Culex quinquefasciatus*
สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก
881 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาของน้ำนมสดและนมพร้อมดื่ม
สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก
885 การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการดำเนินงานศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนตำบลปราณบุรี อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ปริวัตร ไพรศรีจันทร์ และ พิชัย ทองดีเลิศ
888 Effect of LED Lighting on the Quality of Radish Sprout
AbdElgader, A., Aiemla-Or, S., Wongs-Aree, C., Jitareerat, P. and Uthairatanakij, A
892 การจุ่มน้ำร้อนชะลอความรุนแรงของการเกิดโรคและรักษาคุณภาพของผลฟักข้าวหลังการเก็บเกี่ยว
Rushunju, B., Opio, P., Abdelgader, A., ปาริชาติ แซ่ล่าย ธัญญารัตน์ โกมล และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ดัชนีผู้แต่ง
ดัชนีคำสำคัญ

# การชักนำการกลายพันธุ์ในสบู่ดำด้วยรังสีแกมมา และตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมโดยเทคนิคเอเอฟแอลพี

# Induced Mutagenesis in *Jatropha curcas* L. Using Gamma Rays and Detection of DNA Polymorphism through AFLP Marker

นงลักษณ์ เทียนเสรี[1] และ อัญชิสา ปานแก้ว[1]
Teinseree, N.[1] and Pankaew, A.[1]

## Abstract

The aim of this study was to examine the effect of gamma rays on morphological traits of *Jatropha curcas*. Genetic variability of *Jatropha curcas* cv. Korat was induced on stem cutting by two gamma irradiation procedures, single-exposure at 0 10 15 and 20 Gray and double-exposure at 0 10 15 and 20 Gray with 50, 100 and 150 Gray. The data showed that all cuttings survived from all irradiation doses. Morphological changes were noticed from double-exposure irradiation i.e. leaf mosaic, petiole discoloration, malformed leaf shape and branch length. One physic nut cutting exposed to 20 Gray flowered 11 days earlier than those in the control. 10 from 35 AFLP primers applied to detect genetic variation generated 550 polymorphic bands. The overall polymorphism percentage was 44.82 %.

**Keywords:** mutation, physic nut, gamma irradiation, Amplified Fragment Length Polymorphism

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสบู่ดำ โดยนำกิ่งปักชำสบู่ดำพันธุ์โคราชมาฉายรังสีแกมมา 2 แบบ คือฉายรังสีครั้งเดียวที่ระดับ 0 10 15 และ 20 เกรย์ และฉายรังสีซ้ำโดยครั้งที่ 1 ฉายที่ระดับ 0 10 15 และ20 เกรย์ และฉายซ้ำที่ระดับ 50 100 และ150 เกรย์ พบว่ารังสีทุกระดับไม่ทำให้กิ่งปักชำตาย พบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาจากกิ่งปักชำที่ได้รับการฉายรังสีซ้ำ ได้แก่ ใบด่าง ก้านใบแดง รูปร่างใบผิดปกติ ความยาวของกิ่งเกิดใหม่ กิ่งปักชำที่ผ่านการฉายรังสีที่ระดับ 20 เกรย์เพียงครั้งเดียว พบว่ามีระยะเวลาการออกดอกเร็วกว่าชุดควบคุม 11 วัน เมื่อนำยอดสบู่ดำจากกิ่งปักชำที่ผ่านการฉายรังสีมาตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมด้วยเทคนิคเอเอฟแอลพี พบ 10 จาก 35 คู่ไพรเมอร์ที่เกิดแถบดีเอ็นเอโพลีมอร์ฟิกจำนวนทั้งหมด 550 แถบ คิดเป็น 44.82 เปอร์เซ็นต์ของแถบดีเอ็นเอทั้งหมด

**คำสำคัญ:** กลายพันธุ์ รังสีแกมมา สบู่ดำ เอเอฟแอลพี

## คำนำ

สบู่ดำเป็นพืชที่น่าสนใจในการนำมาใช้เป็นพืชพลังงานทดแทน ปัญหาที่สำคัญคือ การมีสารพิษ ผลผลิตต่ำ ผลมีขนาดเล็ก ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้น้อยเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น และการทยอยสุกแก่ของผล ฐานพันธุกรรมที่แคบของสบู่ดำเป็นปัญหาหลักด้านความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์โดยใช้รังสีแกมมาเป็นการเพิ่มความแปรปรวนทางพันธุกรรมเพื่อเพิ่มโอกาสการคัดเลือกลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีและเป็นที่ต้องการ เช่น ลำต้นเตี้ย การออกดอกเร็วขึ้น มีรายงานเกี่ยวกับการฉายรังสีแกมมาเพื่อศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆ และชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในสบู่ดำ โดยนำกิ่งของสบู่ดำยาวประมาณ 30 เซนติเมตร นำไปฉายรังสีแกมมาที่ระดับ 10, 15, 20 และ 25 เกรย์ ผลการคัดเลือกในรุ่น M1V2 พบว่า ปริมาณรังสีแกมมา 20 และ 25 เกรย์ ส่งผลให้เกิดลักษณะต้นเตี้ยแคระ และมีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Dwimahyani และ Ishak, 2004) ขณะที่ Dhakshanamoorthy และคณะ (2010) ฉายรังสีแกมมากับเมล็ดสบู่ดำในช่วง 50 ถึง 250 เกรย์ พบว่าปริมาณรังสีแกมมา 250 เกรย์ มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดสบู่ดำ แต่ที่ระดับ 50 และ 100 เกรย์ ช่วยกระตุ้นให้ต้นสบู่ดำมีความยาวก้านใบ จำนวนดอกต่อช่อ และ

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus Nakhon Pathom, 73140

จำนวนผลต่อช่อมากกว่าชุดควบคุม การฉายรังสีทุกระดับส่งผลให้ต้นสบู่ดำออกดอกเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม นอกจากการสังเกตลักษณะภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไปแล้ว เครื่องหมายโมเลกุล AFLP นับเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยในการศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมในสบู่ดำ เช่น Sun และคณะ (2008) ศึกษาความหลากหลายของพันธุ์สบู่ดำที่เก็บรวบรวมได้ในประเทศจีนและมาเลเซีย 58 accessions โดยใช้ไพรเมอร์ทั้งหมด 17 คู่ พบแถบดีเอ็นเอที่แตกต่าง 70 ตำแหน่ง คิดเป็น 14.3 เปอร์เซ็นต์ จากศักยภาพการใช้รังสีแกมมาเพื่อสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ และศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสบู่ดำ เพื่อประโยชน์ในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์สบู่ดำในอนาคต

## อุปกรณ์และวิธีการ

ปักชำกิ่งสบู่ดำพันธุ์โคราช ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 นิ้ว ตัดให้มีความยาวท่อนละประมาณ 25 เซนติเมตร ปักชำในถุงเพาะขนาด 15 x 20 เซนติเมตร ซึ่งใส่ดิน:ขี้เถ้าแกลบ:ปุ๋ยหมัก ในอัตรา 1:1:1 เป็นเวลา 45 วัน จนออกรากและแตกใบใหม่ประมาณ 5 ใบ นำกิ่งปักชำสบู่ดำมาฉายรังสีแกมมาระดับละ 10 กิ่ง โดยแบ่งการฉายเป็น 2 แบบ คือ ฉายรังสีแกมมาครั้งเดียว ที่ระดับ 0 10 15 และ 20 เกรย์ และฉายรังสีแกมมา 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ฉายที่ระดับ 0 10 15 และ 20 เกรย์ และในครั้งที่ 2 ฉายซ้ำที่ระดับ 50 100 และ 150 เกรย์ ภายหลังการฉายรังสีทั้งสองแบบ นำกิ่งปักชำลงปลูกในวัสดุปลูกสูตรเดิม ให้น้ำวันละหนึ่งครั้ง และให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 กระถางละ 10 กรัม ทุก 30 วัน บันทึกลักษณะต่างๆ ที่เกิดขึ้น จากนั้นนำใบอ่อนจากต้นสบู่ดำที่พบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานมาสกัดดีเอ็นเอ และตรวจหาการกลายพันธุ์ด้วยเทคนิคเอเอฟแอลพี นำดีเอ็นเอต้นแบบ 200 ng มาตัดส่วนปลายด้วยเอนไซม์ *Eco*RI และ *Mse*I 1 μl (Fermentas) ร่วมกับ 10x บัฟเฟอร์ A (Roche Diagnostics Corporation) 3 μl เติมเอนไซม์ T4 DNA ligase 1 μl ATP (10mM) 1.5 μl *Eco*RI adapter (5 pM/μl) 1 μl และ *Mse*I adapter (50 pM/μl) 1 μl ปรับปริมาตรสุทธิ 30 μl บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสข้ามคืน จากนั้นเจือจางลง 30 เท่า และใช้ปริมาตร 1 μl เพื่อนำมาเป็นดีเอ็นเอต้นแบบในการทำ pre-selective amplification ร่วมกับไพรเมอร์ *Eco*RI และ *Mse*I ที่เพิ่มเบสคัดเลือก 1 เบสทางด้านปลาย 3’ ชนิดละ 0.5 μl (5 μM/μl) 10x บัฟเฟอร์ (10mM Tris HCl pH 8.0, 50mM KCl) 1 μl $MgCl_2$(1.5mM) 0.6 μl dNTP (1 μM/μl) 2 μl และเอนไซม์ *Taq* polymerase (5 U/μl) 0.2 μl ปรับปริมาตรสุทธิเป็น 10 μl ทำปฏิกิริยา PCR โดยให้ pre-denature ที่ 94°ซ. 5 นาที denature ที่ 94°ซ. 30 วินาที annealing ที่ 56°ซ. 30 วินาที extension ที่ 72°ซ. 1 นาที ทำซ้ำ 25 รอบ และ final extension ที่ 72°ซ. นาน 5 นาที จากนั้นทำ selective amplification โดยนำชิ้นดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้จากขั้นตอน pre-selective amplification มาเจือจาง 30 เท่า และใช้ปริมาตร 2 μl เพื่อเป็นดีเอ็นเอต้นแบบในการทำปฏิกิริยาร่วมกับ *Eco*RI และ *Mse*I primer ที่เพิ่มเบสคัดเลือก 3 เบสทางด้านปลาย 3’ ชนิดละ 0.5 μl (5 μM/μl) 10x บัฟเฟอร์ (10mM Tris HCl pH 8.0, 50mM KCl) 1 μl $MgCl_2$(1.5mM) 0.6 μl dNTP (1 μM/μl) 2 μl และเอนไซม์ *Taq* polymerase (5 U/μl) 0.2 μl ปรับปริมาตรสุทธิเป็น 20 μl ทำปฏิกิริยา PCR โดยให้ pre-denature ที่ 94°ซ. 5 นาที denature ที่ 94°ซ. 30 วินาที annealing ที่ 65°ซ. 30 วินาที extension ที่ 72°ซ. 1 นาที ตั้งอุณหภูมิให้ลดลงรอบละ 0.7°ซ. จนถึง 56°ซ. annealing ที่ 56°ซ.ต่อไปอีก 25 รอบ และ final extension ที่ 72°ซ.นาน 1 นาที ตรวจสอบแถบดีเอ็นเอโดยวิธีอิเลคโทรโฟรีซีสบน denaturing polyacrylamide gel ความเข้มข้น 4.5% ในบัฟเฟอร์ 0.5xTBE ใช้กำลัง ไฟฟ้า 95 วัตต์ นาน 100 นาที ย้อมเจลด้วยวิธี silver staining ตรวจสอบแถบดีเอ็นเอที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของแต่ละคู่ไพรเมอร์ คัดเลือกคู่ไพรเมอร์ที่ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างระหว่างต้นควบคุมและต้นที่ได้รับการฉายรังสี

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### การชักนำการกลายพันธุ์ในกิ่งปักชำสบู่ดำ

กิ่งสบู่ดำทั้งหมดที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกระดับรังสีที่ฉาย สังเกตเห็นลักษณะทางสัณฐานที่เปลี่ยนแปลงไปในการฉายรังสีแกมมาแบบซ้ำ 2 ครั้งมากกว่าการฉายรังสีแกมมาเพียงครั้งเดียว เป็นไปได้ว่าการฉายรังสีซ้ำโดยการฉายรังสีกับพืชที่เคยฉายรังสีมาแล้ว เป็นการสะสมความแปรปรวนทางพันธุกรรมให้กับตัวอย่างนั้นๆ โดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานที่พบ ได้แก่ ลักษณะใบด่าง ก้านใบแดง การเปลี่ยนแปลงรูปร่างใบ คือพบลักษณะแผ่นใบไม่มีหยัก (Figure 1) ลักษณะการออกดอกที่เร็วขึ้น รวมถึงความยาวกิ่งที่เพิ่มขึ้นหรือสั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยลักษณะใบด่างพบในต้นสบู่ดำที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา 2 ครั้ง คือฉายครั้งที่ 1 ที่ระดับ 10 เกรย์ และฉายซ้ำที่ระดับ 50 เกรย์ ลักษณะใบด่างนี้ไม่ปรากฏเมื่อมีการแตกยอดใหม่ แสดงว่าลักษณะใบด่างอาจเกิดเนื่องจาก

คลอโรฟิลล์บางส่วนถูกทำลาย ซึ่งเป็นความเสียหายทางสรีระวิทยา (physiological damage) ไม่สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ (สิรนุช, 2540) สำหรับลักษณะก้านใบแดง และแผ่นใบไม่มีหยักนั้น พบหลังการฉายรังสีแกมซ้ำ 2 ครั้ง ที่ระดับ 10 เกรย์ และ 100 เกรย์ โดยยังคงปรากฏลักษณะก้านใบแดงและแผ่นใบไม่มีหยักที่ใบของยอดที่แตกใหม่ในชุดที่ 2 และชุดหลังจากนั้น รังสีแกมมายังมีผลต่อความยาวกิ่งสบู่ดำโดยบันทึกผลหลังจากได้รับรังสีแล้ว 60 วัน พบว่ากิ่งเกิดใหม่มีความยาวต่างกันตั้งแต่ 5.5 ถึง 80 เซนติเมตร เป็นผลจากการฉายรังสีแกมมาซ้ำที่ระดับ 10 และ 50 เกรย์ ขณะที่ชุดควบคุมมีความยาวกิ่งเฉลี่ย 51 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบต้นสบู่ดำที่ได้รับการฉายรังสีแกมมาระดับ 20 เกรย์เพียงครั้งเดียว มีการออกดอกเร็วที่สุดและเร็วกว่าชุดควบคุมต้นแรกที่ออกดอก 11 วัน สอดคล้องกับผลการทดลองฉายรังสีแกมมาให้กับเมล็ดและกิ่งปักชำของสบู่ดำที่พบว่ารังสีมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานหลายประการ เช่น ลักษณะต้นเตี้ยแคระและมีการเจริญเติบโตลดลง มีความยาวก้านใบ จำนวนดอกและผลต่อช่อมากกว่าชุดควบคุม ลักษณะขอบใบเรียบในกิ่งเกิดใหม่บางกิ่งและพบว่ามีการออกดอกเร็วขึ้น (Dwimahyani และ Ishak, 2004; Dhakshanamoorthy และคณะ, 2010; Aranez และ Guia,1990)

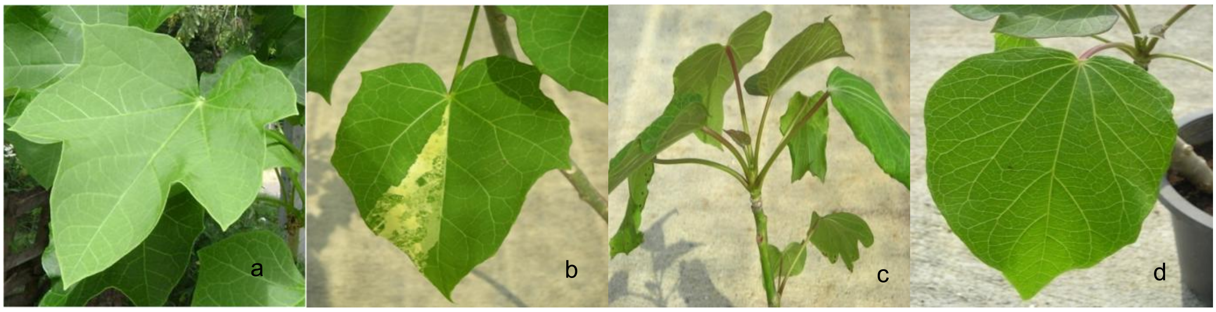



**Figure 1** Morphological changes observed from double-exposure irradiation, leaf mosaic (b), petiole discoloration (c) and malformed leaf shape (d) compare to the control plant (a).

**การตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรม**

สกัดดีเอ็นเอจากใบอ่อนของต้นสบู่ดำที่พบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐาน นำมาตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมด้วยเทคนิค AFLP โดยใช้คู่ไพรเมอร์ทั้งหมด 35 คู่ พบ 10 คู่ไพรเมอร์ ที่ให้แถบดีเอ็นเอที่เป็นโพลีมอร์ฟิซึม โดยต้นที่ได้รับรังสีทุกระดับและทุกรูปแบบเกิดแถบดีเอ็นเอรวมทั้งสิ้นจำนวน 1,227 แถบ พบแถบดีเอ็นเอโพลีมอร์ฟิกจำนวนทั้งหมด 550 แถบ คิดเป็น 44.82 เปอร์เซ็นต์ของแถบดีเอ็นเอทั้งหมด (Table 1) การตรวจพบโพลีมอร์ฟิซึมนั้นแสดงว่าต้นสบู่ดำที่ได้รับการฉายรังสีมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมเกิดขึ้น อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงเบสในตำแหน่งที่เป็นตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ทำให้สามารถหรือไม่สามารถเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอ จึงมีผลทำให้ขนาดของชิ้นดีเอ็นเอที่สังเคราะห์ได้เปลี่ยนแปลงไป (Kokotovic และคณะ, 1999) เปอร์เซ็นต์การเกิดแถบดีเอ็นเอโพลีมอร์ฟิกที่เพิ่มขึ้นนี้สอดคล้องกับ Dhillon และคณะ (2014) ที่ใช้ไพรเมอร์ RAPD จำนวน 47 คู่ไพรเมอร์ ตรวจสอบการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นในต้นสบู่ดำรุ่น M1 พบการเกิดเปอร์เซ็นต์การเกิดพลีมอร์ฟิซึมตั้งแต่ 9-28 เปอร์เซ็นต์

## สรุปผล

การฉายรังสีแกมมากับกิ่งปักชำสบู่ดำทั้งการฉายรังสีครั้งเดียวและฉายรังสีซ้ำ ไม่ส่งผลให้เกิดการตาย แต่พบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐาน ได้แก่ ใบด่าง ก้านใบแดง รูปร่างใบผิดปกติ ความยาวของกิ่งเกิดใหม่เพิ่มขึ้นหรือสั้นลง และมีระยะเวลาการออกดอกเร็วกว่าชุดควบคุม และเมื่อใช้เทคนิค AFLP ตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมระหว่างต้นควบคุมและต้นที่ได้รับการฉายรังสี พบ 10 จาก 35 คู่ไพรเมอร์ที่เกิดแถบดีเอ็นเอโพลีมอร์ฟิก จำนวนทั้งหมด 550 แถบ คิดเป็น 44.82 เปอร์เซ็นต์ของแถบดีเอ็นเอทั้งหมด แสดงว่าต้นสบู่ดำที่ได้รับการฉายรังสีมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมเกิดขึ้น

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนวิจัยพืชไร่นา 2558 ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน และการสนับสนุนด้านเครื่องมือวิจัยจากศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

**Table 1** DNA polymorphism of double-exposure irradiated 19 physic nut branches performed by AFLP

| ต้นหมายเลขที่ | | จำนวนแถบดีเอ็นเอเป็นโพลีมอร์ฟิซึมของแต่ละตัวอย่าง | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| ปริมาณรังสีแกมมา (เกรย์) | ครั้งที่ 1 | 10 | 15 | 20 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| | ครั้งที่ 2 | - | - | - | - | 50 | 50 | 50 | 50 | 100 | 100 | 150 | 150 | 50 | 100 | 100 | 100 | 150 | 150 | 150 |
| คู่ไพรเมอร์ | รวม | แถบดีเอ็นเอทั้งหมดที่เป็นโพลีมอร์ฟิซึม | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AAA/CTG | 53 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5 | 3 | 4 | 4 |
| AAA/CAT | 41 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 4 | 2 |
| ACG/CAT | 102 | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 4 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 | 1 |
| ACG/CAG | 12 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AAA/TGA | 54 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 0 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| ACA/TGA | 39 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 0 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| TCG/GTA | 35 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| TCG/GTC | 64 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| TAC/GCC | 49 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 4 | 2 |
| TAG/GCC | 101 | 6 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 3 | 6 | 5 | 4 | 6 | 7 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| Total | 550 | 28 | 28 | 33 | 28 | 33 | 33 | 21 | 33 | 23 | 24 | 33 | 32 | 22 | 25 | 29 | 33 | 30 | 34 | 28 |

## เอกสารอ้างอิง


สิรนุช ลามศรีจันทร์, 2540, การกลายพันธุ์ของพืช, ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 205 หน้า.

Aranez, A.T. and Guia, E.E., 1990, Effects of Gamma Radiation on Development and Structural Features of *Jatropha curcas* L. euphorbiaceae, Asian Journal of Plant Science, 2(2): 1-12.

Dhakshanamoorthy, D., Selvaraj, R. and Chidambaram, A., 2010, Physical and Chemical Mutagenesis in *Jatropha curcas* L. to Induce Variability in Seed Germination, Growth and Yield Traits, Romanian Journal of Biology - Plant Biology, 55: 113-125.

Dhillon, R.S., Saharan, R.P., Jattan, M., Rani, T., Sheokand, R.N., Dalal, V. and Wuehlisc, G.V., 2014, Molecular Characterization of Induced Mutagenesis through Gamma Radiation Using RAPD Markers in *Jatropha curcas* L., African Journal of Biotechnology, 13(7): 806-813.

Dwimahyani, I. and Ishak, 2004, Induced Mutation on Jatropha (*Jatropha curcas* L.) for Improvement of Agronomic Characters Variability, Atom Indonesia, 30: 53-60.

Kokotovic, B., Friis, N.F., Jensen, J.S. and Ahrens, P., 1999, Amplified Frangment Length Polymorphism Fingerprint of Mycoplasma Species, Journal of Clinical Microbiology, 37: 3300-3307.

Sun, Q-B., Li, L-F., Li, Y., Wu, G-J. and Ge, X-J., 2008, SSR and AFLP Markers Reveal Low Genetic Diversity in the Biofuel Plant *Jatropha curcas* in China, Crop Science, 48: 1865–1871.

# กะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป

## Coconut Milk and Coconut Sugar Ready Mixed

**แพรว วิจิตโรทัย**[1] **และ ธงชัย พุฒทองศิริ**[1]
Vijitrotai, P.[1] and Puttongsiri, T.[1]

### Abstract

Coconut sugar powder was produced by drying coconut sugar at 75°C for 48 h, and then grinding into powder. Then, the appropriated recipe for Thai-dessert was selected from 3 different recipes which consisted of 62% coconut milk, 31% coconut sugar, 6% sugar, and 1% salt, and was mostly accepted by tasters. This recipe was used as a standard for production of coconut milk and coconut sugar ready mixed. Based on moisture content of the raw mixture, dry mixture ingredients were calculated to produce coconut milk and coconut sugar ready mix for Thai desserts. This mixture consisted of 27.53% coconut sugar powder, 48.76% coconut milk powder, 8.90% sugar, and 1.48% salt. After that, a sensory evaluation was conducted in terms of preference to compare it with fresh coconut milk mixed with coconut sugar. Results showed no difference in preference between the prepared mixture and the control.

**Keywords**: coconut sugar powder, Thai-dessert, coconut milk and coconut sugar ready mix, drying

### บทคัดย่อ

การผลิตกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป ทำโดยนำน้ำตาลมะพร้าวมาทำแห้งที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาบดเป็นผง จากนั้นคัดเลือกสูตรน้ำกะทิขนมไทยที่เหมาะสม จากสูตรต่างกัน 3 สูตร พบว่าน้ำกะทิขนมไทยที่เหมาะสมประกอบด้วย น้ำกะทิ 62% น้ำตาลมะพร้าว 31% น้ำตาลทราย 6% และเกลือ 1% เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้ชิม จึงนำมาเป็นสูตรมาตรฐานสำหรับการผลิตกะทิขนมไทยสำเร็จรูป โดยการวิเคราะห์ความชื้นของส่วนผสมสด แล้วคำนวณเป็นฐานแห้ง ได้กะทิขนมไทยผงสำเร็จรูปประกอบด้วยน้ำตาลมะพร้าวผง 27.53% กะทิผง 48.76% น้ำตาลทราย 8.90% และเกลือ 1.48% จากนั้นนำกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูปที่ผลิตได้ มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบเพื่อเปรียบเทียบกับน้ำกะทิขนมไทยแบบสด พบว่ามีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน

**คำสำคัญ**: น้ำตาลมะพร้าวผง น้ำกะทิขนมไทย กะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป การทำแห้ง

### คำนำ

น้ำกะทิขนมไทยมีส่วนประกอบหลักคือ กะทิ น้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลทราย และเกลือ (จริยา, 2549) ส่วนประกอบทั้งหมดทำให้เกิดกลิ่นรสที่ดี และให้รสหวานที่เป็นเอกลักษณ์ความหอมของน้ำตาลมะพร้าว ซึ่งน้ำตาลมะพร้าว เป็นพืชที่มีประโยชน์ในบรรดาพืชเศรษฐกิจเขตเมืองร้อน ซึ่งมะพร้าวเป็นพืชในวงศ์ปาล์ม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linnp. และน้ำตาลสดจากจั่นของต้นมะพร้าวเป็นวัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลมะพร้าว มีขนมไทยหลายชนิดที่ใช้น้ำกะทิขนมไทย ได้แก่ ลอดช่อง บัวลอย แตงไทยน้ำกะทิ ซ่าหลิม ทับทิมกรอบ และแกงบวด โดยน้ำกะทิขนมไทยที่ผลิตกันอยู่ในปัจจุบันเป็นการผลิตจากประสบการณ์ของผู้ผลิต ทำให้คุณภาพที่ได้ในแต่ละครั้งไม่คงที่ เนื่องจากมีขั้นตอนในการผลิตที่ยุ่งยาก โดยต้องนำกะทิมาเคี่ยวกับน้ำตาลมะพร้าวให้ละลาย และผสมน้ำตาลทราย และเกลือ จึงมีแนวคิดที่จะทำให้การเตรียมน้ำกะทิขนมไทยให้มีขั้นตอนการผลิตที่ง่ายขึ้น อันจะทำให้กะทิขนมไทยที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอ สะดวกในการใช้งาน และประหยัดพื้นที่ในการขนส่ง โดยศึกษาการผลิตน้ำกะทิขนมไทยผงโดยนำส่วนผสมหลักของกะทิขนมไทยมาทำแห้ง แล้วผสมกันให้ได้ส่วนผสมแห้งที่เหมาะสม ซึ่งการใช้งานง่ายมากขึ้นเพียงนำมาละลายในน้ำก็สามารถได้กะทิขนมไทยพร้อมเสิร์ฟ นอกจากนี้ผู้วิจัยคาดหวังว่าทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ มีประโยชน์ต่อธุรกิจการจัดและบริการอาหาร และสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นด้วย

[1] คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถ.ฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
[1] Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok, 10520 Thailand.

## อุปกรณ์และวิธีการ

**1. การคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการทำน้ำกะทิขนมไทยแบบสด**

การคัดเลือกสูตรน้ำกะทิขนมไทยที่เหมาะสมคัดเลือกจากสูตรการทำน้ำกะทิขนมไทยที่ต่างกัน 3 สูตร

สูตรที่ 1 กะทิ 62% น้ำตาลมะพร้าว 31% น้ำตาลทราย 6% เกลือ 1% (วันดี, 2550)

สูตรที่ 2 กะทิ 59% น้ำตาลมะพร้าว 23% น้ำตาลทราย 17% เกลือ 1% (ณภัทร, 2552)

สูตรที่ 3 กะทิ 54% น้ำตาลมะพร้าว 45% เกลือ 1% (จริยา, 2549)

โดยนำน้ำกะทิและน้ำตาลมะพร้าวใส่หม้อตั้งไฟเคี่ยวจนเดือดให้น้ำตาลมะพร้าวละลาย ใส่น้ำตาลทราย และเกลือ คนให้เข้ากันนำน้ำกะทิขนมไทยที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสความชอบด้วยวิธี 9-Point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ทดสอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เลือกสูตรที่ได้รับความชอบมาที่สุด เพื่อใช้ในการทดลองกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป

**2. การปรับสูตรส่วนผสมให้เป็นกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป**

หาความชื้นของส่วนผสมทั้งหมดจากสูตรมาตรฐานที่เลือกได้จาก ข้อ 1 ตามวิธีของ AOAC (2000) คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้อของส่วนผสมในน้ำกะทิขนมไทย เมื่อคำนวณแล้วจะได้ปริมาณส่วนของส่วนผสมแห้ง ปรับปริมาณส่วนผสมต่างๆ โดยการปรับปริมาณน้ำตาลมะพร้าวผงที่ได้จากการทำแห้งที่เหมาะสมในข้อ 1 ปริมาณกะทิผง ปริมาณน้ำตาลทราย ปริมาณเกลือ และปริมาณน้ำที่ใช้ เพื่อให้ได้สูตรกะทิขนมไทยสำเร็จรูปที่เหมาะสม

**3. การเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำกะทิขนมไทยจากสูตรมาตรฐานแบบสด และกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป**

นำน้ำกะทิขนมไทยที่เหมาะสมจากข้อ 1 มาเปรียบเทียบกับกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูปที่ได้จากข้อ 2 ด้วยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ทดสอบทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบข้อมูลด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test เพื่อเปรียบเทียบการยอมรับของผลิตภัณฑ์กะทิขนมไทยผงสำเร็จรูปที่ได้

## ผลการทดลอง

**1. การคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการทำน้ำกะทิขนมไทยแบบสด**

จากการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการทำน้ำกะทิขนมไทยเพื่อนำไปใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการทำทดลองกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป โดยการเตรียมน้ำกะทิขนมไทยตามสูตรที่แตกต่างกัน 3 สูตร จากนั้นนำมาทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลองแสดงดัง Table 1 พบว่าผู้ชิมมีความชอบน้ำกะทิขนมไทยในด้านสี รสชาติของน้ำกะทิขนมไทยทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความชอบด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสูตรที่ 1 ได้รับความชอบจากผู้ทดสอบมากที่สุด เนื่องจากสูตรที่ 1 มีความหวานของน้ำตาลมะพร้าว ความมันของกะทิ สี กลิ่นรส และรสชาติ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญ จึงเลือกสูตรที่ 1 สำหรับใช้ในการเตรียมกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูปต่อไป

**2. การปรับสูตรส่วนผสมให้เป็นกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป**

วิเคราะห์ความชื้นในส่วนผสมทั้งหมดจากสูตรมาตรฐานที่เลือกได้จาก ข้อ 1 ตามวิธีของ AOAC (2000) พบว่าน้ำกะทิแบบสดมีความชื้น 53% น้ำตาลมะพร้าว 11.2% ส่วนผสมน้ำตาลทรายกับเกลือมีความชื้นน้อยมาก จากนั้นนำความชื้นที่ได้มาคำนวณหาส่วนผสมแห้งในสูตรน้ำกะทิขนมไทยที่เหมาะสมจากข้อ 1 โดยใช้กะทิผง แทนน้ำกะทิแบบสด และน้ำตาลมะพร้าวผงที่ได้จากการทำแห้งในข้อ 1 ได้ผลดัง Table 2

**3. การเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำกะทิขนมไทยจากสูตรมาตรฐานแบบสด และกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป**

จากการศึกษาความแตกต่างของน้ำกะทิขนมไทยแบบสด และกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป โดยเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าผู้ชิมให้การยอมรับด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมของน้ำกะทิขนมไทยแบบสด และแบบกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป ไม่มีความแตกต่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) (Table 3) และพบว่ากะทิขนมไทยผงสำเร็จรูปมีคะแนนเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

## วิจารณ์ผล

น้ำกะทิขนมไทยที่ดีต้องมีเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และสีที่ดีโดยน้ำกะทิขนมไทยที่มีกะทิ และน้ำตาลเป็นส่วนผสมมากที่สุดมีความชอบโดยรวมมากที่สุด การทำกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูปใช้วิธีการคำนวณหาปริมาณของแข็งที่มีในส่วนผสมน้ำกะทิขนมไทยทั้งหมด แล้วนำส่วนผสมที่เป็นของแข็งทั้งหมดมารวมกันเพื่อผลิตเป็นกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป เมื่อนำมาทำเป็นน้ำกะทิขนมไทยต้องหักส่วนผสมที่เป็นความชื้นออกเพื่อไม่ให้มีปริมาณน้ำมากเกินไปในการปรุงเป็นน้ำกะทิขนมไทยซึ่งจะทำให้น้ำกะทิขนมไทยที่ได้มีเนื้อสัมผัสไม่ดี กะทิขนมไทยผงสำเร็จรูปมีความชอบโดยรวมไม่ต่างน้ำกะทิขนมไทยแบบสด เนื่องจากมีปริมาณส่วนผสมที่เหมือนกัน แต่กะทิขนมไทยผงสำเร็จรูปมีความมันวาวมากกว่าน้ำกะทิขนมไทยแบบสดจึงทำให้กะทิขนมไทยผงสำเร็จรูปมีคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่า จากสูตรกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการบริการอาหาร เพื่อลดขั้นตอนการตรียมวัตถุดิบ เวลา พลังงานได้ และสามารถเก็บได้นานขึ้น

## สรุปผล

จากการทดลองพบว่าส่วนผสมกะทิขนมไทยที่นำมาใช้เป็นสูตรพื้นฐานมีส่วนผสมดังนี้ กะทิ 62% น้ำตาลมะพร้าว 31% น้ำตาลทราย 6% และเกลือ 1% การผลิตกะทิขนมไทยผงสำเร็จรูปทำได้โดยการคำนวณปริมาณของแข็งทั้งหมดในสูตรของน้ำกะทิขนมไทยสูตรพื้นฐานโดยใช้กะทิผง 48.76% น้ำตาลมะพร้าวผง 27.53% น้ำตาลทราย 8.90% เกลือ 1.48% เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่ากะทิขนมไทยสำเร็จรูปมีคะแนนความชอบด้านต่างๆ ไม่ต่าง จากกะทิขนมไทยแบบสดที่ทำจากกะทิสด และน้ำตาลมะพร้าว


## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตรที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย เจ้าหน้าที่ห้องสมุดกลางเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนทางด้านข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้


## เอกสารอ้างอิง


เกสร สุนทรเสรี, 2541, มะพร้าวต้นไม้แห่งชีวิต, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

จิริยา เดชกุญชร, 2549, ขนมไทย เล่ม 1, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เพชรกาเรือนสำนักพิมพ์.

ชลลดา มงคลวนิช และ รัตนาภรณ์ ชาติวงศ์, 2556, ภาพลักษณ์ขนมไทยในสายตาของเยาวชนไทย. กรุงเทพฯ

ณภัทร ทองแย้ม, 2552, ขนมไทย 2, วาดศิลป์, กรุงเทพมหานครฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549, น้ำตาลโตนดผง, มผช.1175/2549

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547, ผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสอาหาร, ผช. 494/2547.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC international, 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.

**Table 1** Sensory score of fresh Coconut sugar and Coconut Milk with different recipe

| recipe | Color[ns] | Flavor | Taste[ns] | Texture | Overall like |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7.45±1.17 | 7.37±1.25[a] | 7.45±1.56 | 7.22±1.38[a] | 8.10±1.46[c] |
| 2 | 7.05±1.13 | 6.75±1.25[b] | 7.05±1.62 | 6.62±1.39[b] | 6.50±1.43[b] |
| 3 | 6.82±1.63 | 7.17±1.39[ab] | 7.00±1.33 | 7.02±1.32[ab] | 7.27±1.24[a] |

[ns] Means within the column are not significantly different (P>0.05)

[a-c] Means within the column followed by different letters are significantly different (p≤0.05)

**Table 2** Mixture of the instant coconut milk and coconut sugar ready mixed

| Mixture | Recipe (%) |
|---|---|
| Coconut Milk | 48.76 |
| Coconut sugar | 27.53 |
| Sugar | 8.90 |
| Salt | 1.48 |

**Table 3** Sensory score of fresh Coconut Milk, Coconut sugar and coconut milk and coconut sugar ready mixed

| | fresh coconut milk and coconut sugar | coconut milk and coconut sugar ready mixed |
|---|---|---|
| Color[ns] | 7.66±0.9 | 7.60±1.13 |
| Flavor[ns] | 7.39±1.06 | 7.36±0.96 |
| Taste[ns] | 7.85±1.2 | 7.83±0.79 |
| Texture[ns] | 7.40±1.06 | 7.76±0.97 |
| Overall liking[ns] | 7.76±0.97 | 7.86±0.93 |

[ns] Means within the column are not significantly different (P>0.05)

# Effects of Emulsifier on Mixing Properties and Glass Transition Temperature of Zein-Starch Doughs

Murdiati[1], Lumdubwong, N.[2] and Kuakpetoon, D.[1]


## Abstract

When mixed maize protein (zein) with starch and water above room temperature (e.g. 35°C) can form a viscoelastic dough like wheat flour. The effects of emulsifiers (PATCO® and sodium stearoyl lactylate (SSL) on mixing properties and glass transition temperature ($T_g$) of zein-starch dough were studied. Corn starch (90%, w/w), zein (10% w/w), emulsifier (4-6% PATCO® or 2-3% SSL) and water were mixed at 35°C into dough. The optimum water amount for dough mixing was determined using farinograph. The $T_g$ of doughs was measured using a rheometer by small amplitude test at a cooling rate of 1°C/min from 35°C to 10°C. Doughs with emulsifiers showed a lower optimum water amount and $T_g$. Depression of optimum water amount and $T_g$ by SSL were higher compared to PATCO®. The more emulsifier addition, the lower the optimum water amount and the greater $T_g$ depression. This study may help to mix viscoelastic gluten-free dough at room temperature.


**Keywords:** zein, starch, dough, glass transition temperature, viscoelastic

## Introduction

Corn flour does not form a viscoelastic dough when hydrated. However, zein protein, mixed with starch and water at above room temperature, can participate in viscoelastic dough formation similar to wheat dough that is thought by far as the best dough properties to other cereal products (Lawton, 1992; Mejia, Oom *et al.*, 2008). Up to now, one of the limiting factor of zein-starch dough formation is that mixing temperature at above room temperature is not a practical condition in regular food processing environments. Sodium stearoyl lactylate (SSL) and calcium stearoyl lactylate (CSL) are commonly used as dough and bread improver (Nunes *et al.*, 2009). Its amphiphilic nature and emulsifying properties as emulsifier might influence the properties of zein dough. Despite a few publications regarding their application in gluten-free cereal products (Lai, 2001; Nunes *et al.*, 2009), di Gioia and Guilbert (1999) showed that the addition of di-acetyl tartaric ester of monoglyceride (DATEM) as emulsifier in corn-protein based thermoplastic resins could depress the glass transition temperature ($T_g$). The objective of the research was to study the effects of emulsifiers (PATCO®, SSL) on mixing properties and $T_g$ of zein-starch dough.

## Materials and Methods

Commercial zein was purchased from Flo Chemical Corporation (Ashburnham, MA, USA). Native maize starch was donated by Friendship Corn Starch Co., Ltd. (Thailand). Sodium stearoyl lactylate (SSL) was provided by Danisco Co., Ltd. (Thailand) and PATCO® was purchased from UFM Food Centre Co. Ltd. (Thailand). Distilled water was used for all experiments. The control was blended zein-starch added with water. Each treatment was employed in three levels based on dry flour weight (w/w); PATCO® at 4, 5 and 6% (P-4, P-5, P-6 respectively) and SSL at 2, 3 and 4% (S-2, S-3, S-4 respectively).

Mixing properties: Dough mixing properties for all treatments were investigated by using a 150-g Brabender farinograph (Brabender® GmbH & Co. KG, Duisburg, Germany). Starch (90%, w/w), zein (10%, w/w), emulsifier and distilled water were mixed into a dough for 16 min at 35°C. All ingredients were pre-mixed in a glass jar with a spatula and incubated to 35°C for 24 hr before dough formation. Mixing properties were evaluated in terms of water absorption and dough development time. Mixing in farinograph was conducted

[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 254 Phayathai Road, Patumwan, Bangkok 10330

[2] Department of Packaging and Materials Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, 50 Phaholyothin Road, Bangkok 10900

according to AACC (American Association of Cereal Chemist) standard method 54-21 and was based on dough consistency at the 475-500 FU (Farinograph Unit) line.

*Determination of* $T_g$: For sample preparation, a modified hand mixer (Kenwood HM320, from Kenwood Limited, Havant, UK) was used to prepare all dough samples. The mixer was modified into a single kneader mixer with a flat-bottom glassware as the mixing bowl (dimension was 3 cm diameter and 10 cm height). The mixing speed was set at 28 rpm by using power inverter. The 12-g composite flour (as shown in Table 1) was pre-mixed inside glassware and incubated at 35$^o$C for 24 hr before dough formation. Then, distilled water (35$^o$C) was added gradually in a glassware sitting in water bath. The amount water added were based on water absorption from farinogram, while the mixing time was adopted from the dough development time from farinogram.

Small amplitude oscillatory testing (Schober *et al*., 2008) was performed to determine the $T_g$ of zein doughs. Measurements were made in a rheometer (Bohlin C-VOR rheometer, from Bohlin Instruments Ltd., Gloucester, UK). Triplicate samples were analyzed with parallel plate geometry (20 mm diameter plate) at 35$^o$C. After mixing at 35$^o$C, dough samples were transferred to the plate with the gap of 3 mm. Sample trimming using spatula was done to excessive sample and the exposed edges were covered with grease to reduce water loss from the sample. In addition, coating was used to cover sample and plate. The tests were performed in two modes: (a) stress sweep test and (b) temperature sweep test. The temperature sweep tests were conducted to investigate changes in the sample as function of glass transition. Stress sweep tests were conducted at a constant frequency of 1 Hz and stress range between 1 and 1 x $10^3$ Pa to determine the linear viscoelastic region. Based on the stress sweep test results, temperature sweep tests for all samples were performed at 3 x $10^{-3}$ at 1 Hz. The measurements were started at 35$^o$C and decrease to 10$^o$C at the cooling rate of 1$^o$C/min. Results were expressed in terms of storage modulus (G'). The $T_g$ was determined from the temperature where the slope in G' changed significantly, as described by Laaksonen and Labuza (2007). The $T_g$ was reported as the onset temperature where the slope of G' just began to increase significantly, indicated by the highest correlation coefficient ($R^2$), from the linear regression line of the initial storage modulus. The moisture contents of doughs were determined according to AACC Method 44-15 A (at 130$^o$C for 60 min).

Statistical analysis: One-way ANOVA with Post-Hoc LSD spss test was used to form statistical grouping ($\alpha$=0.01) using SPSS Statistics 22.0 (IBM Corp., New York, USA) was used to evaluate the difference among means.

## Results and Discussion

### Mixing properties

When mixed at 35$^o$C by using a farinograph, addition of emulsifier was as expected affected the mixing properties of zein-starch doughs (Table 1). Water absorption decreased for all dough with emulsifiers and the change was greater with higher emulsifier addition. The development time of doughs with added SSL was more prolonged than that of with added PATCO®. Previous finding in wheat dough also showed the same evident of decreasing in water absorption due to addition of SSL (Gómez *et al*., 2004).

The time needed to dough development was prolonged by SSL and PATCO®, and the effect was more pronounced with increasing emulsifier concentration. This result agrees with previous findings showing that SSL increased the mixing time of wheat dough (Lang *et al*., 1992, Gómez *et al*., 2004). In the case of ionic surfactants, this effect could be attributed to their ability to form complexes with proteins through their charge interaction, inducing protein-protein aggregation that could retard the dough development (Keller *et al*., 1997). PATCO® is commercial emulsifier containing SSL and CSL in ratio of 50%:50% (as informed by the supplier).

Likewise SSL, CSL is categorized as ionic surfactant, it is therefore assumed to have the same effect in water absorption and dough development as SSL.

**Table 1** Effect of emulsifier on mixing properties

| | Water absorption (%) | Development Time (min) | | Water absorption (%) | Development Time (min) |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | 75 | 2.7 | | | |
| P-4 | 64.5 | 4 | S-2 | 56.3 | 3.7 |
| P-5 | 63.2 | 4.7 | S-3 | 54.1 | 3.7 |
| P-6 | 60.3 | 4.7 | S-4 | 51.9 | 4.9 |

Glass transition profiles were obtained for each sample to study the influence of emulsifier on zein-starch dough's glass transition behavior (Figure 2 and Table 3). Figure 2 shows typical changes in the dynamic-mechanical properties of the zein-starch dough. A significant increase in the G' can be observed by looking at the linear regression line. This change in G' expressed the $T_g$ of the material as when the material is cooled down, at the glass transition, a material becomes hardened and its ability to store energy is partially increased resulting in higher G' (Nikolaidis and Labuza 1996; Laaksonen and Labuza 2001).

Both PATCO® and SSL clearly showed the plasticizing effect of emulsifier, as shown by lower $T_g$ (Table 3), and the greater effect was more obvious with higher level of emulsifier. Those observations mentioned above were also in line with the finding of di Gioia and Guilbert (1999) showing that the addition of di-acetyl tartaric ester of monoglyceride (DATEM), which is also anionic emulsifier, in corn-protein based thermoplastic resins could depress the $T_g$. Furthermore, the control and all samples containing emulsifiers exhibited significantly different dough moisture contents (P<0.01) (Table 2). With a significant decrease (P<0.01) in moisture content between the control, P-4 and P-5 doughs, the $T_g$ of those samples occurred at close temperatures while for the rest of samples (P-6, S-2, S-3 and S-4), lower $T_g$ were observed with decreased moisture contents (P<0.01). The $T_g$ depression was more pronounced at substantial decrease in moisture content. Water is an important plasticizer of many biopolymers and the glass transition of various cereal polymers have been widely studied as a function of water content which is typically that the lower water content, the higher the $T_g$ (Laaksonen and Labuza 2001). However, in this case, the similar $T_g$ occurred at lower water content, thus, this finding still demonstrated the decreasing $T_g$ as a function of water.

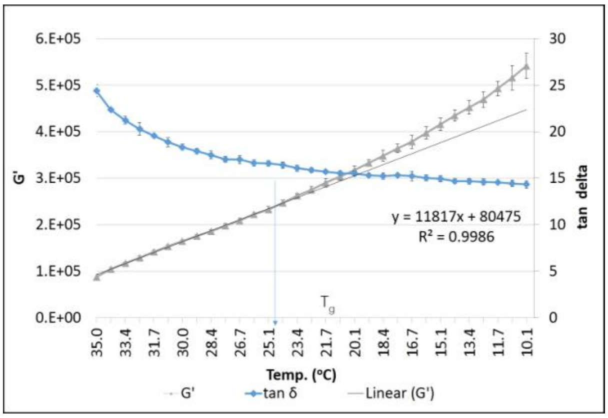



**Figure 2** Example rheometer profile for zein-starch dough containing emulsifier (P-6).

**Table 2** Glass transition temperatures ($T_g$) of zein-starch doughs with different

| | % dough moisture (wb) | $T_g$ (°C) |
|---|---|---|
| Control | 46.35 ± 1.12[a] | 25.03 ± 0.85 |
| P-4 | 43.62 ± 0.18[b] | 26.17 ± 0.92 |
| P-5 | 42.90 ± 0.22[b] | 25.33 ± 0.98 |
| P-6 | 41.13 ± 0.49[c] | 24.50 ± 0.52 |
| S-2 | 40.88 ± 0.30[c] | 22.53 ± 0.85 |
| S-3 | 38.90 ± 0.21[d] | 18.67 ± 1.32 |
| S-4 | 37.34 ± 0.07[e] | 13.93 ± 0.92 |

Means followed by different letters within the same column were significant differences (p≤0.01)

### Summary

The emulsifiers influenced the mixing properties of zein-starch doughs, as indicated by distinctly lower water absorption and longer mixing time. While effects of emulsifier on the $T_{\alpha}$ of zein-starch doughs confirmed that zein-starch doughs are plasticized by emulsifier, resulting in a decrease in $T_{\alpha}$. The study could help to mix viscoelastic gluten-free dough at room temperature.



### Acknowledgements

This study has been carried out with financial support from Indonesia Endowment Fund for Education, Ministry of Finance of the Republic of Indonesia. The flour analysis was kindly provided by Quality Control Laboratory, TS Flour Mill Public Co. Ltd. (Thailand).


### Literature cited


Di Gioia, L. and Guilbert, S., 1999, Corn Protein-based Thermoplastic Resins: Effect of Some Polar and Amphiphilic Plasticizers, Journal of Agriculture and Food Chemistry, 473: 1254-1261.

Gómez, M., del Real, S., Rosell, C.M., Ronda, F., Blanco, C.A. and Caballero, P.A., 2004, Functionality of Different Emulsifiers on the Performance of Bread Making and Wheat Bread Quality, European Food Research Technology, 219: 145–150.

Keller, R.C.A., Orsek, R. and Hamer, R.J., 1997, Competitive Adsorption Behavior of Wheat Flour Components and Emulsifiers at an Air–water Interface, Journal of Cereal Science, 25: 175-183.

Laaksonen, T.J. and Labuza, T.P., 2001, Effects of Moisture, Sucrose, NaCl, and Arabinoxylan on Relaxation in Wheat Dough as Measured by DMTA, International Journal of Food Properties, 42: 311-325.

Lai, H-M., 2001, Effects of Rice Properties and Emulsifiers on the Quality of Rice Pasta, Journal of Science of Food and Agriculture, 82: 203–216.

Lang, C.E., Neises, E.K. and Walker, C.E., 1992, Effects of Additives on Flour-water Dough Mixograms, Cereal Chemistry, 69: 587-591.

Lawton, J.W., 1992, Viscoelasticity of Zein-starch Doughs, Cereal Chemistry, 69: 351–355.

Mejia, C.D., Mauer, L.J. and Hamaker, B.R., 2007, Similarities and Differences in Secondary Structure of Viscoelastic Polymers of Maize $\alpha$-zein and Wheat Gluten Proteins, Journal of Cereal Science, 45: 353-359.

Nikolaidis, A. and Labuza, T.P., 1996, Use of Dynamic Mechanical Thermal Analysis DMTA, Glass Transitions of a Cracker and its Dough, Journal of Thermal Analysis, 47: 1315-1328.

Nunes, M.H.B, Moore, M.M., Ryan, L.A.M. and Arendt, E.K., 2009, Impact of Emulsifiers on the Quality and Rheological Properties of Gluten-free Breads and Batters, European Food Research and Technology, 228: 633-642.

Oom, A., Pettersson, A., Taylor, J.R.N. and Stading, M., 2008, Rheological Properties of Kafirin and Zein Prolamins, Journal of Cereal Science, 47: 109-116.

Schober, T.J., Bean, S.R., Boyle, D.L. and Park, S.H., 2008, Improved Viscoelastic Zein-starch Doughs for Leavened Gluten-free Breads: their Rheology and Microstructure, Journal of Cereal Science, 48: 755-767.

# การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติต้านความดันโลหิตสูงของชาสมุนไพรไทยและชาในสกุลคาเมลเลีย

# Comparative Study on Anti-hypertension Potential of Thai Herbal Tea and Conventional Tea (*Camellia sinensis*)

จุฑามาศ ทองลิ่ม[1] สุวภัทร กิตติบัญชากุล[1] วันทนีย์ เกรียงสินยศ[1] เอกราช เกตวัลห์[1] และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1]

Tonglim, J.[1], Kittibunchakul, S.[1], Kriengsinyos, W.[1], Kettawan, A.[1] and Suttisansanee, U.[1]

## Abstract

This study was aimed to investigate and compare the anti-hypertension potential of Thai herbal teas and conventional teas (*Camellia sinensis*) through the inhibition of angiotensin-converting enzyme (ACE). Fifteen Thai herbal teas and five conventional teas (green, white, black, oolong, and pu–erh teas) extracted with either 50% (v/v) aqueous ethanol or hot (95 °C) water (tea infusion) were observed. Ethanolic extracted stevia, cat's whisker and safflower teas exhibited the highest anti-ACE activities (86-89% inhibition) among the herbal teas and provided comparable inhibitory activities to those of conventional teas. Likewise, the results of herbal tea infusions suggested that stevia, Asiatic pennywort and cat's whisker exhibited high anti-ACE activities (80-88% inhibition). These herbal teas infusion offered slightly greater inhibitory activities than those of black, oolong and pu–erh teas. Teas with high ACE inhibitory potential could be promoted as sustainable sources of anti-hypertensive agents for regulating blood pressure and suppressing hypertension.

**Keywords:** tea, hypertension, angiotensin-converting enzyme, Thai herbal tea

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติการต้านความดันโลหิตสูงของชาสมุนไพรไทยและชาสกุลคาเมลเลียผ่านปฏิกิริยา ยับยั้งแองจิโอเทนซิน คอนเวอร์ติง เอนไซม์ โดยการใช้ชาสมุนไพรไทย 15 ชนิด และชาสกุลคาเมลเลีย 5 ชนิด (ชาเขียว ชาขาว ชาดำ ชาอู่หลง และชาผู่เอ่อร์) มาสกัดสารออกฤทธิ์ด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และน้ำร้อน จากการทดสอบสารสกัดชาที่เตรียมในเอทานอล พบว่า ชาจากหญ้าหวาน หญ้าหนวดแมว และดอกคำฝอย มีสมบัติยับยั้งแองจิโอเทนซิน คอนเวอร์ติง เอนไซม์ ใกล้เคียงกับชาสกุลคาเมลเลีย และมีการยับยั้งสูงถึงร้อยละ 86-89 ส่วนการทดสอบสารสกัดชาที่เตรียมในน้ำร้อนพบว่า ชาจากหญ้าหวาน ใบบัวบก และหญ้าหนวดแมว มีสมบัติยับยั้งแองจิโอเทนซิน คอนเวอร์ติง เอนไซม์ สูงกว่าชาสมุนไพรไทยชนิดอื่น (การยับยั้งร้อยละ 80-88) และสูงกว่าชาสกุลคาเมลเลียบางชนิด ได้แก่ ชาเขียว ชาอู่หลง และชาผู่เอ่อร์ ผลการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลส่งเสริมการใช้ชาสมุนไพรไทยและชาสกุลคาเมลเลียเพื่อช่วยลดความดันโลหิตสูงต่อไปในอนาคตได้

**คำสำคัญ**: ชา ความดันโลหิตสูง เอนไซม์แองจิโอเทนซิน คอนเวอร์ติง ชาสมุนไพรไทย

## Introduction

Hypertension is a chronic medical condition, in which the blood pressure is elevated to 140/90 or above. This disorder is a major health problem worldwide and is an important risk factor for death. Hypertension is primarily caused by the increase in activity of the sympathetic nervous system and insufficient suppression of the renin–angiotensin–aldosterone system (RAAS). When the blood pressure is decreased, the protease renin from kidney converts a preprotein, angiotensinogen, to a decapeptide, angiotensin I. This peptide is then hydrolyzed to a hormone angiotensin II (AngII) by angiotensin–converting enzyme (ACE), a key enzyme in RAAS. AngII promotes the renal sodium reabsorption and vascular hypertrophy, thus resulting in raised blood pressure (Khan *et al*., 2009). Therefore, the inhibition of ACE is considered to be the first line of treatment for hypertensive patients.

[1] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมนฑล จังหวัดนครปฐม 73170

[1] Institute of Nutrition, Mahidol Universityy, 999 Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170, Thailand

Tea is currently a popular beverage associated with health promotion and lifestyle. Not only does tea possess attractive flavor and aroma, but it is also a significant source of bioactive compounds with medicinal properties. Tea could be produced from the leaves of conventional *Camellia sinensis* or from other parts of herbal plants, including leaves, flowers, seeds, fruits, bark and roots. Conventional teas have been believed to provide a positive effect on blood pressure relieving. Previous studies suggested that tea polyphenols play role as anti-hypertensive agents, blocking RAAS through their ACE inhibitory activity (Hara *et al*., 1995). Nevertheless, previous researches have only emphasized conventional teas, while the information on anti-hypertension property of herbal teas has still limited. Thus, study was aimed to investigate and compare anti-hypertension potential of Thai herbal teas and conventional teas through the inhibition of ACE.

## Materials and Methods

Commercially available fifteen Thai herbal teas (bael fruit, Indian gooseberry, bitter cucumber, rosella, safflower, chrysanthemum, white mulberry, Asiatic pennywort, pandanus, jiaogulan, stevia, cat's whisker, lemon grass, jewel vine and ginger) and five conventional teas (green, white, black, oolong and pu–erh teas) were ground into powders by a high speed miller (Cyclotec 1093, FOSS Ltd., Hoganas, Sweden). Tea extracts were prepared in 50% (v/v) aqueous ethanol or hot water (tea infusion). The extraction with ethanol was achieved by mixing each sample (1 g of dried basis) with solvent (60 mL). The mixtures were sonicated for 10 minutes before being shaken in a water bath shaker at 30 °C for 2 h. In addition, tea infusion was performed in accordance with the method of Deetae *et al*., (2012), in which samples (1 g of dried basis) were extracted with deionized water (100 mL) under 95 °C for 5 min. Ethanol and water extracts of Thai herbal teas and conventional teas were filtered through Whatman No. 1 filter paper to derived the clear solutions being used in analysis.

Fluorometric assay for ACE inhibition was conducted according to the method of Schwager *et al*., (2006) with some modifications. The assay consisted of the extracted sample, hippuryl–histidyl–leucine (0.57 mM in potassium phosphate buffer, pH 8.3) and ACE (153 nM) in the 96–well black microplate. The reaction was incubated at 37°C for 30 minute before being quenched with NaOH (0.17 M) and mixed with *o*-phthaldialdehyde (20 mg/mL). The mixture was incubated for 10 minutes at the ambient temperature before adding HCl (0.25 M) to stop the reaction. The enzyme reaction was monitored at an excitation wavelength of 360 nm and an emission wavelength of 485 nm using a microplate reader (BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT). The results were calculated as a percentage of inhibitory activity using the equation; %Inhibition = 100 x (1 – (($B$–$b$)/($A$–$a$))), where $A$ is an initial velocity of the control reaction with enzyme, $a$ is an initial velocity of the control reaction without enzyme, $B$ is an initial velocity of the enzyme reaction with extract and $b$ is an initial velocity of the reaction with extract but without enzyme. All data were expressed as mean of triplicate assays ± standard deviation (SD). One way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's multiple comparison tests were performed to determine the significant differences between values with $p$<0.05. Statistical analysis was conducted using SPSS software.

## Results

The inhibition of ACE activity of teas extracted with 50% (v/v) aqueous ethanol (0.84 mg/mL) suggested that all conventional teas exhibited high anti-ACE activities (>85% inhibition) (Table 1). The results of Thai herbal teas showed that stevia, cat's whisker and safflower exhibited the highest inhibitory activities (86–89% inhibition). These herbal teas provided comparable anti-ACE activities to those of conventional teas. On the other hand, bitter cucumber herbal tea exerted the lowest inhibitory activity of 19% inhibition.

Anti-ACE activities of different tea infusions (0.5 mg/mL) being presented in Table 1 suggested that green tea and white tea exhibited the highest ACE inhibitory activities (>90% inhibition) among five conventional teas, followed by oolong tea, black tea and pu–erh tea, respectively. Likewise, the results of

herbal tea infusions suggested that stevia, Asiatic pennywort and cat's whisker exhibited high anti-ACE activities (80-88% inhibition). These herbal tea infusions offered slightly greater inhibitory activities than those of black, oolong and pu–erh teas. As well, stevia with the highest ACE inhibitory capacity among all herbal teas might be the comparable source of anti-ACE agents as green tea and white tea. On the other hand, bitter cucumber herbal tea was found to exert the lowest activity of 5% inhibition.

**Table 1** ACE inhibitory activities of different teas

| Type of tea | % Inhibition of ACE activity | |
|---|---|---|
| | Ethanolic extracted tea | Tea infusion |
| Conventional tea | | |
| Black tea | $95.90 \pm 1.34^{a}$ | $65.13 \pm 1.79^{c}$ |
| Oolong tea | $93.02 \pm 0.80^{a}$ | $76.64 \pm 5.51^{b}$ |
| White tea | $92.35 \pm 1.19^{a}$ | $90.55 \pm 4.67^{a}$ |
| Green tea | $91.29 \pm 2.09^{a}$ | $95.49 \pm 4.54^{a}$ |
| Pu–erh tea | $85.48 \pm 0.11^{a}$ | $69.78 \pm 2.34^{c}$ |
| Thai herbal tea | | |
| Stevia | $89.28 \pm 0.59^{ab}$ | $88.63 \pm 1.84^{ab}$ |
| Cat's whisker | $88.33 \pm 3.53^{ab}$ | $80.41 \pm 0.83^{b}$ |
| Safflower | $86.04 \pm 3.00^{ab}$ | $26.54 \pm 1.31^{e}$ |
| Chrysanthemum | $81.42 \pm 5.42^{b}$ | $56.65 \pm 0.82^{d}$ |
| Indian gooseberry | $62.96 \pm 8.27^{c}$ | $57.40 \pm 3.75^{d}$ |
| Lemon grass | $61.45 \pm 5.04^{c}$ | $41.87 \pm 3.26^{ef}$ |
| Asiatic pennywort | $57.89 \pm 2.03^{c}$ | $80.65 \pm 0.76^{b}$ |
| Bael fruit | $50.82 \pm 1.65^{c}$ | $45.59 \pm 0.12^{e}$ |
| Ginger | $48.74 \pm 1.28^{c}$ | $45.25 \pm 1.99^{e}$ |
| White mulberry | $39.46 \pm 6.27^{d}$ | $40.68 \pm 1.70^{ef}$ |
| Rosella | $37.35 \pm 2.52^{d}$ | $40.56 \pm 0.37^{ef}$ |
| Pandanus | $30.27 \pm 3.02^{d}$ | $41.24 \pm 1.63^{ef}$ |
| Jiaogulan | $30.03 \pm 3.98^{d}$ | $35.00 \pm 3.89^{f}$ |
| Jewel vine | $26.14 \pm 4.47^{d}$ | $28.16 \pm 0.77^{f}$ |
| Bitter cucumber | $19.11 \pm 2.27^{e}$ | $5.53 \pm 1.37^{g}$ |

Analytical data were mean values of three independent samples (n=3) $\pm$ SD. Values with different letters within column of each sample were significantly different at $p<0.05$. The final concentration of the ethanolic extracted teas and tea infusions used in this study were 0.84 and 0.50 mg/mL, respectively.

## Discussion

Manufacturing processes of tea define different categories of conventional tea as well as their chemical compositions, which associate with teas' biological properties. According to the results of ethanolic extracted teas in this study, five conventional teas, however, exhibited the equivalence effective anti-ACE activities. It was possible that the concentration of tea extracts was too high under the studied conditions, thus limiting the enzymatic reaction and the differentiation of inhibitory potential of teas. In contrast, the results of tea infusions suggested that ACE inhibitory activities were varied among five conventional teas. These finding were corresponded to a previous study, in which anti-ACE potential of teas was affected by tea processing methods as well as the abundance of catechin polymers and their oxidized products (Dong *et al*., 2011). The anti-hypertensive effects of conventional tea infusions were also reported in several animal and human studies. For instance, oral intake of green tea and black tea could suppress blood pressure in hypertensive rats (Negishi *et al*., 2004), and consumption of green tea or oolong tea (>120 mL/day) for 1 year could reduce the risk of hypertension in human (Yang *et al*., 2004).

As for ethanolic extracted herbal teas, the results of stevia, cat's whisker and safflower teas with great ACE inhibitory activities agreed well with several previous reports, where hypotensive properties of these Thai herbs were mentioned. As well, these results were consistent to the results of tea infusions except for the infusion from safflower, which showed only little ACE inhibitory activity. Likewise, the results of tea infusions showed that Asiatic pennywort possessed the potent anti-ACE activity in addition to stevia and cat's whisker herbal teas. This finding was consistent with a previous study that Asiatic pennywort extracts could reduce blood pressure in hypertensive rats (Muangnoi, 2007).

Interestingly, types of solvent and extraction processes affected inhibitory activities of teas remarkably. It might be due to the difference in solubility of active compounds presented in each type of tea. The inhibition of ACE was found to be greater in some herbal tea infusions, including rosella, white mulberry, pandanus, jiaogulan and jewel vine teas, as being compared with their corresponding ethanolic extracted teas.

## Summary

This study provided supportive evidence that Thai herbal teas and conventional teas may have a potential mechanism to prevent high blood pressure through the inhibition of ACE. Teas with high ACE inhibitory activity could be promoted as sustainable sources of anti-hypertensive agents for regulating blood pressure and suppressing hypertension.

## Acknowledgements

Financial support was provided by the graduate scholarship from the National Research Council of Thailand (NRCT), 2013.

## Literature cited

Deetae, P., Parichanon, P., Trakunleewatthana, P., Chanseetis, C. and Lertsiri, S., 2012, Antioxidant and Anti–Glycation Properties of Thai Herbal Teas in Comparison with Conventional Teas, Food Chemistry, 133: 953–959.

Dong, J., Xu, X., Liang, Y., Head, R. and Bennett, L., 2011, Inhibition of Angiotensin Converting Enzyme (ACE) Activity by Polyphenols from Tea (*Camellia sinensis*) and Links to Processing Method, Food and Function, 2(6): 310-319.

Hara, Y., Luo, S., Wickremashinghe, R. and Yamanishi, T., 1995, Uses and Benefits of Tea, Food Reviews International, 11: 527–542.

Khan, N.A., Hemmelgarn, B., Herman, R.J., Bell, C.M., Mahon, J.L., Leiter, L.A., … and Tobe, S., 2009, The 2009 Canadian Hypertension Education Program Recommendations for the Management of Hypertension: Part 2—Therapy, Canadian Journal of Cardiology, 25(5): 287–298.

Muangnoi, C., 2007, Bioaccessibility, Cellular Uptake and Angiotensin I-Converting Enzyme (ACE) Inhibitory Activity of Triterpenoids from *Centella asiatica* (Linn.) Urban. Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand, 81 p.

Negishi, H., Xu, J.W., Ikeda, K., Njelekela, M., Nara, Y. and Yamori, Y., 2004, Black and Green Tea Polyphenols Attenuate Blood Pressure Increases in Stroke–Prone Spontaneously Hypertensive Rats. Journal of Nutrition, 134(1): 38–42.

Schwager, S.L., Carmona, A.K. and Sturrock, E.D., 2006, A High–Throughput Fluorimetric Assay for Angiotensin I–Converting Enzyme, Nature Protocols, 1(4): 1961–1964.

Yang, Y.C., Lu, F.H., Wu, J.S., Wu, C.H. and Chang, C.J., 2004, The Protective Effect of Habitual Tea Consumption on Hypertension, Archives of Internal Medicine, 164(14): 1534–1540.

# ผลของสารสกัดโรติโนนในการควบคุมปลาช่อน

## Effect of Rotenone Extract on Snakehead Fish (*Ophicephalus striatus*) Control

กิตติมา วานิชกูล[1] สมิง จำปาศรี[1] จิราพร กุลคำ[1] สงบ ศรีเมือง[1] และ บัญชร พลรบ[1]

Vanichkul, K.[1], Champasri, S.[1], Kulkham, J.[1], Srimuang, S.[1] and Polrob, B.[1]

### Abstract

This study was conducted to investigate the effect of rotenone extract (plant extract) on snakehead fish control. Average size of fish used in the experiment was 3.69 centimeters and the amount of retenone were 0 (control), 3.5, 5.0, 6.5 and 8.0 ppm for 120 min. Cumulative mortality and response of fish were determined. Results showed that cumulative mortality of 26.7, 60 and 100 % of snakehead fish was obtained with rotenone extract at 5.0, 6.5 and 8.0 ppm, respectively. Extract of 0.0 and 3.5 ppm. ($p<0.05$) had no effect on cumulative mortality. Also, experimental fish exposed to rotenone extract showed slow, abnormal swimming before dying. Therefore, eight part-per-millions of rotenone extract can control snakehead fish at 100 % of cumulative mortality.

**Keywords:** rotenone extract, snakehead fish

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาผลของสารสกัดโรติโนนซึ่งได้มาจากพืชในการควบคุมปลาช่อนทดแทนสารเคมี โดยนำปลาช่อนขนาดเฉลี่ย 3.69 เซนติเมตร มาทดสอบในสารสกัดโรติโนนที่ระดับความเข้มข้น 0(ควบคุม) 3.5, 5.0, 6.5 และ 8.0 ppm เป็นเวลา 120 นาที ประเมินค่าอัตราการตายสะสม และลักษณะการตอบสนองต่อการได้รับสารสกัด ผลการศึกษาพบว่า ปลาช่อนที่ได้รับสารสกัดโรติโนน 5.0, 6.5 และ 8.0 ppm มีอัตราการตายสะสมเฉลี่ย 26.7, 60.0 และ 100.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าอัตราการตายสะสมเฉลี่ยของทุกชุดสูงกว่าปลาช่อนชุดควบคุมและชุดที่ได้รับสารสกัดโรติโนน 3.5 ppm ($p<0.05$) ซึ่งไม่มีการตายของปลาช่อน ซึ่งปลาช่อนที่นำมาทดลองมีการตอบสนองต่อสารสกัดโรติโนนโดยมีการว่ายน้ำในลักษณะไม่ปกติในช่วงต้น ว่ายน้ำช้าลงและตายในช่วงสิ้นสุดการทดลอง จากผลการทดลองสรุปได้ว่าสารสกัดโรติโนนที่ระดับความเข้มข้น 8.0 ppm สามารถควบคุมปลาช่อนได้ดีที่สุด (100 เปอร์เซ็นต์)

**คำสำคัญ**: สารสกัดโรติโนน ปลาช่อน

### คำนำ

ปลาช่อนหรือ Snakehead fish (*Ophicephalus striatus*)เป็นปลาน้ำจืดพื้นเมืองของไทย ปลาชนิดนี้สามารถปรับตัวตามสภาพแวดล้อมได้ดีและชอบกินสัตว์ที่มีชีวิตเป็นอาหาร จึงส่งผลให้กินสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำชนิดอื่น เช่น ลูกปลา ลูกกุ้ง ไส้เดือน กบ เขียด งู และแมลงในน้ำชนิดต่าง ๆ เป็นต้น รวมถึงมีนิสัยกินพวกเดียวกันเอง (สมเจตน์, 2550) ด้วยเหตุนี้ในการเตรียมบ่อเลี้ยงเพื่อเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ จึงจำเป็นต้องทำการกำจัดปลาชนิดนี้ออกเพื่อป้องกันการลดลงของผลผลิตสัตว์น้ำเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง แต่การเตรียมบ่อเลี้ยงโดยทั่วไปที่ทำการสูบน้ำเลี้ยงที่ใช้แล้วออกจนแห้งแล้วทำการจับสัตว์น้ำที่เป็นศัตรูปลาขึ้นจากบ่อใช้ไม่ค่อยได้ผลดีกับปลาช่อนเนื่องจากปลาช่อนว่ายน้ำว่องไวและสามารถฝังตัวอยู่ในโคลนได้นานเนื่องจากมีอวัยวะพิเศษในการช่วยหายใจที่เรียกว่า ลาบริรินทร์ (Labryrinth) ซึ่งทำหน้าที่รับอากาศ และความชื้นเก็บไว้ช่วยในการหายใจเมื่อจำเป็น (สุจินต์, 2549) เกษตรกรมักนิยมนำสารเคมีจำพวกปูนขาว และโซเดียมไซยาไนด์มาใช้เพื่อกำจัด แต่สารเหล่านี้เมื่อใช้เป็นจำนวนมากจะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมภายในบ่อเลี้ยงและผลผลิตปลา โรติโนน (Rotenone) เป็นสารออกฤทธิ์ที่พบในหางไหล หรือโล่ติ๊น (*Derris elliptica* (Roxb.) Benth.) เป็นพืชตระกูลถั่ว จัดอยู่ในวงศ์ Fabaceae (สอาด และคณะ, 2525) เป็นไม้เถาเนื้อแข็ง เปลือกของเถาแก่สีน้ำตาลเข้ม ชอบเลื้อยพาดกับต้นไม้อื่น ใบเป็นใบประกอบแบบขนนกมี 7 ใบขึ้นไป ใบย่อยใหญ่เกือบเท่าใบลำใยรูปไข่กลับแกมขอบขนานกว้าง 5-7 ซ.ม. ยาว 12-18 ซ.ม. ใบอ่อนเป็นสีน้ำตาล ดอกออกเป็นช่อ ดอกย่อยสีชมพู บานจากล่างไปบน รูปดอกเป็น papilionaceous form ผลเป็นฝัก

[1] สาขาประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Fisheries Program, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

ชนิด pod แบนๆ ภายในมี 1-3 เมล็ด ใช้เป็นสารฆ่าแมลงที่ปลอดภัย ไม่เป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นสาร rotenone สลายตัวง่ายไม่ติดค้างอยู่บนพืชผัก จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นสารฆ่าแมลงในสวนครัว หรือพืชที่ปลูกในบริเวณบ้านเรือน รากหางไหลยังใช้เบื่อปลาได้ โดยเอารากทุบๆ แล้วแช่น้ำไว้ น้ำจะมีสีขาวเหมือนน้ำซาวข้าว เทลงในบ่อ ปลาจะตายลอยขึ้นมา ปลาที่ฆ่าโดยหางไหล ใช้รับประทานได้ไม่เป็นพิษ (พเยาว์, 2556) ดังนั้นการนำโรติโนนจากหางไหลหรือโล่ติ้นมาทดลองศึกษาผลของสารสกัดโรติโนนในการควบคุมปลาช่อนในขั้นตอนการเตรียมบ่อเพื่อให้ทราบว่าใช้ระดับใดจึงจะมีประสิทธิภาพดี ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นทางเลือกให้เกษตรกรสามารถนำมาปรับใช้ในขั้นตอนการควบคุมศัตรูปลาเบื้องต้นได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาผลของสารสกัดโรติโนนในการควบคุมปลาช่อน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) นำสารสกัดโรติโนนที่ 5 เปอร์เซ็นต์ มาผสมในน้ำเลี้ยงปลาปริมาตร 5 ลิตร ในตู้ทดลองขนาด 15x30 เซนติเมตร ให้ได้ระดับความเข้มข้นของสารสกัดโรติโนน 0 (ควบคุม), 3.5, 5.0, 6.5 และ 8.0 ppm (ทำการทดลองความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ) หลังจากนั้นนำลูกปลาช่อนที่มีความยาวเฉลี่ย 3.69 เซนติเมตร ซึ่งได้พักไว้ก่อนการทดลองเป็นเวลา 7 วัน แล้วมาใส่ลงในตู้ทดลองตู้ละ 10 ตัว สังเกตการตายของปลาช่อนโดยใช้แท่งแก้วแตะตัวปลาที่นอนจมอยู่บริเวณก้นตู้ทดลองหากไม่มีการตอบสนองแสดงว่าปลาตาย บันทึกการตายของปลาช่อนที่พบแต่ละในตู้ทดลองที่เวลา 0, 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 นาที โดยเมื่อบันทึกจำนวนปลาตายที่พบแล้วจะตักออกจากตู้ทดลองทันที ข้อมูลที่ได้จะนำไปคำนวณค่าอัตราการตายสะสม และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี Non Parametric Test (Kruskal Wallis Test) เปรียบเทียบความแตกต่างของชุดทดลองด้วยวิธี Mann–Whitney U test (ชวนชัย, 2542) นอกจากนี้ในการทดลองจะบันทึกลักษณะการตอบสนองของปลาช่อนต่อการได้รับสารสกัดโรติโนน และคุณภาพน้ำช่วงก่อนการทดลองและสิ้นสุดการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิ, ความเป็นกรด–ด่าง (pH) และออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองสารสกัดโรติโนนที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 3.5, 5.0, 6.5 และ 8.0 ppm กับปลาช่อนที่มีความยาวเฉลี่ย 3.69 เซนติเมตร พบว่า จากการสังเกตการตายของปลาช่อน โดยการใช้แท่งแก้วแตะตัวปลาที่นอนจมอยู่บริเวณก้นตู้ทดลองเพื่อยืนยันถึงการตายที่เวลา 0, 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 นาทีนั้น ปลาช่อนที่ได้รับสารสกัดโรติโนนที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม) และ 3.5 ppm ไม่พบการตายตลอดการทดลอง ส่วนปลาช่อนที่ได้รับสกัดโรติโนนที่ความเข้มข้นระดับ 5.0 ppm มีการตายของปลาทดลองที่เวลา 80, 100 และ 120 นาที คิดเป็นอัตราการตายสะสม 13.3, 17.0 และ 26.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยค่าที่ได้มีความแตกต่างทางสถิติกับค่าการตายสะสมของปลาที่เวลา 0, 20, 40 และ 60 นาที ($P<0.05$) สำหรับปลาช่อนที่ได้รับสารสกัดโรติโนนในระดับความเข้มข้นสูงกว่า 5.0 ppm คือ 6.5 และ 8.0 ppm นั้น พบว่าเริ่มมีการตายของที่เวลา 60 นาที ซึ่งเร็วกว่าปลาทดลองที่ได้รับสารสกัดโรติโนนที่ต่ำกว่า และมีการตายอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 120 นาที (สิ้นสุดการทดลอง) โดยปลาช่อนทดลองที่ได้รับสารสกัดโรติโนนที่ 6.5 ppm มีอัตราการตายสะสมที่เวลา 60, 80, 100 และ 120 นาที เท่ากับ 17.0, 40.0, 53.5 และ 60.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สำหรับปลาช่อนที่ได้รับสารสกัดโรติโนนที่ 8.0 ppm มีอัตราการตายสะสมที่เวลา 60, 80, 100 และ 120 นาที เท่ากับ 17.0, 63.3, 90.0 และ 100.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยทั้งสองระดับความเข้มข้นของโรติโนนที่ทดลองนี้ (6.5 และ 8.0 ppm) มีค่าอัตราการตายสะสมที่เวลา 80, 100 และ 120 นาที สูงกว่าที่เวลา 0, 20 และ 40 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 1) ซึ่ง Wynne และ Masser (2010) ได้แนะนำการใช้สารสกัดโรติโนน 5 เปอร์เซ็นต์ในช่วง 0.1 - 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งการใช้ในแต่ละระดับขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน สำหรับในการใช้กำจัดปลา bullhead catfish แนะนำในอัตรา 3.0-5.0 ppm ซึ่งเป็นระดับที่สูงสุดที่แนะนำให้ใช้แต่ยังต่ำกว่าผลการทดลองครั้งนี้ที่พบว่าการใช้สารสกัดโรติโนนที่ 8.0 ppm สามารถควบคุมหรือกำจัดปลาช่อนได้มีประสิทธิภาพดี ซึ่งปลาแต่ละชนิดมีความต้านทานต่อโรติโนนที่ต่างกัน ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าปลาช่อนมีความต้านทานต่อสารสกัดโรติโนนสูงทำให้ต้องใช้ระดับความเข้มข้นมากการควบคุม

ลักษณะการตอบสนองของปลาช่อนที่ได้รับสารสกัดโรติโนน พบว่า ในช่วงแรกที่ปลาช่อนได้รับสารสกัดนั้นส่วนใหญ่มีการว่ายน้ำขึ้นลง เพื่อมาฮุบอากาศบ่อยครั้ง โดยลักษณะการว่ายน้ำแบบกระวนกระวาย ในปลาช่อนทดลองที่พบการตายนั้นหลังจากมีการว่ายน้ำแบบกระวนกระวายมากขึ้นแล้วไม่นานนักปลาช่อนจะเริ่มลอยตัวอยู่นิ่ง ๆ ประมาณ 1-2 นาที และเริ่มเสียการทรงตัวในช่วงเวลาถัดมา ปลาจะเริ่มว่ายน้ำไม่เป็นปกติโดยมีการว่ายน้ำหรือกระโดดชนขอบตู้กระพุ้งแก้มมีการเปิดปิดเร็วกว่าปกติ และต่อมาปลาจะเริ่มว่ายน้ำช้าลงและทิ้งตัวลงสู่ก้นตู้ การเปิดปิดของกระพุ้งแก้มเริ่ม

ช้าลงเรื่อยๆ และนอนนิ่งอยู่ก้นตู้ อีกไม่เกินเวลาประมาณ 5-10 นาทีจะเกิดการตายของปลา สอดคล้องกับ Leonard (1939) ที่รายงานว่าเมื่อปลาได้รับโรติโนน ปลาจะไม่สามารถควบคุมตัวเองได้ มีการดิ้นทุรนทุรายและว่ายขึ้นมาที่ผิวน้ำอย่างรวดเร็ว ตามองไม่เห็นจึงทำให้ปลาถลาชนตู้และว่ายน้ำไปตามข้างตู้ หลังจากนั้นปลาจะจมตัวลงก้นตู้อย่างช้า ๆ แล้วไม่มีการเคลื่อนไหวใด ๆ นอกจากอาการกระตุก และพยายามทำให้กระพุ้งแก้มเปิดออก และแม้ปลาจะอ้าปากหายใจเพื่อรีบนำอากาศเข้าไปใช้แต่ปลาก็ไม่สามารถนำออกซิเจนมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ เพราะว่าเส้นเลือดฝอยในเหงือกหดตัว ทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถนำออกซิเจนส่งผ่านไปได้ (Krumholz, 1948)

คุณภาพน้ำช่วงก่อนการทดลองและสิ้นสุดการทดลองนั้นมีค่า อุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.2±0.06 - 27.1±0.15 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด–ด่าง (pH) มีค่า 6.6±0.06 - 8.2±0.06 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) มีค่า 4.68±0.30 - 5.54±0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าคุณภาพน้ำในการทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของกรมประมง (2530)(Table 2)

**Table 1** Cumulative mortality of snakehead fish were obtained rotenone extract during 120 min (percent)

| Time (min) | Rotenone extract concentration (ppm) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 3.5 | 5.0 | 6.5 | 8.0 |
| 0 | 0.0[a] | 0.0[a] | 0.0[a] | 0.0[a] | 0.0[a] |
| 20 | 0.0[a] | 0.0[a] | 0.0[a] | 0.0[a] | 0.0[a] |
| 40 | 0.0[a] | 0.0[a] | 0.0[a] | 0.0[a] | 0.0[a] |
| 60 | 0.0[a] | 0.0[a] | 0.0[a] | 17.0[b] | 17.0[b] |
| 80 | 0.0[a] | 0.0[a] | 13.3[b] | 40.0[c] | 63.3[c] |
| 100 | 0.0[a] | 0.0[a] | 17.0[b] | 53.3[c] | 90.0[c] |
| 120 | 0.0[a] | 0.0[a] | 26.7[b] | 60.0[c] | 100.0[c] |

Means values (n=3) in the same column with different superscripts are significantly different (*P<0.05*)

**Table 2** Temperature, pH and dissolved oxygen levels before and after test

| Rotenone extract concentration (ppm) | Temperature(°C) | | pH | | dissolved oxygen(mg/l) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Before | After | Before | After | Before | After |
| 0 | 26.5±0.15 | 27.1±0.15 | 8.2±0.06 | 7.6±0.21 | 5.19±0.40 | 4.68±0.30 |
| 3.5 | 26.4±0.06 | 27.0±0.06 | 8.0±0.00 | 7.3±0.10 | 5.06±0.16 | 4.78±0.09 |
| 5.0 | 26.2±0.06 | 26.9±0.15 | 7.9±0.15 | 7.2±0.06 | 5.30±0.20 | 4.75±0.07 |
| 6.5 | 26.2±0.06 | 26.8±0.12 | 7.7±0.00 | 6.9±0.10 | 5.52±0.09 | 5.26±0.10 |
| 8.0 | 26.3±0.06 | 26.8±0.10 | 7.6±0.00 | 6.6±0.06 | 5.42±0.11 | 5.54±0.14 |

## สรุปผล

จากการทดลองสารสกัดโนติโนนในการควบคุมปลาช่อนซึ่งมีความยาวเฉลี่ย 3.69 เซนติเมตรนั้น พบว่าสารสกัดโรติโนนที่ระดับความเข้มข้น 5.0, 6.5 และ 8.0 ppm สามารถควบคุมปลาช่อนได้ โดยมีค่าอัตราการตายเฉลี่ยสะสมสูงแตกต่างจากปลาช่อนชุดที่ได้รับสารสกัดโรติโนนที่ 0 และ 3.5 ppm (p<0.05) โดยปลาช่อนที่ได้รับสารสกัดโรติโนน 8.0 ppm มีค่าอัตราการตายเฉลี่ยสะสมสูง 100 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองแสดงว่าสารสกัดโรติโนนเป็นสารสกัดจากพืชที่สามารถนำมาปรับใช้ในการควบคุมปลาช่อนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งสารสกัดโรติโนนระดับที่ 8.0 ppm สามารถควบคุมปลาช่อนได้ดีที่สุดในเวลา 120 นาที

## เอกสารอ้างอิง

กรมประมง, 2530, เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด, เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 75/2530, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ

ชวนชัย เชื้อสาธุชน, 2542, สถิตินอนพาราเมตริกในการวิจัยทางการศึกษา. คณะครุศาสตร์, สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ, 2556, ข้อมูลของโล่ติ้น, แหล่งที่มา http://www.thaikasetsart.com/%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%82%E0%B8%A5%E0%B9%88%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B9%8A%E0%B8%99/. สืบค้นวันที่ 24 สิงหาคม 2558.

สมเจตน์ ปัญจวาณิชย์, 2550, ปลาเศรษฐกิจ, พิมพ์ครั้งที่ 2} เกษตรสยามบุ๊คส์, กรุงเทพฯ

สอาด บุญเกิด จเร สดากร และ ทิพย์พรรณ สดากร, 2525, ชื่อพรรณไม้ในเมืองไทย, พ จิรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สุจินต์ โรจนพิทักษ์, 2549, ปลาช่อน, พิมพ์ครั้งที่ 1, อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

Krumholz, Louis A., 1948, Special Article The Use of Rotenone in Fisheries Research, Journal of Wild life Management, 12(3): 306-317.

Leonard, T.W., 1939, Notes on the use of derris as a fish Poison, Transactions of the American Fisheries Society, 68: 269-280.

Wynne, F. and Masser, M.P., 2010, Removeing fish from ponds with rotenone, SRAC publication, Southern regional aquaculture center, Department of agriculture, United states.

# การสกัดสีจากเส้นใยและดอกเห็ดตับเต่า (*Boletus* spp.*)* เพื่อการย้อมสีเส้นไหมไทย

## Extraction of Dyes from Mycelial and Fruiting Bodies of *Boletus* spp. for Thai Silk Dyeing

**ไพรินทร์ กปิลานนท์[1] สุริยา ฤธาทิพย์[1] และ อุทร ชิขุนทด[1]**
Karpilanondh, P.[1], Rutathip, S.[1] and Chikhuntod, U.[1]

### Abstract

The mycelium of *Boletus edulis* and *Boletus colossus* were cultured in order to extract the color for silk dying purposes. PDB medium supplemented with 0.2% malt extract and 2% glucose was the optimum medium for mycelium growth after incubation at 30$^{o}$C for 14 days. The mycelium and the broth produced a dark brown color. The color measurements by Hunter Lab in L*, a*, b* were 16.15±0.01, 2.59±0.02, 16.11±0.02 and 14.27±0.03, 3.66.66±0.02 and 14.34±0.03, respectively. The optimum ratio of mycelium all fruitingboies and water extraction for *B. colossus* was 1:10, while the ratio for *B. potentosus* was 1:5. The best condition for silk dyeing was direct dyeing at 60$^{o}$C for 60 min. When StarCat was used as mordant the dyed silk color was bright and shiny. The dyed silk quality determination displayed in level 4, which indicated slightly change and less discoloration. This value was an acceptable level according to Thai industrial standard (TISI 121).
**Keywords:** mycelial, boletus mushroom, thai silk, dyeing

### บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดตับเต่า 2 ชนิด คือเห็ดขนมปังกระโหลก (*Boletus edulis*) และเห็ดผึ้ง (*Boletus colossus*) พบว่าเส้นใยเห็ดเจริญได้ดีที่สุด บนอาหารเหลว PDB เติม 0.2% Malt Extract และ 2% Glucose ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ในสภาวะที่ไม่เขย่า มีค่า pH 4-5 เส้นใยและอาหารเหลวมีสีน้ำตาลเข้ม วัดค่าสีตามวิธีของ Hunter Lab พบว่ามีคุณสมบัติของค่าสี คือ L*, a* และ b* เท่ากับ 16.15±0.01, 2.59±0.02, 16.11±0.02 และ และ 14.27±0.03, 3.66.66±0.02 และ 14.34±0.03 ตามลำดับ อัตราส่วนเส้นใยเห็ด : น้ำ ที่เหมาะสมคือ 1:10 อัตราส่วนของดอกเห็ด : น้ำ เห็ดผึ้ง และเห็ดห้า (*Boletus potentosus*) ที่เหมาะสม คือ 1: 10 และ 1:5 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที พบว่า StarCat เป็นมอร์แดนท์ที่ให้สีเข้มและมันวาวมากที่สุด ทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและแสง มีค่าอยู่ระดับ 4 คือ สีเปลี่ยนแปลงและตกเล็กน้อย เป็นค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน มอก.121
**คำสำคัญ:** เส้นใย ดอกเห็ดตับเต่า เส้นไหมไทย การย้อมสี

### คำนำ

ในประเทศไทยมีรายงานการนำเห็ดป่า (wild mushroom) มาทำเป็นสีย้อมเส้นด้ายหรือเส้นไหมน้อยมากทั้งๆที่เห็ดป่าของไทยให้สีได้มากมายหลายเฉดสี และน่าจะติดแน่นกับเส้นไหมไทยได้ดีกว่าสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติอื่นๆ เส้นไหมไทย (Thai silk) ได้มาจากรังของตัวไหม มีโมเลกุลของโปรตีนเป็นส่วนประกอบเช่นเดียวกับเส้นด้ายขนแกะ จึงควรมีความสามารถในการดูดซับสีที่มาจากการต้มดอกเห็ดได้ดีเช่นกัน เห็ดป่าหลายชนิดที่มีรายงานว่าใช้ย้อมสีได้ในต่างประเทศ แต่เป็นเห็ดป่าที่พบในประเทศไทย เช่น เห็ดตับเต่า (Boletus spp.) เป็นเห็ดป่าที่มักจะพบมากในช่วงฤดูฝนของไทย ดำรงชีพแบบเอ็คโตไมคอร์ไรซ่า (ectomycorrhiza) ดอกเห็ดมีลักษณะเป็นทรงร่มกว้างประมาณ 7-25 เซนติเมตร เนื้อนิ่มอ่อนนุ่ม ดอกก้านดอกเห็ดมีสีส้มถึงสีน้ำตาล ใต้หมวกดอกผิวเรียบมีลักษณะเป็นรูสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล ก้านดอกเห็ดมีสีขาวถึงน้ำตาล ยาว 7-20 เซนติเมตร สปอร์มีสีน้ำตาล รูปร่างเรียวแหลมถึงรี (ไพรินทร์,2547) จัดเป็นเห็ดที่มีรสชาติดี เป็นที่นิยมของผู้บริโภค และมีคุณสมบัติเป็นสมุนไพรบำรุงกำลัง บำรุงตับและบำรุงปอด(ราชบัณฑิตยสถาน, 2539) ดังนั้นเห็ดตับเต่า (Boletus spp.) จึงเป็นเห็ดที่น่าสนใจนำมาทดลองย้อมสีเส้นไหมไทย เนื่องจากเห็ดตับเต่าเป็นเห็ดป่าที่มีตาม

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 151 8 ถ. พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environment Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800

ฤดูกาล จึงควรเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดตับเต่าให้มีคุณภาพเทียบเท่าดอกเห็ดตับเต่า เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนเห็ดตับเต่าทั้งยังช่วยลดเวลาในการเพาะเห็ดด้วย งานวิจัยนี้จึงศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดตับเต่าให้มีคุณภาพดีเทียบเท่าดอกเห็ดตับเต่า เพื่อใช้ในการย้อมสีเส้นไหมไทยให้มีคุณภาพติดสีแน่นดีเช่นเดียวกับสีย้อมจากดอกเห็ดตับเต่า

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองใช้ดอกเห็ดตับเต่า 2 ชนิด คือเห็ดผึ้ง (*Boletus colossus*) และเห็ดห้า (*Boletus potentosus*) ใช้เส้นใยเห็ดตับเต่า 2 ชนิด คือ เห็ดขนมปังกระโหลก (*Boletus edulis*) และเห็ดผึ้ง (*Boletus colossus*) โดยใช้หัวเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้น เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDB เติม 0.2% Malt Extract และ 2% Glucose ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ในสภาวะที่ไม่เขย่า จากนั้นนำเส้นใยที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman. เบอร์ 1 ที่ทำการอบและชั่งน้ำหนักแล้ว นำเส้นใยเห็ดที่ได้มากรองด้วยชุดกรองสุญญากาศ ล้างเส้นใยเห็ดด้วยน้ำกลั่น ชั่งน้ำหนักก่อนอบ นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักแห้งหลังอบ จากนั้นหาอัตราส่วนของเส้นใยเห็ด ต่อ ปริมาณน้ำที่เหมาะสมโดยใช้ 1:10, 1:20,1:30 และอัตราส่วนดอกเห็ด ต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสม โดยใช้ 1:5, 1:10, 1:15 นำมาสกัดที่อุณหภูมิห้อง (แช่น้ำ) เป็นเวลา 30 นาที กรองเส้นใยออกผ่านผ้าขาวบาง เพื่อให้ได้สีย้อมจากเส้นใยเห็ด แล้วนำไปตรวจสอบสารสีของสารละลายที่สกัดจากเห็ดด้วยวิธี Paper Chromatography (ปานทิพย์ และคณะ, 2553) และวัดค่าสีของทุกตัวอย่าง หลังจากนั้นหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการย้อมเส้นไหมไทย คือที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส นาน 30 และ 60 นาที ย้อมโดยใช้ มอร์แดนท์ 7 ชนิดคือ Salt, Alum, Tin, Iron, Chrome, Copper (อุทัยวรรณ, 2555) และ StarCat และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและแสง ตามมาตรฐาน มอก.121

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดตับเต่า 2 ชนิด คือเห็ดขนมปังกระโหลก และเห็ดผึ้ง บนอาหารเหลว PDB เติม 0.2% Malt Extract และ 2% Glucose บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน ในสภาวะไม่เขย่าพบว่า เส้นใยจะเจริญเต็มผิวหน้าอาหารและเส้นใยให้เฉดสีน้ำตาลเข้มเช่นเดียวกัน ค่า pH มีแนวโน้มลดลงเหลือ 4.5-5.5 อัตราส่วนของเส้นใยเห็ด ต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสม คือ 1:10 ทั้ง 2 ชนิดวัดค่าสีตามวิธีของ Hunter Lab มีคุณสมบัติของค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 16.15±0.01, 2.59±0.02 , 16.11±0.02 และ14.27±0.03, 3.66±0.02 , 14.34±0.03 ตามลำดับ ส่วนดอกเห็ดตับเต่า 2 ชนิด คือเห็ดผึ้งและเห็ดห้า อัตราส่วนดอกเห็ด ต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสม คือ 1:10 และ 1:5 ตามลำดับ ให้เฉดสีน้ำตาลเข้มเช่นเดียวกัน มีคุณสมบัติของค่าสี คือ L*, a* และ b* เท่ากับ 19.70±0.12, 3.25±0.09 , 13.53±0.06 และ18.72±0.10, -0.85±0.05 , 20.41±0.11 ตามลำดับ การตรวจสอบหาสารสีด้วยวิธีโครมาโทกราฟฟีแบบกระดาษ เพื่อแยกองค์ประกอบของสารสีที่สกัดจากเส้นใยและดอกเห็ดตับเต่า พบว่าจะแยกสารได้ 1 แถบ ที่มีค่า Rf เท่ากับ 0.93 - 0.96 ±0.01 พบว่าเป็นสารสีประเภทแคโรทีนอยด์

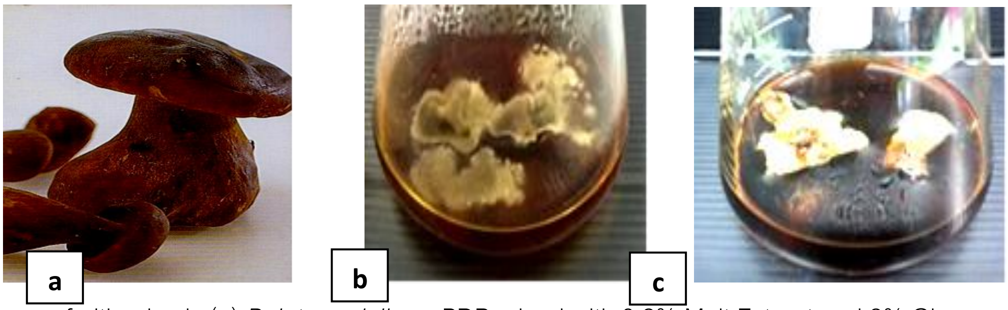



**Figure 1** *Boletus* spp. fruiting body (a) *Boletus edulis* on PDB mixed with 0.2% Malt Extract and 2% Glucose (b) and *Boletus colossus* on PDB mixed with 0.2%Malt Extract and 2%Glucose (c)

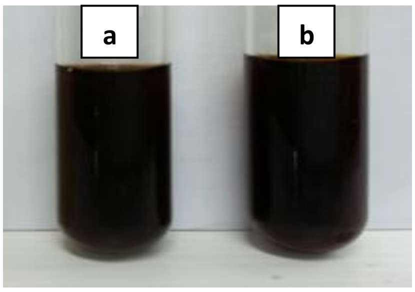



Figure 2 Solutions of *Boletus colossus* from fruiting body (a) solutions of *Boletus potentosus* from fruiting body (b)

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการย้อมเส้นไหมไทย พบว่าสีที่สกัดจากดอกเห็ดและเส้นใยเห็ดตับเต่าสามารถย้อมติดสีเส้นไหมไทยได้ดีที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที สอดคล้องกับเทียนศักดิ์ (2534) รายงานว่าสีธรรมชาติเป็นสีที่ละลายน้ำได้ กระจายตัวได้ดี และมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถยึดเกาะกับเส้นใยได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้สารอื่นช่วยย้อม และสีจะติดได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส แต่การย้อมด้วยสีที่สกัดจากดอกเห็ดและเส้นใยเห็ดตับเต่าพบว่า StarCat เป็นมอร์แดนท์ที่ย้อมเส้นไหมไทยได้สีเข้มและมันวาวมากที่สุด ทั้งนี้ StarCat เป็นสารเพิ่มประจุบวกให้กับเส้นใยและเป็นสารที่ย่อยสลายเองตามธรรมชาติ ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและแสง พบว่าการย้อมเส้นไหมไทยทั้งหมดมีค่าความคงทนต่อการซักและแสงอยู่ในระดับ 4 คือสีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และมีสีตกเล็กน้อยเป็นค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน มอก.121 การย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนท์และใช้ Salt เป็นมอร์แดนท์ จะไม่มีสารโลหะหนักตกค้างจึงไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

Table 1 Thai silk dyeing at 90 °C, 60 minutes

| Type | Mordant | | |
|---|---|---|---|
| | Control | Salt | StarCat |
| *Boletus edulis* | | | |
| *Boletus colossus* | | | |
| *Boletus colossus* | | | |
| *Boletus potentosus* | | | |

## สรุปผล

การย้อมเส้นไหมไทยด้วยสีที่สกัดสีจากเส้นใยเห็ดตับเต่า 2 ชนิดคือเห็ดขนมปังกระโหลก และเห็ดผึ้ง เปรียบเทียบกับการย้อมด้วยสีที่สกัดจากดอกเห็ดตับเต่า 2 ชนิด คือเห็ดผึ้งและเห็ดห้า ในอัตราส่วนต่อน้ำที่เหมาะสม สามารถย้อมเส้นไหมไทยติดสีได้ดีที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที เพราะสีที่สกัดได้จากดอกเห็ดและเส้นใยเห็ดเป็นสีธรรมชาติเป็นสีที่ละลายน้ำได้ กระจายตัวได้ดี และมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถยึดเกาะกับเส้นใยได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้สารอื่น

ช่วยย้อม แต่การย้อมโดยใช้ StarCat เป็นมอแดนท์จะย้อมเส้นไหมไทยได้สีเข้มและมันวาวมากที่สุด ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและแสง พบว่าการย้อมเส้นไหมไทยทั้งหมดมีค่าความคงทนต่อการซักและแสงอยู่ในระดับ 4 คือสีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และมีสีตกเล็กน้อย เป็นค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน มอก.121

## เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสิ่งทอ วิธีการทดสอบสิ่งทอ : ความคงทนของสี (มอก.121 เล่ม 3), สำนักงานมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ

ศรันยา เกษมบุญญากร, 2555, บทความเกี่ยวกับสีธรรมชาติ:ความเคลื่อนไหวของสิ่งทอเชิงอนุรักษ์, ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุทัยวรรณ แสงวณิช, 2555, การใช้เห็ดย้อมเส้นด้ายขนแกะและเส้นไหม, วารสารเห็ดไทย (ก.ค. – ธ.ค. 55) : 14-19.

Pokhrel, C.P. and Ohga, S., 2007, Submerged culture condition for mycelia yield and polysaccharide production by *Lyophllum decastes*, Food Chemistry, 105 : 641-646.

Rice, M. and Beebee, D., 1980, Mushroom for color, Mad River Press, Inc., Eureka, California, pp. 145.

# ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียว กข 10

# Effects of Temperature and Storage Time on Physicochemical Properties of Glutinous Rice Culivar RD 10

อัชฌา เพชรสลับแก้ว[1] และ จิรารัตน์ อนันตกูล[1]
Petsalabkaew, A.[1] and Anuntagool, J.[1]

## Abstract

The objective of this research was to study the effect of temperature and storage time on physicochemical properties of glutinous rice cv. RD 10. Rice paddies were packed in plastic sacks and stored at different conditions; 8°C and 76 %RH for 12 months, 30°C and 58 %RH for 6 months, and 40°C and 37 %RH for 21 weeks, respectively. Result showed that head rice yield increased at 30 and 40°C storage, while whiteness index decreased during storage at all test temperatures. For pasting properties, peak viscosity, breakdown, and setback were recorded. The pasting properties changed gradually during storage at all temperatures. More dramatic changes were noted for paddy rice stored at higher storage temperature.
**Keywords:** rice aging, rice storage, glutinous rice, physic-chemical properties

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 10 โดยการนำข้าวเปลือกข้าวเหนียวมาบรรจุลงในกระสอบพลาสติกสาน เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิและระยะเวลาที่แตกต่างกัน ได้แก่ อุณหภูมิต่ำ (8°C และ 76 %RH) เก็บนาน 12 เดือน อุณหภูมิห้อง (30°C และ 58 %RH) เก็บนาน 6 เดือน และอุณหภูมิสูง (40°C และ 37 %RH) เก็บนาน 20 สัปดาห์ ผลปรากฏว่า ในระหว่างเก็บรักษาร้อยละข้าวต้นเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บที่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส ขณะที่ดัชนีความขาวของข้าวสารลดลงในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา สำหรับสมบัติทางการเกิดเพสต์ของข้าวเหนียว ได้แก่ ค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดลดลงระหว่างการให้ความร้อน และความหนืดที่เพิ่มขึ้นระหว่างการทำให้เย็น พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยการเก็บที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้ข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ
**คำสำคัญ**: การเปลี่ยนแปลงของข้าวระหว่างการเก็บ การเก็บรักษาข้าว ข้าวเหนียว สมบัติทางเคมีกายภาพ

## Introduction

Glutinous rice cv. RD 10 (*Oryza sativa* L.) is one of commercial rice cultivar. As glutinous rice, it is widely consumed in northern and north-eastern parts of Thailand. After harvested, rice is usually sun-dried for reduced moisture content and then stored. Paddy rice undergoes changes in physicochemical properties during storage. Moisture content, temperature and storage time are major external factors that affect physical and chemical properties of rice kernels. Paddy rice was reported to possess moisture content reduction after storage (Park *et al.*, 2012). The hydrolysis of lipids that causes free fatty acids and the oxidation of lipids (including free fatty acids) to produce hydroperoxides and other secondary products were reported (Gregory *et al.,* 2008). Protein reaction with oxygen molecules that results in disulfide bonds was reported to cause changes in rice texture (Juliano, 1985). Further, the decrease in whiteness index of rice kernels was reported to involve non-enzymatic browning reaction (Soponronnarit *et al.*, 2008). Although a vast number of reports have been produced regarding the aging of rice, few have focused on changes due to the aging of glutinous rice.

The objective of the study was to compare the physicochemical properties of glutinous rice cultivar RD 10 during aging at different temperatures (8°C, 30°C and 40°C).

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phayathai Road, Patumwan, Bangkok 10330

## Materials and Methods

A paddy of glutinous rice cv. RD 10 was purchased from Udon Thani Rice Research Center. Amylose content of RD 10 rice was determined by amperometric titration with potassium iodate solution (adapted from Takeda and Hizukuri, 1987; Gibson *et al*., 1997) was 7.36 % (dry basis).

Rice paddy was cleaned and packed in a plastic sack (1.5 kg/sack). The paddy samples were stored at low temperatures (8 ± 2 °C, 76 %RH) for 12 months, room temperature (30 ± 2 °C, 58 %RH) for 7 months and high temperatures (40 ± 3 °C, 37 %RH) for 20 weeks. The sampling interval was carried out following the schedule in Table 1.

**Table 1** Details of sampling plan for rice stored at different temperatures (8 °C, 30 °C and 40 °C)

| | Newly harvested rice | 8 °C | 30 °C | 40 °C |
|---|---|---|---|---|
| Number of sacks to be retrieved | 2 | 12 | 14 | 28 |
| Storage period | - | 12 month | 7 month | 20 weeks |
| Sampling interval | - | 2 month | 1 month | 1 week |
| Amount of sampling (sack/time) | 2 | 2 | 2 | 2 |

*Determination of milling quality* : One hundred and twenty five grams of paddy rice were dehulled and brown rice was polished for 20 seconds. Head rice was separated from broken rice. Rice milling and grading machines (paddy husker, whitener and length grader) used in this study was manufactured by Sinthavee Garage (Lopburi, Thailand) Head rice yield was calculated using equation (1).

$$\%\ \text{Head rice yield} = \frac{\text{weight of head rice (g)}}{\text{weight of paddy rice (g)}} \times 100 \qquad (1)$$

*Determination of milled rice color* : Milled rice color was measured in term of whiteness index (WI) using a color-different meter (CR-400 D65 light source; Konica Minolta, Tokyo, Japan). The color values were expressed as *L** (lightness/ darkness), *a** (redness/greenness) and *b** (yellowness/blueness). WI was calculated using equation (2) (Chen *et al.,* 1999).

$$\text{Whiteness index (WI)} = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \qquad (2)$$

*Determination of pasting properties* : Milled rice was ground with a blender and sieved through a 100 mesh sieve. The moisture content in flour was determined using AOAC Official Method 925.10 (AOAC, 2006). Pasting properties of rice flour were determined by a Rapid Visco Analyzer (New Port Scientific Instrument and Engineer, Warriewater, Australia) using AACC Method 61-02.01 (AACC, 2000).

## Results and Discussion

Milling quality of paddy rice was mainly represented by head rice yield (HRY). HRY of newly harvested paddy rice was 45.46 %. After storage at 40 °C for 20 weeks, HRY increased to 49.92 % while it decreased to 36.38 % after storage at 8 °C for 12 months. At 30 °C storage temperature, HRY increased up to 3 months of storage (48.07 %) and decreased afterwards (39.72 %) (Figure 1). Wiset *et al.* (2011) reported that during storage at 15 °C, 20°C and ambient temperature, glutinous rice cv. RD 6 had an increase in hardness. They found that hardness of milled rice increased during 6 months storage. The samples stored at higher temperatures had greater hardness. Also, the head rice yield increased when hardness increased.

The WI of newly harvested glutinous rice RD 10 was 61.94%. During storage, WI decreased at all storage temperatures. WI decreased more rapidly at higher temperatures (Figure 2). Increasing yellowness of rice kernels during storage have also been reported to result from acceleration of Millard reaction (Kim, 2002). Park *et al.* (2012) determined WI of milled rice at 4°C, 20°C, 30°C, and 40°C during storage for 4 months. They also reported a decrease in WI at all storage temperatures.

Pasting properties are one of the most sensitive indices for the aging process in rice. Changes in pasting properties of milled rice during storage have been reported in terms of peak viscosity (PV), breakdown (BD) and setback (SB). The result showed that PV changed slightly when stored at 8°C (Figure 3A). At 30°C and 40°C, PV showed a higher value as compared to that at 8 °C and it continued to increase during storage at 30°C and 40°C. At 8°C, BD and SB did not change significantly (Figure 3 B and C). At 30°C and 40°C, The change in BD and SB. BD was observed at a lower degree but SB was higher extent. The results were consistent with that of Kaminski *et al.* (2013) who demonstrated that PV, BD, and SB of flour from rice cv. BR-IRGA 410 continuously changed during storage at 0.5°C, 20°C, and 35°C for 180 days. Change in PV, BD and SB during rice aging might be related to starch and protein molecules and their interactions. When the protein molecular weight increased during aging due to oxidation of oryzenin, viscosity of the system could increase. Moreover, it was hypothesized that protein and starch interaction was increased during storage.

## Summary

Aging at 30 °C and 40 °C caused the rice quality, e.g. head rice yield, whiteness, and pasting properties of glutinous rice cv. RD 10 to change. The changes were more pronounced at higher storage temperatures.

## Literature cited


AACC, 2000, Method 61-02.01, Determination of the Pasting of Rice with the Rapid Visco Analyzer, In AACC, International Approved Methods of Analysis, 11th ed. AACC International, Saint Paul, MN, US.

AOAC, 2006, Method 925.10, Determination of the Moisture Content in Flour. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist, AOAC, Washington DC, US.

Chen, J.J., Lu, S. and Lii, C.Y., 1999, Effect of Milling Methods on the Physicochemical Characteristics of Waxy Rice in Taiwan. Cereal Chemistry, 76(5): 796-798.

Gibson, T.S., Solah, V.A. and McCleary, B.V., 1997, A Procedure to Measure Amylose in Cereal Starches and Flours with Concanavalin-A, Journal of Cereal Science, 25: 111-119.

Gregory, A.G., Toshitaka, U., Fumihiko, T. and Daisuke, H., 2008, Effect of Vapore from Fractionated Samples of Propolis on Microbial and Oxidation Damage of Rice during Storage, Journal of Food Engineering, 88(3): 341-352.

Juliano, B.O., 1985, Rice: Chemistry and Technology. 2d ed., American Association of Cereal Chemist, St. Paul, Minnesota.

Kaminski, T.A., Brackmann, A., Silva, L.P.A., Nicoletti, A.M. and Roberto, B.S., 2013, Changes in Culinary, Viscoamylographic and Sensory Characteristic during Rice Storage at Different Temperatures, Journal of Storaed Products Research, 53: 37-42.

Kim, D.C., 2002, Post Harvest Technology for High Quality Rice, Food Preservation and Processing Industry 1, 35-43.

Wiset, L., Laoprasert, P., Borompichaichartkul, C., Poomsa-ad, N. and Tulyathan, V., 2011, Effects of In-bin aeration Storage on Physicochemical Properties and Quality of Glutinous Rice Cultivar RD 6, Australian Journal of Crop Science, 5(6): 635-640.

Park, C.E., Kim, Y.S., Park, K.J. and Kim, B.K., 2012, Chenges in Physicochemical Characteristics of Rice during Storage at Different Temperature, Journal of Stored Products Research, 48: 25-29.

Soponronnarit, S., Chiawwet, M., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P. and Taechapairoj, P., 2008, Comparative Study of Physicochemical Properties of Accelerated and Naturally Aged Rice, Journal of Engineering, 85: 268-267.

Takeda, Y. and Hizukuri, S., 1987, Structure of Branched Molecules of Amyloses of Various Origins and Molar Fractions of Branched and Unbranched Molecules, Carbohydrate Research, 165:139-145.

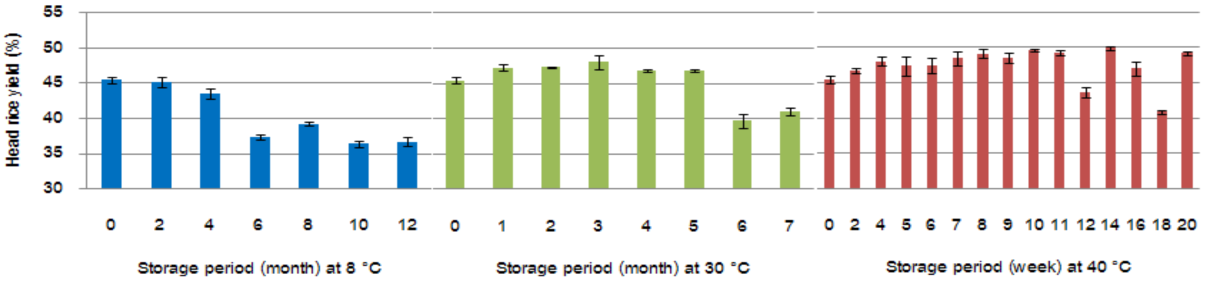



**Figure 1** Head rice yield of glutinous rice cv. RD 10 during storage at different temperature and time.

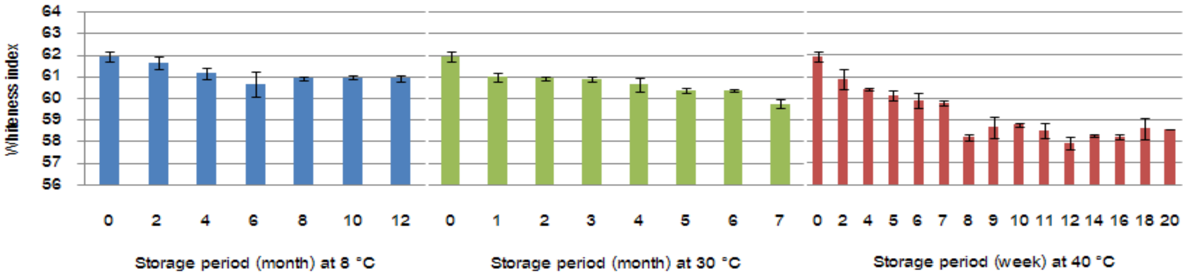
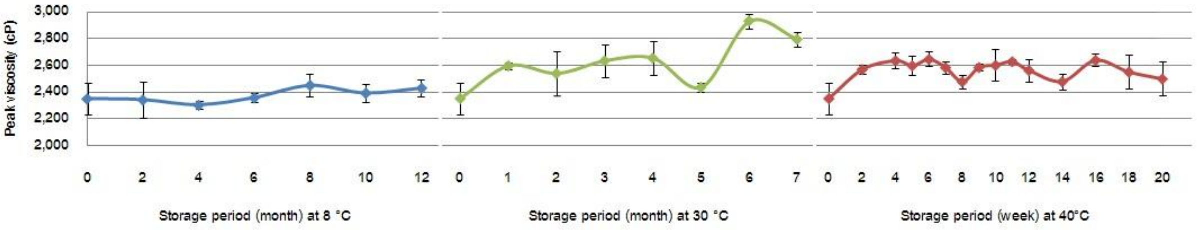
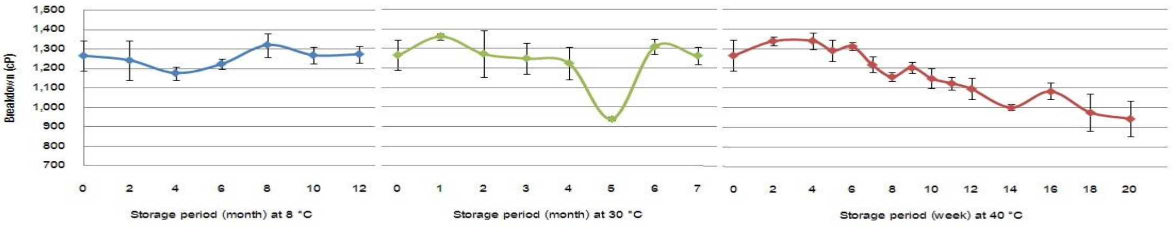


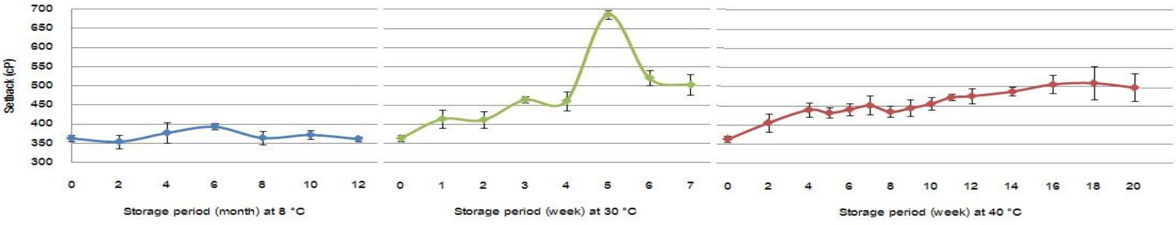

**Figure 2** Whiteness index of glutinous rice cv. RD 10 during storage at different temperature and time.




(A)




(B)




(C)

**Figure 3** Pasting properties of glutinous rice cv. RD 10 during storage at different temperature and time; (A) peak viscosity, (B) breakdown and (C) setback.

# ผลของการจัดการธาตุอาหารไนโตรเจนต่อการเติบโตและผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์

# Effects of Nitrogen Fertilizer Management on Growth and Biomass Productivity of Napier Grasses

**จักรินทร์ ม่วงปั้น[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1] สุขุมาลย์ เลิศมงคล[1] เอ็จ สโรบล[1] นพ ตัณมุขยกุล[1]**
**ปิยะนุช คำแว่น[1] อาทิตย์ พงษ์ทิพย์[1] และ จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี[1]**
Muangpan, J.[1], Thobunluepop, P.[1], Lertmongkol, S.[1], Sarobol, E.[1], Tonmukayakul, N.[1]
Kamwan, P.[1], Pongtip, A.[1] and Changkaewmanee, J.[1]

## Abstract

This experiment was aimed to study the effects of nitrogen fertilizer management on growth and biomass productivity of napier grasses for renewable energy utilization. The experiment was conducted in a split plot design with 3 replications. Main plots were six napier grass varieties (Pak chong1, King napier, Taiwan A148, Chiang-Rai2, Chiang-Rai3, and Tifton), and sub plots were four levels of nitrogen application rates (15, 30, 45, and 60 kg $NH_4^+$ $rai^{-1}yr^{-1}$). The experimental results were recorded 180 harvested days after first cut. Results showed that King napier grass produced the highest leaf: stem ratio (8 leaf $stem^{-1}$) and had the highest leaf area index (5.31). Tifton grass produced the highest number stem: clump (25 stem clump-1). Moreover, Tifton grass at nitrogen application rate at 30 kg $NH_4^+rai^{-1}year^{-1}$ produced the highest biomass yield (7.88 ton $rai^{-1}yr^{-1}$) and had the highest crop growth rate (0.0137 kg $m^{-2}day^{-1}$).

**Keywords:** biomass yield, nitrogen application rate, napier grass

## บทคัดย่อ

การทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการธาตุอาหารไนโตรเจนต่อการเติบโตและผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ 6 พันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ spilt plot จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยหลัก คือ หญ้าเนเปียร์ 6 พันธุ์(ปากช่อง 1 ไต้หวัน A 148 คิงเนเปียร์ เชียงราย 2 เชียงราย 3 และ ทิฟตัน) และปัจจัยรอง คือ ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับ (15 30 45 และ 60 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปี) ทำการบันทึกผลการศึกษาภายหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ180 วันหลังการตัดครั้งแรก ผลการทดลอง พบว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์คิงเนเปียร์ มีอัตราส่วนของใบต่อต้นสูงสุด คือ 8 ใบต่อต้น และมีอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูกสูงสุด (5.31) หญ้าเนเปียร์พันธุ์ทิฟตันมีจำนวนต้นต่อกอสูงสุด 25 ต้นต่อกอ ในขณะที่หญ้าเนเปียร์พันธุ์ทิฟตันที่ได้รับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 30 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปีให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด 7.88 ตันต่อไร่ต่อปี และมีค่าอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่สูงที่สุด 0.0137 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

**คำสำคัญ**: ผลผลิตชีวมวล ระดับปุ๋ยไนโตรเจน หญ้าเนเปียร์

## คำนำ

ปัจจุบันหญ้าเนเปียร์ถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบชีวมวลสำหรับการผลิตพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น เนื่องจากหญ้าเนเปียร์มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง สามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้งในหนึ่งรอบการปลูก พันธุ์หญ้าและการจัดการธาตุไนโตรเจนมีผลต่อผลผลิตชีวมวลของหญ้า (สายัณห์, 2547) การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืชสามารถทำได้โดยจัดการธาตุอาหารในอัตราที่เหมาะสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน เนื่องจากธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของโปรตีนที่ใช้สำหรับการแบ่งเซลล์ การยืดขยายของยอดและใบ รวมทั้งกิ่งก้านสาขาของพืช (ถวิล, 2531) หญ้าเนเปียร์ที่ได้รับอัตราธาตุไนโตรเจนที่สูงขึ้นทำให้มีปริมาณ จำนวนต้นต่อกอ ขนาดกอและผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลของหญ้าเนเปียร์เพิ่มสูงขึ้น (Tessema และคณะ, 2003) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และแบ่งใส่หลังการตัดหญ้าทุกครั้งให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 4,678 กิโลกรัมต่อไร่ (วีระศักดิ์ และคณะ 2547) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการธาตุอาหารไนโตรเจนต่อการเติบโตและผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ 6 พันธุ์เพื่อใช้ประโยชน์ด้านพลังงานทดแทน

---

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

## อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ 6 พันธุ์ในสภาพอาศัยน้ำฝนและในดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.5 ลักษณะเนื้อดินร่วนปนทราย มีปริมาณอินทรียวัตถุในระดับต่ำมาก (0.61%) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.04% ที่ตำบลวังม้า อำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์วางแผนการทดลองแบบ spilt plot in Randomized Completely Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยหลัก คือ หญ้าเนเปียร์ 6 พันธุ์ (ปากช่อง 1 ไต้หวัน A 148 คิงเนเปียร์ เชียงราย 2 เชียงราย 3 และ ทิฟตัน) และปัจจัยรอง คือ ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับ(15 30 45 และ 60 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปี) เตรียมพื้นที่ปลูกโดยการไถดะ 1 ครั้งและไถพรวน 1 ครั้ง แบ่งแปลงทดลองออกเป็น 72 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาด 6 x 4 เมตร กำหนดระยะปลูกภายในแปลงย่อยระยะ 1 x 1.5 เมตร มีจำนวนต้นในแต่ละแปลงย่อยจำนวน 16 ต้น ยกขอบแปลงย่อยให้มีความสูง 25 เซนติเมตรและมีระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 1 เมตร ปลูกต้นกล้าหญ้าเนเปียร์ที่ปักชำเป็นเวลา 30 วันลงในแปลงทดลองในวันที่ 25 พฤษภาคม 2557 ตัดครั้งแรกเพื่อเริ่มต้นการทดลองในวันที่ 25 กรกฎาคม 2557 ใส่ปุ๋ยรองพื้น(สูตร 15-15-15) ในอัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี โดยแบ่งใส่ทุกๆ 3 เดือน และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรีย (สูตร 46-0-0) ให้กับหญ้าเนเปียร์โดยใส่เพิ่มจากปริมาณธาตุไนโตรเจนที่หญ้าเนเปียร์ได้รับจากปุ๋ยรองพื้นให้ครบตามอัตราที่กำหนด แบ่งใส่ทุกๆ 2 เดือน เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 180 วันหลังการตัดครั้งแรก บันทึกผลการศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช ประกอบด้วย จำนวนต้นต่อกอ จำนวนใบต่อต้น จากนั้นนำตัวอย่างพืชมาอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บันทึกผลน้ำหนักแห้ง วิเคราะห์ ค่า leaf area index (LAI), net assimilation rate (NAR) และ crop growth rate(CGR) และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistix 8.0

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาจำนวนใบต่อต้นพบว่า หญ้าเนเปียรพันธุ์คิงเนเปียร์มีจำนวนใบต่อต้นสูงสุด 8 ใบต่อต้น แต่ไม่แตกต่างกันกับหญ้าเนเปียร์พันธุ์ไต้หวัน A 148 และหญ้าเนเปียร์พันธุ์เชียงราย 2 หญ้าเนเปียร์พันธุ์คิงเนเปียร์มีค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) สูงสุด 5.31 หญ้าเนเปียร์พันธุ์ทิฟตันมีจำนวนต้นต่อกอสูงสุด 25.83 ต้นต่อกอ หญ้าเนเปียร์พันธุ์ไต้หวัน A 148 มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสูงสุดแต่ไม่แตกต่างกับหญ้าเนเปียร์พันธุ์เชียงราย 2 หญ้าเนเปียร์พันธุ์เชียงราย 3 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ต่ำสุดที่ 3.4 กรัมต่อตารางเมตร ในขณะที่หญ้าเนเปียร์พันธุ์ทิฟตันมีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่สูงสุดที่ 10 กรัมต่อตารางเมตร หญ้าเนเปียร์พันธุ์เชียงราย 3 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลต่ำที่สุดที่ 1.93 ตันต่อไร่ต่อปี ในขณะที่หญ้าเนเปียร์พันธุ์ทิฟตันให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลสูงสุด 5.76 ตันต่อไร่ต่อปี สอดคล้องกันกับการทดลองของ Rengsirikul และคณะ (2013) ที่ทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ 8 พันธุ์ พบว่าหญ้าเนเปียร์พันธุ์ทิฟตันให้ผลผลิตสูงสุดที่ 58.3 ตันต่อเฮกแตร์ (Table 1)

ระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ 30 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปีมีจำนวนต้นต่อกอและผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์สูงสุดแต่ไม่แตกต่างกับระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ 45 และ 60 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปีสอดคล้องกับ จุรีรัตน์และคณะ (2530) ที่รายงานว่า ผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์สูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 32 และ 64 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ 30 และ 45 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปีมีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงกว่าระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ 15 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปีสอดคล้องกับการทดลองของ Amanullah และคณะ (2007) ซึ่งได้รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลทำให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น ระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ 30 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปีมีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ 15 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปี และระดับปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อจำนวนใบต่อต้นของหญ้าเนเปียร์ (Table 2)

อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ทิฟตันมีค่าอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่สูงทีสุด 13.7 กรัมต่อตารางเมตรแต่ไม่แตกต่างกันกับหญ้าเนเปียร์พันธุ์ทิฟตันที่ได้รับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 60 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปี (Table 3)

หญ้าเนเปียร์พันธุ์ทิฟตันที่ได้รับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 30 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปีให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ชีวมวลสูงสุด 7.88 ตันต่อไร่ต่อปีแต่ไม่แตกต่างกันกับหญ้าเนเปียร์พันธุ์ทิฟตันที่ได้รับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 60 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปี (Table 4)

## สรุปผล

หญ้าเนเปียร์พันธุ์คิงเนเปียร์มีอัตราส่วนของใบต่อต้นสูงสุด และมีอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูกสูงสุด หญ้าเนเปียร์พันธุ์ทิฟตันมีจำนวนต้นต่อกอสูงสุด ในขณะที่หญ้าเนเปียร์พันธุ์ทิฟตันที่ได้รับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 30 กิโลกรัมแอมโมเนียมไอออนต่อไร่ต่อปีให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดและมีค่าอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่สูงที่สุด

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานนโยบาย และแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (สนพ.) และบริษัท วิทัยไบโอเพาเวอร์ จำกัด สำหรับทุนสนับสนุนการทำวิจัย และขอขอบคุณ แปลงการทดลองภายใต้สภาพไร่นาเกษตรกรของบริษัท วิทัยไบโอเพาเวอร์ จำกัด ณ ตำบลวังม้า อำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์ และห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา และพืชพลังงาน ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ สำหรับการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

จุรีรัตน์ สัจจิพานนท์ ชะอ้อน สมเขาใหญ่ พูลศรี ศุภระรุจิและ ชาญชัย มณีดุลย์, 2530, การศึกษาระยะปลูกและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อผลผลิตของหญ้าเนเปียร์, รายงานการประชุมทางวิชาการ สาขาสัตว์ ครั้งที่ 25, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 29-35.

ยงยุทธ โอสถสภา, 2546, ธาตุอาหารพืช, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีระศักดิ์ จิโนแสง เกียรติสุรักษ์ โภคสวัสดิ์ สุวิทย์ อินทฤทธิ์และ จีรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์, 2547, ผลของอัตราปุ๋ยและระยะเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์แคระในชุดดินเรณู, รายงานผลงานวิจัยประจำปี2547, กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,กรุงเทพฯ, หน้า 55-78.

สายัณห์ ทัดศรี, 2547, พืชอาหารสัตว์เขตร้อนการผลิตและการจัดการ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ

Amanullah, M.J.H., Khalid, N. and Ali, A., 2007, Response of Specific Leaf Area (SLA), Leaf Area Index (LAI) and Leaf Area Ratio (LAR) of Maize (*Zea mays* L.) To Plant Density, Rate and Timing of Nitrogen Application, World Applied Journal, 2(3): 235-243.

Rengsirikul, K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamanee, G. and Tudsri, S., 2013, Biomass Yield, Chemical Composition and Potential Ethanol Yields of 8 Cultivars of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) Harvested 3-Monthly in Central Thailand, Journal of Sustainable Bioenergy System, 3: 107-112.

Tessema, M., Rahman, M. and Urquiaga, S., 2003, Effect of Clipping Interval and Nitrogen Fertilizer on Oxalate Content in Pot-grown Napier Grass, Tropical Grasslands, 43: 73-78.

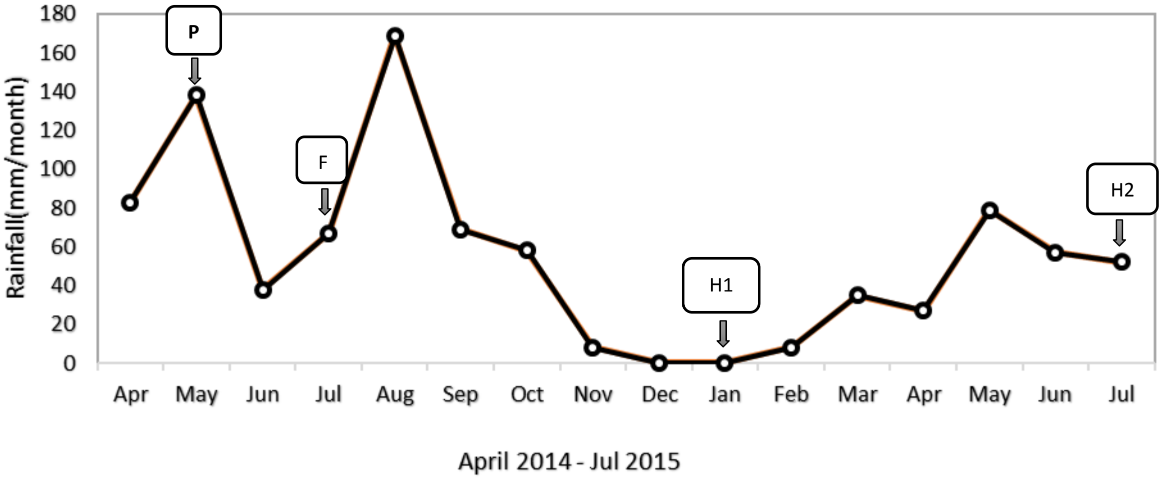



Figure 1 Monthly Rainfall in April 2014 – July 2015, P = Planting; F = First cut; H1 – H2 = harvesting

**Table 1** Influence of varieties on leaf: stem ratio, number stem: clump, biomass yield, leaf area index, net assimilation rate (NAR) and crop growth rate (CGR)

| varieties | leaf: stem ratio | number stem: clump | biomass yield (ton $rai^{-1}yr^{-1}$) | LAI | NAR ($g\ m^{-2}$) | CGR ($g\ m^{-2}day^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pak chong1 | 6.67bc | 14.82bcd | 4.05b | 1.85bc | 5.23b | 6.9b |
| Taiwan A148 | 7.42ab | 14.51cd | 3.82b | 1.10c | 8.41a | 6.7b |
| King napier | 8.00a | 18.05b | 4.56b | 5.31a | 2.28c | 8.2ab |
| Chiang-Rai2 | 7.38ab | 17.44bc | 3.78b | 1.85bc | 7.74a | 6.6b |
| Chiang-Rai3 | 6.37c | 12.95d | 1.93c | 1.19c | 3.54bc | 3.4c |
| Tifton | 7.15ab | 25.83a | 5.76a | 2.43b | 5.26b | 10.0a |

- Means in each column with the same are not different at $P<0.05$

**Table 2** Influence of nitrogen application rate on leaf: stem ratio, number stem: clump, biomass yield, leaf area index, net assimilation rate (NAR) and crop growth rate (CGR)

| nitrogen application rate (kg $NH_4^+rai^{-1}yr^{-1}$) | Leaf: stem ratio | number stem: clump | biomass yield (ton $rai^{-1}yr^{-1}$) | LAI | NAR ($g\ m^{-2}$) | CGR ($g\ m^{-2}day^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 6.92a | 15.00b | 2.94b | 1.53b | 7.31a | 5.49b |
| 30 | 7.42a | 18.11a | 4.65a | 2.98a | 3.42b | 7.98a |
| 45 | 7.07a | 18.09a | 4.30a | 2.81a | 3.64b | 7.44ab |
| 60 | 7.24a | 17.87a | 4.04a | 1.83b | 7.27a | 6.93ab |

- Means in each column with the same are not different at $P<0.05$

**Table 3** Influence of varieties and nitrogen application rate on crop growth rate (CGR) ($g\ m^{-2}day^{-1}$)

| varieties | nitrogen application rate (g $NH_4^+rai^{-1}yr^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 15 | 30 | 45 | 60 |
| Pak chong1 | 5.3defg | 6.6bcde | 9.5bcd | 5.8cdefg |
| Taiwan A148 | 6.4bcdef | 7.1bcde | 6.5bcde | 6.9bcde |
| King napier | 7.9bcde | 9.0abcde | 9.8bc | 5.8cdefg |
| Chiang-Rai2 | 5.0efg | 6.6bcde | 7.7bcde | 7.1bcde |
| Chiang-Rai3 | 1.6fg | 4.9efg | 1.6g | 5.2defg |
| Tifton | 6.7bcde | 13.7a | 8.9bcde | 10.7ab |

- Means in the same letter are not significantly at LSD 0.05

**Table 4** Influence of varieties and nitrogen application rate on biomass yield (ton $rai^{-1}yr^{-1}$)

| varieties | nitrogen application rate(kg $NH_4^+rai^{-1}yr^{-1}$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 15 | 30 | 45 | 60 |
| Pak chong1 | 3.03de | 4.16bcd | 5.67bc | 3.33cde |
| Taiwan A148 | 3.36cde | 4.06bcd | 3.87bcd | 3.98bcd |
| King napier | 3.57cd | 5.19bcd | 5.80bc | 3.70bcd |
| Chiang-Rai2 | 2.85de | 3.78bcd | 4.40bcd | 4.08bcd |
| Chiang-Rai3 | 0.96e | 2.83de | 0.94e | 2.99de |
| Tifton | 3.85bcd | 7.88a | 5.14bcd | 6.18ab |

- Means in the same letter are not significantly at LSD 0.05

# ผลของการจัดการรอบการเก็บเกี่ยวต่อการเติบโต และผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์

## Effects of Harvesting Interval on Growth and Biomass Yield of Napier Grasses

**อาทิตย์ พงษ์ทิพย์[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1] เอ็จ สโรบล[1] สุขุมาลย์ เลิศมงคล[1] นพ ตัณมุขยกุล[1] จักรินทร์ ม่วงปั้น[1] ปิยะนุช คำแว่น[1] และ จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี[1]**

Pongtip. A.[1], Thobunluepop, P.[1], Saropol, E.[1], Lertmongkol, S.[1], Tonmukayakul, N.[1], Muangpan, J.[1], Kamwean, P.[1] and Changkaewmanee, J.[1]

### Abstract

The objective of this study was to determine the effect of harvesting interval on growth and biomass yield of napier gasses for renewable energy. The experiment was a split plot arranged in a Randomized Completely Block Design (RCBD) with three replications. The main plot were six napier grass varieties (Pakchong 1; PC1, Kingnapier; KN, Taiwan A148; TA, Tifton; TF, Chiang Rai2; CR2 and Chiang Rai3; CR3) and sub plot were three cutting intervals (120, 180 and 240 days). Results showed that napier grasses harvested at 120 days had the highest biomass yield of 5.85 ton $r^{-1}$ $year^{-1}$, Leaf Area Index (LAI) (7.67), highest Crop Growth Rate (CGR) (16.64 g $m^{-2}$ $day^{-1}$) and highest leaf: stem ratio (12 leaf $stem^{-1}$). Moreover, napier grasses harvested at 180 days had the highest Net Assimilation Rate (NAR) (6.14 g $m^{-2}$ $day^{-1}$). Napier grasses harvested at 240 days had the highest number stems: clump (19 stem $clump^{-1}$). Tipton and Taiwan A148 had the highest Net Assimilation Rate (NAR) of 6.18 and 5.82 Kg $m^{-2}$ $day^{-1}$, respectively.

**Keywords:** biomass yield, growth, harvesting interval, napier grass

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดการรอบการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อการเติบโต ผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์สำหรับพลังงานทดแทน โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ สิ่งทดลองประกอบด้วย ปัจจัยหลัก คือ หญ้าเนเปียร์ 6 พันธุ์ (ปากช่อง 1 คิงเนเปียร์ ไต้หวัน เอ148 ทิฟตัน เชียงราย 2 และเชียงราย 3) และ ปัจจัยรอง คือ ระยะการเก็บเกี่ยวจำนวน 3 ระยะ (120 180 และ 240 วันหลังการตัดครั้งแรก) ผลการศึกษา พบว่าการเก็บเกี่ยวทุกๆ 120 วันหลังการตัดครั้งแรกมีผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลสูงสุด คือ 5.58 ตันต่อไร่ต่อปี อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูกสูงสุด 7.67 ค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งที่พืชสร้างขึ้นมาต่อหน่วยพื้นที่ที่ปลูกสูง คือ 16.64 กรัมต่อตารางเมตรต่อระยะเวลาการตัด และอัตราส่วนใบต่อต้นมากที่สุด 12 ใบต่อต้น ส่วนการเก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 180 วันหลังการตัดครั้งแรก นั่นมีค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบทั้งหมดต่อเวลามากที่สุด 6.14 กรัมต่อตารางเมตรต่อระยะเวลาการตัด และด้านการเก็บเกี่ยวที่ระยะการตัดทุกๆ 240 วันหลังการตัดครั้งแรก มีค่าจำนวนต้นต่อกอมากที่สุด 19 ต้นต่อกอ และพันธุ์ไต้หวัน เอ148 และทิฟตันมีค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบทั้งหมดต่อเวลามากที่สุด 6.18 และ 5.82 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อระยะเวลาการตัด

**คำสำคัญ:** การเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล ระยะการเก็บเกี่ยว หญ้าเนเปียร์

### คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานสำหรับการดำเนินชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้น เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและพลังงานทดแทน เป็นต้น โดยเฉพาะอัตราการใช้พลังงานทดแทนมีความต้องการเพิ่มขึ้นในปี 2556 ร้อยละ 4.7 (กระทรวงพลังงาน, 2556) ประเทศไทยจึงมีการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนที่มาจาก พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานชีวภาพมากขึ้น เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมเป็นหลัก จึงสามารถปลูกและผลิตพืชสำหรับเป็นวัตถุดิบการผลิตพลังงานชีวภาพได้ ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกร้อยละ 25 ใน 10 ปี พ.ศ. 2555-2564 มีความต้องการพลังงานทดแทนจากพลังงานชีวมวลในปี 2564 ประมาณ 3,630 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

[1] **ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900**

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture Kasetsart University, Bangkok 10900

(กระทรวงพลังงาน, 2555) แต่การใช้วัสดุชีวมวลในปัจจุบัน คือ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น แกลบ และกากอ้อย เป็นต้น (วันชนะ, 2556) ซึ่งปัจจุบันมีราคาสูง ไม่เพียงพอต่อความต้องการ และมีอุปสรรคในการรวบรวม ทำให้ปัจจุบันควรมีหาพืชโตเร็วสำหรับการผลิตพลังงานชีวมวล เช่น หญ้าเนเปียร์ *Pennisetum purpureum* (Schumach) (สายัณห์, 2547) เป็นต้น แต่หญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์นั้นมี ลักษณะประจำพันธุ์ ผลผลิตวัตถุชีวมวลที่แตกต่างกัน (Rengsirikul และคณะ, 2013) เช่นเดียวกันระยะเวลาเก็บเกี่ยวส่งผลให้พันธุ์หญ้าเนเปียร์แต่ละชนิดเพิ่มอัตราผลผลิตวัตถุชีวมวล (Rengsirikul และคณะ, 2011) ดังนั้นวัตถุประสงค์การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดการรอบการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อการเติบโต ผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์สำหรับพลังงานทดแทน

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ 6 สายพันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD มี 3 ซ้ำ โดยประกอบด้วยปัจจัยหลัก หญ้าเนเปียร์ 6 พันธุ์ คือ ปากช่อง 1 คิงเนเปียร์ ไต้หวัน เอ148 ทิฟตัน เชียงราย 2 และเชียงราย 3 และ ปัจจัยรองระยะการเก็บเกี่ยวจำนวน 3 ระยะ คือ 120 180 และ 240 วันหลังการตัดครั้งแรก ปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์เพาะในถุงเพาะ และนำไปปลูกลงแปลง 16 ต้นต่อ 1 แปลงย่อย โดยพืชมีระยะระหว่างแถว 1.5 เมตร และระยะระหว่างต้น 1.0 เมตร แปลงทดลองย่อย (plot experiment) มีขนาด 24 ตารางเมตร ปลูกต้นกล้าหญ้าเนเปียร์ในถุงปักชำเป็นเวลา 30 วันก่อนลงในแปลงทดลองในวันที่ 25 พฤษภาคม 2557 ตัดครั้งแรกเพื่อเริ่มต้นการทดลองในวันที่ 25 กรกฎาคม 2557 การใส่ปุ๋ยธาตุอาหารสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กิโลกรัมปุ๋ยต่อไร่ ทุก 3 เดือน และใส่ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ในอัตรา 65.28 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ทุก 2 เดือน โดยมีการสุ่มตัดตัวอย่าง ที่ระยะการตัด 120 180 และ 240 วันหลังการตัดครั้งแรก โดยมีการวัดความสูงโดยใช้ไม้สต๊าฟ (staff) นับจำนวนต้นต่อกอ ใบต่อต้น และมีการเก็บพื้นที่ใบเพื่อใช้คำนวนหาลักษณะทางสรีรวิทยา และมีการตัดต้นหญ้าด้วยมีดหรือเคียวที่ระยะ 15 เซนติเมตรเหนือพื้นดิน มีการชั่งน้ำหนักทั้ง 16 ต้น และมีการสุ่มตัวอย่างมาแยกต้นและใบเพื่อชั่งน้ำหนักสดของใบ และน้ำหนักสดของต้น และนำใบและต้นที่แยกไว้มาอบที่ตู้อบอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บันทึกผลน้ำหนักแห้ง วิเคราะห์ ค่า leaf area index (LAI), net assimilation rate(NAR) และ crop growth rate (CGR) และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistix 8.0 โดยทำการทดลองภายใต้สภาพไร่นาเกษตรกร ในสภาพอาศัยน้ำฝน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 683 มิลลิเมตรต่อปี และในดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.3 ลักษณะเนื้อดินทรายร่วน มีปริมาณอินทรียวัตถุในระดับต่ำมากร้อยละ 94 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 0.04 ณ ตำบลวังม้า อำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์ และห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา และพืชพลังงาน ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การปลูกหญ้าเนเปียร์ 6 พันธุ์ เปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่า พันธุ์เชียงราย 2 มีอัตราส่วนของใบต่อต้นสูงสุด คือ 13 ใบต่อต้น ซึ่งมีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับพันธุ์อื่นๆ พันธุ์ไต้หวัน เอ 148 และทิฟตันมีค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบทั้งหมดต่อเวลามากที่สุด 6.18 และ 5.82 กรัมต่อตารางเมตรต่อระยะเวลาการตัดตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับพันธุ์อื่นๆ (Table 1) เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรมของหญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์มีอัตราส่วนของใบต่อต้นแตกต่างกัน (สายัณห์, 2547) แต่พันธุ์ที่มีอัตราส่วนใบต่อต้นมากส่งผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสุทธิน้อยลงเนื่องจากเกิดการบดบังแสงของใบ ส่งผลให้พันธุ์พันธุ์ที่มีใบน้อยกว่ามีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงกว่า (เฉลิมพล, 2542) แต่การเปรียบเทียบหญ้าเนเปียร์ 6 พันธุ์ด้วย F-test พบว่าจำนวนต้นต่อกอ น้ำหนักแห้งชีวมวล อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูก และค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งที่พืชสร้างขึ้นมาต่อหน่วยพื้นที่ที่ปลูก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) เพราะว่าหญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์อาจเจริญเติบโตไม่เต็มศักยภาพของพันธุ์ เนื่องจากถูกจำกัดด้วยปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น ภูมิอากาศ (อุณหภูมิ และประมาณน้ำฝน) สภาพดิน (ความเป็นกรดด่าง ความอุดมสมบูรณ์ของดิน) เป็นต้น (สายัณห์, 2547) เช่นเดียวกับงานทดลองการปลูกหญ้า เนเปียร์ในพื้นที่ชุ่มน้ำ ซึ่งเป็นข้อจำกัดการเติบโต จึงส่งผลให้ผลผลิตชีวมวลน้อยกว่าพื้นที่ที่มีการจัดการระบบน้ำ (อาทิตย์ และคณะ, 2556) ปัจจัยระยะการเก็บเกี่ยวของหญ้าเนเปียร์ที่มีผลต่อผลผลิต พบว่า ระยะการเก็บเกี่ยวที่ 120 วันหลังการตัดครั้งแรก มีอัตราส่วนของใบต่อต้นสูงสุด คือ 12 ใบต่อต้น และผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลสูงสุด คือ 5.58 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งมีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับระยะการเก็บเกี่ยวอื่นๆ เช่นเดียวกับด้านสรีรวิทยาของระยะการเก็บเกี่ยวของหญ้าเนเปียร์

พบว่า ระยะการเก็บเกี่ยวที่ 120 วันหลังการตัดครั้งแรก มีอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูกสูงสุด คือ 7.67 และค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งที่พืชสร้างขึ้นมาต่อหน่วยพื้นที่ที่ปลูกสูงสุด คือ 16.64 กรัมต่อตารางเมตรต่อระยะเวลาการตัด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับระยะการเก็บเกี่ยวอื่นๆ (Table 2) เนื่องจากอัตราส่วนใบต่อต้น และอัตราส่วนใบต่อพื้นที่ปลูกสูง มีอิทธิผลต่อการสร้างน้ำแห้งต่อพื้นที่ปลูก และผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลสูงสุด เช่นเดียวกับงานทดลองของ Rengsirikul และคณะ (2011) พบว่า การปลูกหญ้าเนเปียร์ที่ระยะการตัดที่ต่ำมีน้ำหนักแห้งใบ และผลผลิตชีวมวลสูงกว่าระยะการตัดที่สูง เนื่องจากระยะการตัดที่สูงมีอัตราการตายของใบเพิ่มขึ้น และระยะการเก็บเกี่ยวที่ 240 วันหลังการตัดครั้งแรก มีจำนวนต้นต่อกอสูง 19 ต้นต่อกอ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับระยะการเก็บเกี่ยวอื่นๆ (Table 2) เนื่องจากมีการแตกหน่อลำต้นใหม่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับอายุเก็บเกี่ยวที่สูงขึ้นจาก 60 วัน เป็นอายุเก็บเกี่ยวที่ 120 วัน จำนวนของต้นมีปริมาณเพิ่มขึ้น (Ansah และคณะ, 2010) แต่ขัดแย้งกับงานวิจัยของ Rengsirikul และคณะ (2011) พบว่า การปลูกหญ้าเนเปียร์ธรรมดาระยะการตัดที่ 1 เดือนมีจำนวนต้นต่อพื้นที่สูงและลดลงที่ระยะการตัดที่ 2 3 และ 6 เดือน และเพิ่มขึ้นในระยะที่ 12 เดือน และระยะการเก็บเกี่ยวที่ 180 วันหลังการตัดครั้งแรก มีค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบทั้งหมดต่อเวลาสูงสุด คือ 6.14 กรัมต่อตารางเมตรต่อระยะเวลาการตัด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับระยะการเก็บเกี่ยวอื่นๆ (Table 2) เนื่องจากมีอัตราส่วนใบต่อพื้นที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์แสง เพราะว่าไม่มีการบดบังของใบ และมีการกระจายตัวของแสงได้ดี (เฉลิมพล, 2542)

## สรุปผล

การทดลองการปลูกหญ้าเนเปียร์ ปัจจัยของของพันธุ์ที่แตกต่างไม่มีผลต่อการเติบโต และผลผลิตชีวมวล แต่ปัจจัยของระยะการเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลต่อการเติบโต และผลผลิตชีวมวล โดยระยะการเก็บเกี่ยวที่ 120 วันหลังตัดครั้งแรกเป็นปัจจัยที่ทำให้จำนวนใบต่อต้น ผลผลิตชีวมวล อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูก และค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งที่พืชสร้างขึ้นมาต่อหน่วยพื้นที่ที่ปลูกสูงสุด ปัจจัยระยะการเก็บเกี่ยวที่ 180 วันหลังการตัดครั้งแรก มีค่าค่าอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบทั้งหมดต่อเวลาสูงสุด และปัจจัยระยะการเก็บเกี่ยวที่ 240 วันหลังการตัดครั้งแรก มีค่าจำนวนต้นต่อกอสูงสุด

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานโยบาย และแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน และบริษัท วิทัยไบโอเพาเวอร์ จำกัด สำหรับทุนสนับสนุนการทำวิจัย และขอขอบคุณ แปลงการทดลองภายใต้สภาพไร่นาเกษตรกรของบริษัท วิทัยไบโอเพาเวอร์ จำกัด ณ ตำบลวังม้า อำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์ และห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา และพืชพลังงาน ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ สำหรับการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน, 2555, แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555 –2564) [สืบค้น], www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25.pdf [20/July/15].

กระทรวงพลังงาน, 2556, สถิติพลังงานของประเทศไทย 2556 [สืบค้น], http://www.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/report13/statistics2556r_p.pdf [25/October/14].

เฉลิมพล แซมเพชร, 2542. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่, โครงการตำรามหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

วันชนะ มาลีรัตน์, 2556, พลังงานชีวมวล (Biomass Energy) [สืบค้น], http://www.siamtown-us.com/New-1102000125-1.aspx [5/July/15].

สายัณห์ ทัดศรี, 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อาทิตย์ พงษ์ทิพย์, ปิติพงษ์ โตบันลือภพ, นพ ตัณมุขยกุล, ประณต มณีอินทร์, จักรินทร์ ม่วงปั้น และจุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี, 2557, สรีระวิทยา ผลผลิตชีวมวล และผลผลิตเชิงพลังงานของหญ้าพลังงานภายใต้สภาพพื้นที่ชุ่มน้ำ และมีการจัดการน้ำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45(พิเศษ): 301-304

Anash, T., Osafo, E.L.K and Hansen, H.H., 2010, Herbage Yield and Chemical Composition of Four Varieties of Napier (*Pennisetum purpureum)* Grass Harvested at Three Different Days after Planting, Agriculture and Biology Journal of North America, 1: 923-929.

Rengsirikul, K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Pripanapong, P., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamanee, G. and Tudsri, S., 2011, Effects of Inter-cutting Interval on Biomass Yield, Growth Components and Chemical Composition of Napier Grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) Cultivars as Bioenergy Crops in Thailand, Grassland Science, 57: 135-141.

Rengsirikul, K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamanee, G. and Tudsri, S., 2013, Biomass Yield, Chemical Composition and Potential Ethanol Yields of 8 Cultivars of Napier-grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) Harvested 3-Monthly in Central Thailand, JSBS, 03: 107-112.

**Table 1** Comparison of varieties on leaf: stem ratio (L:S), number stem: clump (S:C), biomass yield, Crop Growth Rate (CGR), Leaf Area Index (LAI) and Net Assimilation Rate (NAR)

| factor | L:S | S:C | biomass yield (ton $r^{-1}$ $year^{-1}$) | LAI | NAR (Kg $m^{-2}$ $day^{-1}$) | CGR (Kg $m^{-2}$ $day^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PC1 | 11 b | 17 | 4.70 | 4.74 | 3.62 bc | 15.53 |
| KN | 10 b | 15 | 3.45 | 4.78 | 2.42 c | 10.70 |
| TW | 10 b | 16 | 3.60 | 3.51 | 6.18 a | 10.96 |
| TT | 8 c | 20 | 3.25 | 2.55 | 5.82 a | 12.36 |
| CR2 | 13 a | 17 | 4.07 | 6.81 | 3.90 b | 13.66 |
| CR3 | 10 b | 18 | 3.62 | 6.51 | 2.30 c | 12.70 |
| F-test | ** | n.s | n.s | n.s | ** | n.s |

ns: no significantly different and **: significantly different at $P \leq 0.01$

a, b, c, d and e compared with LSD ($P<0.05$) PC1: Pakchong 1, KN: Kingnapier, TW: Taiwan A148, TT: Tifton, CR2: Chiang Rai2 and CR3: Chiang Rai3

**Table 2** Comparison of harvesting interval on leaf: stem ratio (L:S), number stem: clump (S:C), biomass yield, Crop Growth Rate (CGR), Leaf Area Index (LAI) and Net Assimilation Rate (NAR)

| factor | L:S | S:C | biomass yield (ton $r^{-1}$ $year^{-1}$) | LAI | NAR (g $m^{-2}$ $day^{-1}$) | CGR (g $m^{-2}$ $day^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 120 day | 12.a | 17 ab | 5.58 a | 7.67 a | 2.75 b | 16.64 a |
| 180 day | 8 c | 16 b | 3.69 b | 3.15 b | 6.14 a | 11.59 b |
| 240 day | 11 b | 19 a | 2.08 c | 3.64 b | 3.23 b | 9.73 b |
| F-test | ** | * | ** | * | ** | * |

*: significantly different at $P \leq 0.05$ and **: significantly different at $P \leq 0.01$

a, b, c, d and e compared with LSD ($P<0.05$) 120 day, 180 day and 240 day; Harvesting interval 120, 180 and 240 day after first cutting, respectively

# การจัดการระยะปลูกต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์

# Crop Spacing Management on Growth and Biomass Yield of Napier Grass

**จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1] เอ็จ สโรบล[1] นพ ตัณมุขยกุล[1]**
**ปิยะนุช คำแว่น จักรินทร์ ม่วงปั้น[1] และ อาทิตย์ พงษ์ทิพย์[1]**
Changkaewmanee, J.[1], Thobunluepop, P.[1], Saropol, E.[1], Tonmukayakul, N.[1],
Kamwean, P.[1], Muangpan, J.[1] and Pongtip, A.[1]

## Abstract

The study was aimed to evaluate the crop spacing of napier grass to improve crop growth and biomass yield for renewable energy. Split - plot in Randomized Complete Block Design (RCBD) with 3 replications. Was used as experimental design main plot was four crop spacing management (0.6x1.5x0.6m, 1.5x0.75m, 1.5x1m and 1.5x1.5m). Sub-plot was six napier grass variety (Pak chong1, King napier, Taiwan A148, Tifton, Chiang-Rai2 and Chiang-Rai3).The parameters were recorded at 180 days after first cut. The results showed that highest of and highest of Crop Growth Rate (CGR) was found in the spacing of the 0.6x1.5x0.6m (1.84 g $m^{-2}$). Net Assimilation Rate (NAR) was found in the spacing of 1.5x1 m (0.31 g $m^{-2}$). Pak chong1, King napier, Taiwan A148, Chiang-Rai2 and Chiang-Rai3 has leaves per stem high is 8 and 9 leaves. Pak chong1 and Taiwan A148 had high plant height is 4.05 and 4.13m. Taiwan A148 has high Net Assimilation Rate (NAR) (2.98 g $m^{-2}$) and Pak chong1 has high Crop Growth Rate (CGR) (1.52 g $m^{-2}$) and high LAI (1.28)
**Keywords:** napier grass, spacing, growth, biomass yield

## บทคัดย่อ

งานวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาหาอิทธิพลของการจัดการระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตชีวมวลของหญ้าเนเปียร์ เพื่อการใช้ประโยชน์ด้านพลังงานทดแทน วางแผนการทดลองแบบ Split-plot in Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยหลักได้แก่ ระยะปลูก 4 ระยะ คือ 0.6x1.5x0.6, 1.5x0.75, 1.5x1 และ 1.5x1.5 เมตร ปัจจัยรองคือ พันธุ์หญ้าเนเปียร์ 6 พันธุ์ คือ ปากช่อง 1 คิงเนเปียร์ ไต้หวัน A148 ทริฟตัน เชียงราย2 และเชียงราย3 เก็บข้อมูลเมื่อหญ้าเนเปียร์มีอายุ 180 วันหลังการตัดครั้งแรก ผลการศึกษา พบว่า ในระยะปลูกที่ 0.6x1.5x0.6 เมตร มีการสร้างน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ปลูกสูงสุดที่ 1.84 กรัมต่อตารางเมตร ในระยะปลูกที่ 1.5x1 เมตร มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสูงสุดที่ 3.10 กรัมต่อตารางเมตร ในหญ้าพันธุ์ปากช่อง1 คิงเนเปียร์ ไต้หวัน A148 เชียงราย2 และเชียงราย3 ให้จำนวนใบต่อต้นมากที่สุดที่ 9 และ 8 ใบ ในหญ้าพันธุ์ปากช่อง1 และพันธุ์ไต้หวัน A148 มีความสูงต้นสูงที่สุด ที่ 4.05 และ 4.13 เมตร ในหญ้าพันธุ์ไต้หวัน A148 ให้ค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสูงสุดที่ 2.98 กรัมต่อตารางเมตร ในหญ้าพันธุ์ปากช่อง1 ในอัตราการสะสมน้ำหนักสูงสุดที่ 1.52 กรัมต่อตารางเมตร และมีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดที่ 1.28
**คำสำคัญ:** หญ้าเนเปียร์ ระยะปลูก การเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล

## คำนำ

พืชตระกูลหญ้าเนเปียร์ *Pennisetum* spp. ใช้เป็นอาหารสัตว์ เป็นหญ้าที่มีอัตราการเติบโตเร็ว มีหลายพันธุ์ ลำต้นสูงได้ถึง 3-4 เมตร แตกกอดี เก็บเกี่ยวง่าย และหลังจากเก็บเกี่ยวยิ่งแตกกอมาขึ้นอีกในรอบต่อไป ถ้ามีการจัดการที่เหมาะสม อาจเก็บผลผลิตได้นานถึง 60-100 ตัน/ปี (สายัณห์, 2547) ในปัจจุบันมีการนำหญ้าเนเปียร์มาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงาน มีการแนะนำเกี่ยวกับระยะการปลูกหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นอาหารสัตว์ ที่ระยะ 1.2x0.8 เมตร (ไกรลาศ และคณะ, 2556) ซึ่งการปลูกเพื่อเป็นวัตถุดิบพลังงานจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรทำงาน เช่น การใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืช แทนการใช้แรงงานคน ดังนั้น ระยะการปลูกที่แนะนำไว้ไม่เหมาะสมต่อการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตร ทั้งนี้ ความแตกต่างของระยะปลูกมีผลต่อการการสะสมน้ำหนักแห้ง Bhatti และคณะ (1985) ได้รายงานเกี่ยวกับความสามารถในการสะสม

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

น้ำหนักแห้งของหญ้าเนเปียร์ ในระยะปลูกที่ 0.5x05 เมตร 0.6x0.6 เมตร และ 0.7x0.7 เมตร พบว่า ในระยะปลูกที่ 0.5x05 เมตร หญ้ามีการสะสมน้ำหนักแห้งมากกว่าอีก 2 ระยะปลูกที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ คือได้ผลผลิตเฉลี่ย 18.91 ตันต่อเฮกแตร์ เพราะการปลูกพืชในระยะชิดจะให้จำนวนประชากรต่อพื้นที่มาก การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงระยะปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์เพื่อใช้เป็นพลังงาน

## อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ 6 พันธุ์ คือ ปากช่อง 1 คิงเนเปียร์ ไต้หวัน A148 ทริฟตัน เชียงราย2 และเชียงราย3 ภายใต้สภาพแปลงเกษตรกร โดยอาศัยน้ำฝน ที่ตำบลวังม้า อำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot in a Randomized Completely Block design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ประกอบด้วยปัจจัยหลักได้แก่ ระยะปลูก 4 ระยะ คือ 0.6x1.5x0.6 1.5x0.75 1.5x1 และ 1.5x1.5 เมตร ปัจจัยรองคือ พันธุ์หญ้าเนเปียร์ 6 พันธุ์ คือ ปากช่อง 1 คิงเนเปียร์ ไต้หวัน A148 ทริฟตัน เชียงราย2 และเชียงราย3 เก็บข้อมูลเมื่อหญ้าเนเปียร์มีอายุ 180 วันหลังการตัดครั้งแรก โดยใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ ทุก 3 เดือน และใส่ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ในอัตรา 65.28 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ โดยแบ่งใส่ทุกๆ 2 เดือน เมื่อมีหญ้ามีอายุ 180 วัน ดำเนินการเก็บผลผลิต โดยบันทึกจำนวนต้นต่อกอ จำนวนใบต่อต้น ความสูง น้ำหนักแห้ง และคำนวณค่า leaf area index, net assimilation rate, crop growth rate จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ $P<0.05$ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Statistix 8.0

## ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโต พบว่า ระยะปลูกที่ 0.6x1.5x0.6m 1.5x0.75m 1.5x1m และ 1.5x1.25m ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนใบต่อต้น และความสูงต้นที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

ระยะปลูกที่ 0.6x1.5x0.6m ให้อัตราการสังเคราะห์แสงแตกต่างกันทางสถิติกับระยะปลูกที่ 1.5x1.25m ที่ 1.84 และ 0.50 g $cm^{-2}$ ตามลำดับ ในระยะปลูกที่ 1.5x1m ให้ค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงแตกต่างกันทางสถิติกับระยะปลูกที่ 1.5x1m ที่ 3.10 และ 0.74 g $cm^{-2}$ ตามลำดับ ระยะปลูกที่ 0.6x1.5x0.6m 1.5x0.75m 1.5x1m และ 1.5x1.25m ให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

ในหญ้าพันธุ์ปากช่อง1 คิงเนเปียร์ ไต้หวัน A148 ทิฟตัน เชียงราย2 และเชียงราย3 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง และจำนวนต้นต่อกอไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในหญ้าพันธุ์ ปากช่อง1 คิงเนเปียร์ ไต้หวัน A148 เชียงราย2 และเชียงราย3 ให้จำนวนใบต่อต้นแตกต่างกันทางสถิติกับหญ้าพันธุ์ทริฟตัน ที่ 9 9 8 8 8 และ 6 ใบ ตามลำดับ หญ้าพันธ์ปากช่อง1 และพันธุ์ไต้หวัน A148 มีความสูงของต้นแตกต่างกันทางสถิติกับหญ้าพันธุ์คิงเนเปียร์ ทริฟตัน และเชียงราย3 ที่ 4.05 4.13 3.51 3.39 และ 3.74 เมตร ตามลำดับ (Table 3)

ในหญ้าพันธุ์ไต้หวัน A148 ให้ค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง (NAR) แตกต่างกันทางสถิติกับหญ้าพันธุ์ คิงเนเปียร์ ที่ 2.98 และ 1.00 g $cm^{-2}$ ตามลำดับ ในหญ้าพันธุ์ปากช่อง1 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งแตกต่างกันทางสถิติกับหญ้าพันธุ์เชียงราย2 ที่ 1.52 และ 0.94 g $m^{-3}$ ตามลำดับ ในหญ้าพันธุ์ปากช่อง1 ให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติกับหญ้าพันธุ์ไต้หวัน A148 ทริฟตัน และเชียงราย2 ที่ 1.28 0.56 0.64 และ0.57 ตามลำดับ (Table 4)

## วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ที่ระยะ 0.6x1.5x0.6m 1.5x0.75m 1.5x1m และ 1.5x1.25m จะให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบไม่แตกต่างกัน ซึ่งให้ผลขัดแย้งกับ Bhatti และคณะ (1985) ที่รายงานว่าการปลูกในระยะชิดจะทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าระยะปลูกที่กว้าง เพราะการปลูกในระยะชิดจะมีผลผลิตต่อพื้นที่สูงกว่าผลผลิตต่อต้นและมีจำนวนประชากรมากกว่า เมื่อมีการเก็บผลผลิตทั้งไร่ สาเหตุที่ผลการทดลองให้ผลขดแย้ง อาจเป็นเพราะพืชไม่สามารถแสดงศักยภาพการเจริญเติบโตที่อบนองต่อระยะปลูกที่กว้างขึ้นได้อย่างเต็มที่ได้ เนื่องจากสภาพแวดล้อม

จากผลการทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ที่ระยะ 0.6x1.5x0.6m 1.5x0.75m 1.5x1m และ 1.5x1.25m ทำให้ได้ค่าการวิเคราะห์การเจริญเติบโตที่แตกต่างกันตามระยะปลูกที่กว้างขึ้น แต่ถ้าระยะปลูกกว้างมากเกินความจำเป็น ก็จะเป็นผลเสียกับพืช ตามที่ เฉลิมพล, (2542) ที่กล่าวไว้ ว่าการปลูกพืชในระยะที่เหมาะสมจะส่งผลให้พืชมีค่าวิเคราะห์การเจริญเติบโต

สูง เนื่องจากพืชที่ปลูกในระยะที่เหมาะสมจะไม่มีการบดบังของทรงพุ่ม ลดการแข่งขัน ทำให้พืชสามารถสังเคราะห์แสงได้อย่างเต็มที่

ในหญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์จะให้จำนวนผลผลิต การเจริญเติบโต ค่าการเจริญเติบโต เช่นประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งที่แตกต่างกัน เนื่องจากหญ้าแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อดิน น้ำ ปุ๋ยที่แตกต่างกัน ถ้าดินมีความชื้น มีความอุดมสมบูรณ์ดีก็จะทำให้การแสดงออกในลักษณะใบ ความสูง ความสามารถในการแตกกอ ผลผลิตที่แตกต่างกัน ตามที่ Rengsirikul และคณะ (2013) ที่รายงานว่า หญ้าเนเปียร์แต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งที่แตกต่างกัน โดยหญ้าพันธุ์ทริฟตัน จะให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่าหญ้าพันธุ์อื่น

## สรุปผล

หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในระยะปลูกที่ 1.5x1m มีค่าการวิเคราะห์การเจริญเติบโตสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในระยะ 0.6x1.5x0.6m 1.5x0.75m และ 1.5x1.5m และหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง1 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่าหญ้าพันธุ์เชียงราย2 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งสูงกว่าหญ้าพันธุ์เชียงราย2

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท วิทัยไบโอเพาเวอร์ จำกัด และสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา การผลิตพืช และห้องปฏิบัติการพลังงานทดแทน ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขนที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

ไกรลาศ เขียวทอง, วีรชย อาจหาญ, อิทธิพล เผ่าไพศาล, เรืองเดช ปั่นด้วง และ สรยุทธ วินิจฉัย, 2556, คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1, หจก. มิตรภาพหหารพิมพ์ 1995.

เฉลิมพล แซมเพชร, 2542, สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่, โครงการตำรามหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สายัณห์ ทัดศรี, 2557, พืชอาหารสัตว์เขตร้อน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Bhatti, M., Mohammad, D., Sultani, S. and Sultani. M., 1985, Effect of Different Inter-and Intra-row Spacings on Forage Yield and Quality in Elephant Grass, Pakistan Journal of Agricultural Research, 6: 107-112.

Rengsirikul, K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamanee, G. and Tudsri, S., 2013, Biomass Yield, Chemical Composition and Potential Ethanol Yields of 8 Cultivars of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) Harvested 3-Monthly in Central Thailand, Journal of Sustainable Bioenergy System, 3: 107-112.

**Table 1** The effect of crop spacing management on stem per clump, leaves per stem and plant height

| Crop spacing(m) | matter yield (ton $rai^{-1}$ $year^{-1}$ ) | Number of Stem Stem per clump | Number of Stem Leaves per stem | Plant height (m) |
|---|---|---|---|---|
| 0.6x1.5x0.6 | 4.28 | 11 | 8 | 3.88 |
| 1.5x0.75 | 4.10 | 15 | 9 | 3.81 |
| 1.5x1 | 3.87 | 15 | 8 | 3.78 |
| 1.5x1.5 | 3.24 | 19 | 7 | 3.66 |
| F-test | ns | ns | ns | ns |

ns: not significantly different

**Table 2** The effect of crop spacing management on net assimilation rate (NAR), crop growth rate (CGR) and leaf area index (LAI)

| Crop spacing(m) | NAR (g $cm^{-2}$) | CGR (g $m^{-3}$) | LAI |
|---|---|---|---|
| 0.6x1.5x0.6 | 2.22 ab | 1.84 a | 1.13 |
| 1.5x0.75 | 1.23 bc | 0.91 bc | 0.77 |
| 1.5x1 | 3.1 a | 1.68 ab | 0.73 |
| 1.5x1.5 | 0.74 c | 0.50 c | 0.8 |
| F-test | * | * | ns |

ns: not significantly different and *: significantly different at $P \le 0.05$ ; a,b, and c compared with LSD ($P<0.05$)

**Table 3** The effect of grass variety on dry matter yield, stem per clump, leaves per stem, and plant height

| Variety | Dry matter yield (ton $rai^{-1}$ $year^{-1}$ ) | Number of Stem per clump | Number of Leaves per stem | Plant height (m) |
|---|---|---|---|---|
| Pak chong1 | 4.51 | 15 | 9 a | 4.05 a |
| King napier | 3.63 | 13 | 9 a | 3.51 cd |
| Taiwan A148 | 3.77 | 14 | 8 a | 4.13 a |
| Tifton | 3.87 | 17 | 6 b | 3.39 d |
| Chiang-Rai2 | 3.22 | 14 | 8 a | 3.87 ab |
| Chiang-Rai3 | 4.22 | 16 | 8 a | 3.74 bc |
| F-test | ns | ns | * | * |

ns: not significantly different and *: significantly different at $P \le 0.05$; a,b, and c compared with LSD ($P<0.05$)

**Table 4** The effect of grass variety on net assimilation rate (NAR), crop growth rate (CGR) and leaf area index (LAI)

| Variety | NAR (g $cm^{-2}$) | CGR (g $m^{-3}$) | LAI |
|---|---|---|---|
| Pak chong1 | 1.63 bc | 1.52 a | 1.28 a |
| King napier | 1.00 c | 1.34 ab | 1.04 ab |
| Taiwan A148 | 2.98 a | 1.11 ab | 0.56 b |
| Tifton | 1.79 bc | 1.17 ab | 0.64 b |
| Chiang-Rai2 | 1.84 b | 0.94 b | 0.57 b |
| Chiang-Rai3 | 1.69 bc | 0.13 ab | 0.86 ab |
| F-test | * | * | * |

ns: not significantly different and *: significantly different at $P \le 0.05$; a, b, and c compared with LSD ($P<0.05$)

# ผลผลิตชีวมวล คุณภาพชีวมวล และศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพของหญ้าเนเปียร์บาน่า ภายใต้การจัดการธาตุไนโตรเจน และระยะตัด

# Biomass Yield, Biomass Quality and Biogas Productivity of Bana Grass under Difference of Nitrogen and Cutting Interval Management

**คมกฤช ธัญวชิรวิทย์**[1] **ปิติพงษ์ โตบันลือภพ**[1] **และ นพ ตันมุขยกุล**[1]
Thanyavachirawit, K.[1], Thobunluepop, P.[1] and Tonmukayakul, N.[1]

## Abstract

The experiment was designed a Split - plot in Randomized Completely Block with three replications. Main - plot was four levels of nitrogen application rate (0, 281.25, 562.5 and 937.5 kg of $NH_4^+$ $ha^{-1}$ $year^{-1}$). Sub - plot was four levels of cutting interval (30, 45, 60 and 120 days after first cut). The nitrogen was found at 937.5 kg of $NH_4^+$ $ha^{-1}$ $year^{-1}$ increased protein content (14.81% DM) and nitrogen content (2.37% DM), which at 281.25 kg $NH_4^+$ $ha^{-1}$ $year^{-1}$ the highest of sulfur content (0.62% DM). Cutting Interval at 120 days, highest of cellulose content (52.90% DM). Bana grass with 30 day of cutting interval the highest of carbon (58.26% DM) and sulfur content (0.63% DM). Interestingly, cutting interval at 120 days was the higher biomass yield (76.17 tons DM $ha^{-1}$ $year^{-1}$), biogas and methane yield (8,828.50 and 5,973.90 $m^3$ $ha^{-1}$ $year^{-1}$, respectively).
**Keywords:** grass, nitrogen, cutting interval, biogas

## บทคัดย่อ

การวิจัยวางแผนการทดลองแบบ Split - plot in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ โดยปัจจัยหลัก คือ อัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (0, 281.25, 562.5 และ 937.5 กิโลกรัม NH4+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี) ปัจจัยรอง คือ ระยะตัด (ทุกๆ 30, 45, 60 และ 120 วัน) นำผลผลิตหญ้าเข้าสู่กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ผลการศึกษา พบว่า ที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 937.5 กิโลกรัม NH4+ ต่อเฮกตาร์ต่อปี มีปริมาณโปรตีน (14.81% น้ำหนักแห้ง) และธาตุไนโตรเจน (2.37% น้ำหนักแห้ง) สูงสุด และที่ระดับ 281.25 กิโลกรัม NH4+ ต่อเฮกตาร์ต่อปีมีปริมาณธาตุกำมะถันสูงสุด (0.62% น้ำหนักแห้ง) หญ้าที่ระยะตัด 120 วัน มีปริมาณเซลลูโลสสูงสุด(52.90% น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่หญ้าที่ระยะตัด 30 วันมีปริมาณธาตุคาร์บอน (58.26% น้ำหนักแห้ง) และกำมะถันสูงสุด (0.63% น้ำหนักแห้ง) และที่ระยะตัด 120 วันมีปริมาณผลผลิตชีวมวลแห้ง (76.17 ตันน้ำหนักแห้งต่อเฮกตาร์ต่อปี) ผลิตก๊าซชีวภาพและผลิตก๊าซมีเทน สูงสุด (8,828.50 และ 5,973.90 ลูกบาศก์เมตรเมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ)
**คำสำคัญ:** หญ้า ไนโตรเจน ระยะตัด ก๊าซชีวภาพ

## คำนำ

ปัจจุบัน ภาครัฐมีนโยบายในการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานทดแทน เพื่อทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่ใช้อยู่เดิม (กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน, 2555) โดยก๊าซชีวภาพเกิดจากการเปลี่ยนชีวมวลของจุรินทรีย์ภายใต้กระบวนการหมักย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะประกอบด้วยก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นหลัก (Zieminski และ Frac, 2012) หญ้าเนเปียร์บานาเป็นพืชที่ ให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง (Singh และคณะ, 2013) มีการเจริญเติบโตเร็ว และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลายครั้งในหนึ่งรอบการปลูก (สายัณห์, 2547) หญ้าเนเปียร์บานาจึงมีศักยภาพเพื่อพัฒนาเป็นแหล่งวัตถุดิบชีวมวลสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ อย่างไรก็ตามระยะตัดและระดับธาตุมีผลต่อการให้ผลผลิตชีวมวล และคุณภาพของหญ้าดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการอัตราไนโตรเจน และระยะตัด ต่อ ผลผลิตชีวมวล คุณภาพชีวมวลและผลิตภาพก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์บานา

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

## อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลอง ณ ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ Split - plot in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (ปุ๋ยยูเรีย; 46-0-0) ในอัตราต่างๆ ได้แก่ 0 (กลุ่มควบคุม), 281.25, 562.5 และ 937.5 กิโลกรัม $NH_4^+$ ต่อเฮกตาร์ต่อปี ปัจจัยรอง ระยะตัดต่างๆ ได้แก่ 30, 45, 60 และ 120 วัน ปลูกต้นกล้าเนเปียร์บาน่า อายุ 21 วัน ในแปลงทดลองขนาด 9 ตารางเมตร ระยะปลูก 75 × 75 เซนติเมตร จำนวน 16 ต้นต่อแปลง โดยยกขอบแปลงสูง 35 เซนติเมตร และมีระยะห่างระหว่างแปลง 75 เซนติเมตร ให้น้ำโดยระบบน้ำหยด ใส่ปุ๋ยรองพื้น (สูตร 15 – 15 -15) จำนวน 187.5 กิโลกรัมธาตุ ต่อเฮกตาร์ต่อปี โดยแบ่งใส่ทุกๆ 2 เดือน ทำการตัดหญ้าครั้งแรกหลังปลูก 45 วัน เพื่อเริ่มการทดลอง หลังจากนั้นตัดหญ้าตามปัจจัยที่กำหนด และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามอัตราที่กำหนดในรูปปุ๋ยยูเรีย โดยแบ่งใส่ทุกครั้งหลังการตัด โดยใส่ครั้งแรกหลังการตัดเพื่อเริ่มการทดลอง วัดผลผลิตและสุ่มตัวอย่างหญ้า บันทึกผลน้ำหนักผลผลิตสด ซุ่มตัวอย่างนำมาอบด้วยตู้อบชนิดเป่าลมร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำมาบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 2 มิลลิเมตร สำหรับวิเคราะห์คุณภาพของหญ้า และนำเข้าสู่กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้หญ้าปริมาณ 0.85 กรัม และมูลโคปริมาตร 5 มิลลิลิตร ในหลอดฉีดยาขนาด 50 มิลลิลิตร ภายใต้สภาวะไร้อากาศ บันทึกปริมาณก๊าซชีวภาพ และก๊าซมีเทน เป็นเวลา 30 วัน

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษา พบว่าหญ้าบาน่าที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 937.50 กิโลกรัม $NH_4^+$ ต่อเฮกตาร์ต่อปี มีร้อยละของธาตุไนโตรเจน และร้อยละโปรตีน สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ สอดคล้องกับการทดลองของ (Muhammad Arshad Ullah และคณะ, 2010) พบว่า ระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นทำให้ระดับโปรตีนเพิ่มมากขึ้น สำหรับที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0 และ 281.25 กิโลกรัม $NH_4^+$ ต่อเฮกตาร์ต่อปี[1] มีร้อยละของเถ้าสูงสุด อย่างไรก็ตามร้อยละของธาตุคาร์บอนสูงสุดที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 937.50 และ 562.50 กิโลกรัม $NH_4^+$ ต่อเฮกตาร์ต่อปี และร้อยละของธาตุกำมะถันสูงสุดที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 281.25 กิโลกรัม $NH_4^+$ ต่อเฮกตาร์ต่อปี จากการศึกษาระยะตัดของหญ้าบาน่า ที่ระยะตัดทุกๆ 120 และ 60 วัน มีปริมาณลิกนินสูงสุด สอดคล้องกับการศึกษาของ ประณต และคณะ (2558) ซึ่งพบว่าหญ้าที่มีระยะตัดมากจะมีปริมาณลิกนินสูงกว่าที่ระยะตัดน้อย สำหรับร้อยละของโปรตีน และธาตุไนโตรเจนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ ที่ระยะตัดทุกๆ 30 และ 60 วัน อย่างไรก็ตามที่ระยะตัดทุกๆ 60 วัน มีร้อยละของธาตุคาร์บอนและธาตุกำมะถันสูงสุด ในขณะที่ระยะตัดทุกๆ 45 วัน มีร้อยละของเถ้าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ และพบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ระยะตัดทุกๆ 30 วันมีค่าต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

ที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 937.50 กิโลกรัม $NH_4^+$ ต่อเฮกตาร์ต่อปี หญ้าบาน่าให้ปริมาณก๊าซมีเทนต่อตันชีวมวลแห้งต่ำสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ หญ้าบาน่า ที่ระยะตัดทุกๆ 30 วัน ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพต่อตันชีวมวลแห้งสูงสุด (198.33 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ อย่างไรก็ตามที่ระยะตัดทุกๆ 120 วัน มีปริมาณชีวมวลแห้งสูงสุด (76.17 ตันชีวมวลแห้งต่อเฮกตาร์ต่อปี) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ สอดคล้องกับการศึกษาของ สำราญ และ พรชัย (2554) พบว่าการเพิ่มระยะตัดของหญ้าเนเปียร์ยักษ์ มีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต่อปีของหญ้าเพิ่มขึ้น จากการศึกษาพบว่าที่ระยะตัดทุกๆ 45 วัน หญ้าบาน่าให้ผลผลิตก๊าซมีเทนต่อตันน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ อย่างไรก็ตามปริมาณก๊าซชีวภาพ และ ก๊าซมีเทนสูงสุด ที่ระยะตัดทุกๆ 120 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ (8,828.50 และ 5,973.90 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี)

## สรุปผล

ระยะตัดของหญ้าบาน่าที่เหมาะสมในการผลิตชีวมวลแห้ง และผลิตก๊าซชีวภาพ ที่มีปริมาณผลผลิตก๊าซมีเทนต่อสูง คือระยะตัดทุกๆ 120 วัน ที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 281.25 และ 562.50 กิโลกรัม $NH_4^+$ ต่อเฮกตาร์ต่อปี

## คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ ในการทำโครงการวิจัยนี้ และขอขอบพระคุณ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์สำหรับงานวิจัย ให้สำเร็จได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555, สถิติพลังงานของประเทศไทย (เบื้องต้น) 2555, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.

ประณต มณีอินทร์ ปิติพงษ์ โตบันลือภพ นพ ตัณมุขยกุล สุขุมาลย์ เลิศมงคล และ จักรพงษ์ ไชยวงศ์, 2558, ผลของระยะเวลาตัดหญ้าเนเปียร์ต่อผลผลิตองค์ประกอบทางเคมีและผลิตภาพก๊าซชีวภาพ, การประชุมวิชาการเกษตรของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53: สาขาพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 703-711.

สายัณห์ ทัดศรี, 2547, พืชอาหารสัตว์เขตร้อนการผลิตและการจัดการ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำราญ วิจิตรพันธ์ และ พรชัย ล้อวิลัย, 2554, อิทธิพลของอายุการตัดที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของหญ้าเนเปียร์ยักษ์ภายใต้การให้น้ำชลประทาน, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 16(3): 215-223.

Singh, B.P., Singh, H.P. and Obeng, E., 2013, Elephant grass, pp. 271–291. *In* Bharat Pratap Singh, ed. Biofuel Crops. B Singh, Fort Valley State University, USA.

Zieminski, K. and Frac, M., 2012, Methane Fermentation Process as Anaerobic Digestion of Biomass: Transformations, Stages and Microorganisms, African Journal of Biotechnology, 11(18): 4127-4139.

**Table 1** Influence of nitrogen application rate and cutting interval on biomass quality

| (A) Nitrogen application rate ($NH_4^+$ $ha^{-1}$ $year^{-1}$) | Cellulose (%) | Hemicelluloses (%) | Lignin (%) | Protein (%) | Ash (%) | H (%) | C (%) | N (%) | S (%) | C:N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 46.25 | 14.20 | 9.93 | 10.52b | 13.81a | 5.62 | 40.38b | 1.68b | 0.23b | 25.45 |
| 281.25 | 35.26 | 14.60 | 9.96 | 11.22b | 14.56a | 6.33 | 40.80b | 1.79b | 0.62a | 23.58 |
| 562.50 | 42.80 | 18.35 | 12.22 | 11.36b | 10.42b | 5.45 | 48.84a | 1.81b | 0.17b | 29.18 |
| 937.50 | 40.91 | 17.66 | 11.43 | 14.81a | 10.36b | 5.52 | 50.71a | 2.37a | 0.20b | 22.91 |
| F-test | ns | ns | ns | * | * | ns | * | * | * | ns |
| (B) Cutting Interval (Days) | Cellulose (%) | Hemicelluloses (%) | Lignin (%) | Protein (%) | Ash (%) | H (%) | C (%) | N (%) | S (%) | C:N |
| 30 | 22.04c | 20.88a | 8.25b | 14.64a | 9.99bc | 5.60 | 39.20b | 2.34a | 0.29b | 17.14b |
| 45 | 47.40ab | 14.03b | 7.94b | 9.90b | 16.98a | 5.46 | 40.77b | 1.58b | 0.20c | 26.02a |
| 60 | 42.89b | 17.67ab | 12.74a | 13.49a | 13.21b | 5.92 | 58.26a | 2.15a | 0.63a | 30.63a |
| 120 | 52.90a | 12.23b | 14.62a | 9.88b | 8.97c | 5.95 | 42.51b | 1.58b | 0.11d | 27.33a |
| F-test | * | * | * | * | * | ns | * | * | * | * |
| A×B | * | ns | ns | * | ns | * | * | * | * | * |

ns: not significantly different, *: significantly different (P≤0.05)

**Table 2** Influence of nitrogen application rate and cutting interval on biomass yield and biogas productivity

| (A) Nitrogen application rate ($NH_4^+$ $ha^{-1}$ $year^{-1}$) | Biomass yield (tons DM $ha^{-1}$ $year^{-1}$) | Biogas yield ($m^3$ $tons^{-1}$) | Methane yield ($m^3$ $tons^{-1}$) | Biogas yield ($m^3$ $ha^{-1}$ $year^{-1}$) | Methane yield ($m^3$ $ha^{-1}$ $year^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 28.46 | 139.94 | 72.80a | 3818.30 | 2242.10 |
| 281.25 | 33.22 | 133.82 | 69.67a | 4130.80 | 2464.20 |
| 562.50 | 33.84 | 148.89 | 68.66a | 4600.60 | 2407.70 |
| 937.50 | 37.77 | 131.88 | 54.92b | 4495.60 | 2203.30 |
| F-test | ns | ns | * | ns | ns |
| (B) Cutting Interval (Days) | Biomass yield (tons DM $ha^{-1}$ $year^{-1}$) | Biogas yield ($m^3$ $tons^{-1}$) | Methane yield ($m^3$ $tons^{-1}$) | Biogas yield ($m^3$ $ha^{-1}$ $year^{-1}$) | Methane yield ($m^3$ $ha^{-1}$ $year^{-1}$) |
| 30 | 17.52b | 198.33a | 72.37a | 3,422.50b | 1,261.50b |
| 45 | 23.70b | 129.02b | 40.03b | 3,062.20bc | 948.90b |
| 60 | 15.90b | 115.90c | 75.09a | 1,732.10c | 1,133.00b |
| 120 | 76.17a | 111.27c | 78.57a | 8,828.50a | 5,973.90a |
| F-test | * | * | * | * | * |
| A×B | ns | ns | * | ns | ns |

ns: not significantly different, *: significantly different ($P \leq 0.05$)

# การซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ในจังหวัดอุบลราชธานี

# Purchasing Chemical Fertilizers of Rice Farmers in Ubon Ratchathani Province

**วิภา ดวงจินดา**[1] **และ พิชัย ทองดีเลิศ**

Duangjinda, W.[1] and Tongdeelert, P.[2]

## Abstract

The objectives of this research were 1) to study basic demographic factors, 2) to examine knowledge on utilizing chemical fertilizers, 3) to indicate marketing mix in purchasing chemical fertilizers, and 4) to identify the fertilizers purchased by rice farmers in Ubon Ratchatani Province. A Questionnaire was used for collecting data. A total of four hundred rice farmers in Ubon Ratchatani Province were used in this study. Statistics to analysis data included frequency, percentage, arithmetic mean, and standard deviation. Results showed that most farmers were male, between 31-40 years old, attained primary education, held 11-20 rai of farm land, earned an annual income less than 30,000 Baht, and had an overall knowledge of chemical fertilizer ultilization at the moderate level. On the other hand, they had general knowledge on chemical fertilizers and the overall marketing mix in purchasing chemical fertilizers at the high level. The purchasing channel was the most importance. On the aspect of purchasing chemical fertilizers, it was found that most farmers purchased quality fertilizers from commercial shops nearly.

**Keywords:** fertilizer, marketing factor, Ubon Ratchathani province

## บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล 2) ความรู้เรื่องการใช้ปุ๋ยเคมี 3) ส่วนประสมทางการตลาดในการซื้อปุ๋ยเคมี และ 4) การซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ในจังหวัดอุบลราชธานี ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูล กลุ่มตัวอย่างคือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 400 ราย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุ 31-40 ปี การศึกษาระดับ ประถมศึกษา มีพื้นที่ทำการเกษตร จำนวน 11-20 ไร่ รายได้ต่อปีต่ำกว่า 30,000 บาท มีความรู้เรื่องการใช้ปุ๋ยเคมีโดยรวมระดับปานกลาง แต่มีความรู้เรื่องปุ๋ยเคมีทั่วไประดับมาก ด้านส่วนประสมทางการตลาดในการซื้อปุ๋ยเคมี โดยรวมมีความสำคัญระดับมาก โดยช่องทางการจำหน่ายมีความสำคัญมากที่สุด และด้านการซื้อปุ๋ยเคมี พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เลือกซื้อปุ๋ยที่มีคุณภาพจากร้านค้าใกล้บ้าน

**คำสำคัญ:** ปุ๋ยเคมี ส่วนประสมทางการตลาด จังหวัดอุบลราชธานี

## คำนำ

ในฤดูกาลเพาะปลูกปี 2545/46 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดประมาณ 56.90 ล้านไร่ โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 32.40 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 56.70 ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งประเทศ แต่ผลผลิตเฉลี่ยของภาคนี้ต่ำสุดคือประมาณ 314 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคใต้ ให้ผลผลิตสูงกว่าคือ 545 450 และ 365 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2547) การที่ผลผลิตข้าวของภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่ำเป็นผลสืบเนื่องมาจากข้อจำกัดหลายประการซึ่งนอกจากความแปรปรวนของฝนจะเป็นปัญหาหลักแล้ว ข้อจำกัดอื่นที่สำคัญคือ ดินขาดความอุดมสมบูรณ์รวมทั้ง ขาดการอนุรักษ์และการจัดการดินที่เหมาะสม ติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ดินนาขาดธาตุอาหารพืชที่สำคัญและเสื่อมคุณภาพอย่างต่อเนื่อง การเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละปีทำให้มีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารออกจากพื้นที่ในทุกๆปี แต่การใส่ปุ๋ยเพื่อคืนธาตุอาหารกลับสู่ดิน ยังไม่

[1] บริษัท วายวีพี เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ 10210

[1] YVP FERTILIZER CO., LTD Dongmuamg Bangkok, 10900.

[2] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพ 10900

[2] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatujak, Bangkok 10900.

เพียงพอ และพบว่ายังมีอยู่น้อยมาก จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ดินนาขาดธาตุอาหารและเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว (ศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดอุบลราชธานี, 2552)

ปัจจัยการผลิตพืชมี 5 อย่าง ปุ๋ยเป็นหนึ่งในปัจจัยการผลิต ที่ใช้เพิ่มผลผลิตภาพดิน เพิ่มธาตุอาหารที่ดินขาดแคลนให้มีเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (Corrective application) หรือเพิ่มเติมธาตุอาหารที่ลดลงเนื่องจากสูญเสียไปในช่วงการปลูกพืช (Maintenance application) ให้ได้ผลผลิตสูง คุณภาพดี และคงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ได้อย่างยั่งยืน พบสถิติการนำเข้าปุ๋ยเคมี เพื่อใช้ภายในประเทศ ช่วงปี พ.ศ. 2552-2557เพิ่มสูงขึ้นในทุกๆปี ตัวเลขนำเข้า 3.88-5.42 ล้านตัน (ฝ่ายปุ๋ยเคมี สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรการเกษตร, 2557) เมื่อพิจารณาความต้องการใช้ปุ๋ยเคมีของพืชแต่ละกลุ่มปรากฏว่า พืชที่มีความต้องการใช้ปุ๋ยเคมีมากที่สุด คือ ข้าวนาปี รองลงมาคือ ไม้ผลและไม้ยืนต้น พืชไร่ ข้าวนาปรัง และผัก ไม้ดอกและไม้ประดับ ตามลำดับ (พรรณพิมล, 2540)

ปัจจุบันมีอุตสาหกรรมปุ๋ยเคมีจำนวนมาก การวิจัยตลาดมีความสำคัญ เพราะช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนงานในการดำเนินการ บริหารจัดการ วางกลยุทธ์ทางการตลาด ตลอดจนพัฒนาสินค้า ให้ธุรกิจบรรลุผลสำเร็จ จังหวัดอุบลราชธานี ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ทำการเกษตรใหญ่ เป็นอันดับ 2 ของภูมิภาค เนื้อที่ 5,363,406 ไร่ หรือคิด 54.50 เปอร์เซ็นต์ จากพื้นที่ทั้งหมด โดยพืชเศรษฐกิจหลักที่ปลูก คือข้าว มีการเพาะปลูกในทุกอำเภอ จำนวน 4,343,969 ไร่ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษา การซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี เพื่อนำข้อมูลที่ได้ มาปรับกลยุทธ์ทางการตลาดเพิ่มยอดขาย และวางแผนการตลาดในการจำหน่ายปุ๋ยเคมี

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey research) ใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เก็บข้อมูล กำหนดแบบสอบถามเป็น 4 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 ความรู้เรื่องการใช้ปุ๋ยเคมี ตอนที่ 3 ส่วนประสมทางการตลาดในการซื้อ และตอนที่ 4 การซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกร ในจังหวัดอุบลราชธานี ใน 4 อำเภอได้แก่ อำเภอเดชอุดม 22,569 ครัวเรือน อำเภอตระการพืชผล 15,930 ครัวเรือน อำเภอพิบูลมังสาหาร 14,839 ครัวเรือน และอำเภอวารินชำราบ 9,804 ครัวเรือน (สำนักงานการเกษตรและสหกรณ์จังหวัดอุบลราชธานี, 2557) กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดย สูตรการคำนวณของ ยามาเน่ (Taro Yamane) ที่ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 95 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 ราย สุ่มโดยแบบจัดสรรแบบสัดส่วน (Proportional Sampling) หาความเชื่อมันแบบสอบถาม ความรู้เรื่องการใช้ปุ๋ยเคมี โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson ได้ค่าสัมประสิทธิ์ Alpha = 0.856 และหาค่าความเชื่อมั่นส่วนประสมทางการตลาดในการซื้อปุ๋ยเคมี ด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา ($\alpha$-Coefficient) โดยวิธีของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าสัมประสิทธิ์ Alpha = 0.832 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## ผลการทดลอง

จากการศึกษา ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลเกษตรกร พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 75) อายุเฉลี่ยอยู่ในช่วงอายุ31-40 (ร้อยละ 37) การศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 78.3) มีพื้นที่ทำการเกษตร จำนวน 11-20 ไร่ (ร้อยละ 34.3) และมีรายได้ต่อครอบครัวต่อปี ต่ำกว่า 30,000 บาท (ร้อยละ 48.3)

ความรู้เรื่องการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่า ส่วนใหญ่มีความรู้เรื่องการใช้ปุ๋ยเคมี ระดับปานกลาง (ร้อยละ 60.25) คะแนนเต็ม 20 คะแนน เกษตรกรทำคะแนนได้สูงสุด 18 คะแนน และคะแนนต่ำสุด 4 คะแนน มีความรู้เฉลี่ยในแต่ละด้าน คือ ด้านความรู้เรื่องปุ๋ยเคมี ระดับความรู้อยู่ในเกณฑ์มาก (ค่าเฉลี่ย 2.52) ด้านใช้ปุ๋ยชนิดที่ถูกต้อง ระดับความรู้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.42) ด้านใส่ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่เหมาะสม ระดับความรู้อยู่ในเกณฑ์น้อย (ค่าเฉลี่ย 1.21) ด้านใส่ปุยเคมีในระยะที่เหมาะสม ระดับความรู้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.72) และด้านใส่ปุ๋ยด้วยวิธีการที่ถูกต้อง ระดับความรู้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.72)

ประสมทางการตลาดในการซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกร พบว่า ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดอยู่ในความสำคัญระดับมาก (ค่าเฉลี่ยรวม 2.47) โดยด้านช่องทางการจำหน่ายความสำคัญมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 2.55) รองลงมา ด้านการส่งเสริมการตลาด (ค่าเฉลี่ย 2.53) สุดท้าย ด้านราคา (ค่าเฉลี่ย 2.49) และปัจจัยที่มีความสำคัญปานกลาง คือ ด้านผลิตภัณฑ์ (ค่าเฉลี่ย 2.29)

การซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่า ส่วนใหญ่เลือกซื้อปุ๋ยจากร้านค้าใกล้บ้าน (ร้อยละ 76.3) เลือกซื้อคุณภาพของปุ๋ยเคมี (ร้อยละ 75.5) ซื้อปุ๋ยเคมีในช่วงที่ข้าวอายุ 30-60 วัน (ร้อยละ 72) ตัดสินใจซื้อปุ๋ยเคมีด้วยตัวเอง (ร้อยละ 37.5) เลือกซื้อปุ๋ยในร้านค้าที่มีพนักงานให้คำแนะนำข้อมูล (ร้อยละ 32.5) และเมื่อมีปุ๋ยเคมีตราใหม่ๆ เข้ามาก็จะลองใช้ของใหม่ (ร้อยละ 50.2) รับรู้ข่าวสารเรื่องปุ๋ยเคมี โดยมีพนักงานบริษัทฯ ปุ๋ยให้ข้อมูล (ร้อยละ 48.8) ปุ๋ยเคมีตราหัววัวคันไถ เป็นตราสินค้าที่ซื้อบ่อยสุด (ร้อยละ 44.8) สาเหตุที่ซื้อตราสินค้านี้ เพราะคุณภาพของปุ๋ยเคมี (ร้อยละ 76)

## วิจารณ์ผล

จากการศึกษา เรื่องการซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี โดยผู้วิจัยทำการศึกษาเกษตรกรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ผู้วิจัยได้ทำการวิจารณ์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ความรู้เรื่องการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่มีความรู้เรื่องการใช้ปุ๋ยเคมี อยู่ระดับปานกลางถึงระดับมาก มีเกษตรกรจำนวน 4 ราย ที่มีความรู้ระดับน้อย แสดงถึงเกษตรกรมีฐานความรู้เรื่องการใช้ปุ๋ยเคมีมากพอสมควร ซึ่งอาจเป็นเพราะความรู้ที่เกิดจากความชำนาญ และประสบการณ์ที่ผ่านการปรับเปลี่ยนให้มีความเหมาะสม ถ่ายทอดวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีที่ถูกต้องจากรุ่นสู่รุ่น หรืออาจเป็นเพราะการส่งเสริมของเจ้าหน้าที่ส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนพนักงานบริษัท ผู้ผลิตและจัดจำหน่ายปุ๋ย มีการส่งเสริม ให้ข้อมูลความรู้เรื่องการใช้ปุ๋ยเคมีที่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับการสรุปผลงานวิจัยในเรื่องนี้ว่า เกษตรกรรับรู้ข่าวสารเรื่องปุ๋ยเคมีจากพนักงานขายที่ให้ข้อมูลถึงพื้นที่ และจากคำแนะนำจากเพื่อนเกษตรกร เป็นต้น

ส่วนประสมทางการตลาดในการซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรให้ความสำคัญกับส่วนประสมทางการตลาด ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านการส่งเสริมการขาย และด้านช่องทางการจัดจำหน่าย โดยรวมระดับมาก โดยส่วนประสมทางการตลาดที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place) ซึ่งช่องทางการจัดจำหน่าย หมายรวมถึง ปุ๋ยเคมีหาซื้อง่าย มีจำหน่ายตามร้านค้าใกล้บ้าน ร้านค้าจัดวางสินค้าโดดเด่น มีจำหน่ายที่สหกรณ์ และมีบริการจัดส่งถึงบ้าน เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกษตรกรตัดสินใจเลือกซื้อได้ง่ายขึ้นเพราะสามารถเข้าถึงสินค้าได้ง่าย สอดคล้องกับ การสรุปผลงานวิจัยในเรื่องนี้ว่า เกษตรกรเลือกซื้อปุ๋ยเคมีจากร้านค้าทั่วไปใกล้บ้านมากที่สุด เป็นต้น ยิ่งมีจำหน่ายที่สหกรณ์ ก็จะทำให้เกษตรที่เป็นสมาชิก สามารถซื้อได้ในราคาพิเศษ หรือได้รับเครดิตพิเศษ เป็นต้น

การซื้อปุ๋ยเคมี ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ซื้อปุ๋ยเคมีที่มีคุณภาพจากร้านค้าขายปุ๋ยที่จำหน่ายใกล้บ้าน ซึ่งสอดคล้องกับส่วนประสมทางการตลาดที่สรุปได้ว่าช่องทางการจำหน่ายสินค้า มีความสำคัญมากที่สุด อาจเป็นเพราะความสะดวกสบายในการเลือกซื้อ โดยปุ๋ยเคมีที่เลือกซื้อได้แก่ ตราหัววัวคันไถ เป็นต้น เกษตรกรนิยม ใส่ปุ๋ยเคมีในช่วงที่ข้าวอายุ 30-60 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่ข้าวกำลังเจริญเติบ และตั้งท้อง จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องได้รับธาตุอาหารที่เพียงพอ โดยเกษตรกรจะเป็นผู้ตัดสินใจซื้อปุ๋ยด้วยตนเอง และให้ความสนใจกับสินค้าใหม่ๆที่มีการเสนอขาย ถ้ามีของใหม่ก็จะทดลองใช้ทันที

## สรุปผล

ความรู้เรื่องการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้เรื่องการใช้ปุ๋ยเคมี ระดับปานกลาง คะแนนเต็ม 20 คะแนน เกษตรกรทำคะแนนได้สูงสุด 18 คะแนน และคะแนนต่ำสุด 4 คะแนน มีความรู้เฉลี่ยในแต่ละด้าน คือ ด้านความรู้เรื่องปุ๋ยเคมีมีความรู้มาก ด้านใช้ปุ๋ยชนิดที่ถูกต้องมีความรู้ปานกลาง ด้านใช้ในปริมาณที่พอเหมาะมีความรู้น้อย ด้านใส่ให้กับพืชในระยะที่เหมาะสมมีความรู้ปานกลาง และด้านใส่ให้กับพืชโดยวิธีการที่ถูกต้องมีความรู้ปานกลาง

ส่วนประสมทางการตลาดในการซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรให้ความสำคัญระดับมาก ด้านช่องทางการจำหน่ายมีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาด้านการส่งเสริมการตลาด และสุดท้ายด้านราคา และให้ความสำคัญระดับปานกลางด้านผลิตภัณฑ์

การซื้อปุ๋ยเคมี ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เลือกซื้อปุ๋ยจากร้านค้าใกล้บ้าน เลือกคุณภาพของปุ๋ยเคมี ซื้อปุ๋ยเคมีในช่วงที่ข้าวอายุ 30-60 วัน ตัดสินใจซื้อปุ๋ยเคมีด้วยตัวเอง เลือกซื้อปุ๋ยในร้านค้าที่มีพนักงานให้คำแนะนำข้อมูล และเมื่อมีปุ๋ยเคมีตราใหม่ๆ เข้ามาก็จะลองใช้ของใหม่ รับรู้ข่าวสารเรื่องปุ๋ยเคมีโดยมีพนักงานบริษัทฯ ปุ๋ยให้ข้อมูล ปุ๋ยเคมีตราหัววัวคันไถ เป็นตราสินค้าที่ซื้อมากสุด สาเหตุที่ซื้อตราสินค้านี้ เพราะคุณภาพของปุ๋ยเคมี

**คำขอบคุณ**

ผู้วิจัยขอขอบคุณ วาย.วี.พี กรุ๊ป ผู้ผลิตและจัดจำหน่ายปุ๋ยเคมี และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

**เอกสารอ้างอิง**

ฝ่ายปุ๋ยเคมี สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรการเกษตร, 2558, ตารางปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญ ปี 2552-2557 [สืบค้น], http://www.oae.go.th/download/FactorOfProduct/Fertilizer_value49-54.html. [29/ May/ 15].

พรรณพิมล ฉัตราคม, 2540, สถานการณ์ปุ๋ยเคมีและความต้องการใช้ปุ๋ยเคมีในการเกษตรของไทย พ.ศ. 2539-2543, กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตรกลุ่มงานวิจัยเศรษฐกิจปัจจัยการผลิตและเทคโนโลยีเกษตร, กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานการเกษตรและสหกรณ์จังหวัดอุบลราชธานี, 2557, ศูนย์ข้อมูลด้านการเกษตรและสหกรณ์จังหวัดอุบลราชธานี [สืบค้น], http://www.moac-info.net/UbonRatchathani/. [29/ May/ 15].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2547, ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร [สืบค้น], http://www.oae.go.th/main.php?filename=index. [29/ May/ 15].

# การประเมินปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy
# Evaluation of Ochratoxin A in Green Coffee by Near Infrared Spectroscopy

**จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ**[1] **และ จารุวรรณ บางแวก**[1]
Pumprasert, J.[1] and Bangwaek, C.[1]

## Abstract

The method of Ochratoxin A (OTA) determination in green coffee bean was modified by the near infrared spectroscopy (NIR) technique. The wave length region 400-2500 nm was used. One hundred samples of green coffee bean were used to create the effective model for OTA evaluation. Equation of OTA determination in green coffee bean had high a regression correlation (R) of 0.94 and low standard error of prediction (SEP) of 3.43 and the standard deviation (SD) was lower than the HPLC method at 8.27 and also low standard error of calibration (SEC) of 2.88. Then, 20 samples of green coffee bean were analyzed OTA by the NIR technique and compared with the laboratory HPLC method. The results of the two methods were quite similar in OTA content. When the results of two methods were plotted, there was a high regression correlation ($R^2$) of 0.97 which indicated that both methods were related on the same trend of OTA content.

**Keywords**: green coffee, Ochratoxin A, near infrared spectroscopy

## บทคัดย่อ

การตรวจสอบปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟดิบ โดยใช้สมการที่สร้างขึ้นด้วยวิธี Near Infrared Spectroscopy (NIR) พบว่า สมการที่ช่วงคลื่น 400-2500 nm จำนวน 100 ตัวอย่าง มีค่าความสัมพันธ์ (R) 0.94 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 3.43 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC 8.27 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชั่น (Standard Error of Calibration, SEC) 2.88 เมื่อนำสมการที่ได้ไปทำนายปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในตัวอย่างเมล็ดกาแฟดิบจำนวน 20 ตัวอย่าง เทียบกับผลที่ได้จาก HPLC พบว่า ทั้ง 2 วิธีมีปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ใกล้เคียงกัน เมื่อนำผลที่ได้จากทั้ง 2 วิธีมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ได้ค่าความสัมพันธ์( R2 ) 0.97 ซึ่งพบว่าทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างดี และสามารถนำไปใช้ในการประเมินปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

**คำสำคัญ**: เมล็ดกาแฟดิบ สารพิษโอคราทอกซิน เอ เนียร์อินฟลาเรดสเปกโตรสโคปี

## คำนำ

กาแฟเป็นพืชที่มีความสำคัญเชิงเศรษฐกิจและปลูกเป็นการค้าอย่างแพร่หลาย ปัจจุบันกาแฟเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างมาก และในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าเมล็ดกาแฟมีการปนเปื้อนของเชื้อราและมีการสร้างสารพิษโอคราทอกซิน เอ ขึ้น การนำเมล็ดกาแฟไปคั่วไม่สามารถทำลายสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟได้และสารพิษจะปนออกมาในน้ำกาแฟที่ดื่ม สารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟเป็นสารทุติยภูมิที่ถูกสร้างขึ้นมาจากเชื้อรา *Aspergillus ochraceus* และ *Penicillium verucosum* ราชนิดนี้สามารถเจริญและสร้างสารพิษได้บนเมล็ดกาแฟ เมล็ดธัญพืช ผลไม้อบแห้งและในผลิตภัณฑ์อาหาร สารพิษโอคราทอกซิน เอ เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยง เมื่อคนและสัตว์ได้รับอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีสารพิษนี้เข้าไปจะก่อให้เกิดความเป็นพิษและอันตรายอย่างมากต่อไต และระบบประสาท (Palma และคณะ, 2007)

การวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ในธัญพืชและผลิตภัณฑ์สามารถทำได้ด้วยวิธีการทางเคมีโดยใช้ High-performance liquid chromatography-fluorescence detection (HPLC-FLD) แม้ว่า HPLC ซึ่งจะให้

[1] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพ 10900
[1] Postharvest and Processing Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok 10900

limit of detection (LOD) ต่ำ แต่ต้นทุนการวิเคราะห์สูง และต้องใช้เวลาในการสกัดสารพิษค่อนข้างนานใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มาก การใช้หลักการของรังสี Near Infrared Spectroscopy ที่มีช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 800 – 2500 นาโนเมตร ที่มีต้นทุนที่น้อยกว่า วิธีการสะดวก และใช้ระยะเวลาสั้น (ศุมาพร, 2552) การทำงานของเครื่อง NIR spectrometer อาศัยการดูดกลืนพลังงานแสงในแต่ละช่วงความยาวคลื่นของสารแต่ละชนิดมีไม่เท่ากัน และนำค่าความเข้มแสงที่ได้ในแต่ละความยาวคลื่นมาเขียนกราฟโดยใช้แกนนอนเป็นค่าความยาวคลื่น แกนตั้งเป็นค่าการดูดกลืนแสง จะได้กราฟการดูดกลืนแสงของตัวอย่างนั้นๆ (ศิวลักษณ์, 2552) และนำข้อมูลไปวิเคราะห์กับค่าที่ได้ในห้องปฏิบัติการ สามารถสร้างสมการทำนายและนำสมการที่ได้มาทำนายค่าของวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ เป็นวิธีการที่สะดวกและมีความแม่นยำสูง ไม่มีการทำลายตัวอย่าง และค่าใช้จ่ายต่ำ ดังนั้นการศึกษาวิธีการวัดปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟด้วยเครื่อง Near Infrared Spectroscopy จึงเป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้เปรียบเทียบกับวิธีในห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นวิธีการเดิม อีกทั้งจะทำให้ได้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปที่เหมาะสม รวมทั้งลดการปนเปื้อนสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟได้อีกด้วย

## อุปกรณ์และวิธีการ

**ปีงบประมาณ 2556**

1. เตรียมตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่สะอาดไม่มีการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ
2. นำตัวอย่างเมล็ดกาแฟมาทำให้มีการปนเปื้อนปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในระดับความเข้มข้นที่ต่างๆ กัน (spiked sample) โดยการเติมสารพิษโอคราทอกซิน เอ มาตรฐาน
3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm และนำตัวอย่างนั้นไปบดละเอียดและวัดค่าการดูดกลืนแสงอีกครั้ง
4. นำตัวอย่างดังกล่าวไปวิเคราะห์ปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีของ AOAC 2004.10 และ AOAC 976.38
    - 4.1 ชั่งตัวอย่างเมล็ดกาแฟดิบน้ำหนัก 25 กรัม นำไปบดละเอียดด้วยเครื่องปั่น
    - 4.2 เติมสารละลาย Acetonitrile-water (6:4) 100 ml เขย่าที่ 300 รอบต่อนาที ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที นำส่วนใสมากรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว
    - 4.3 ปิเปตส่วนใสที่กรองได้ปริมาตร 4 ml ใส่ใน Volumetric flask เติมสารละลาย Phosphate buffer saline ปริมาตร 44 ml เพื่อปรับ pH และเขย่าให้เข้ากัน
    - 4.4 นำสารละลายที่ได้ไปผ่าน Immunoaffinity Column อัตราการไหล 1 – 2 หยดต่อวินาที ล้าง Column ด้วยน้ำปราศจากอิออน 10 ml อัตราการไหล 1 – 2 หยดต่อวินาที ปล่อยอากาศผ่าน 30 วินาที
    - 4.5 ชะ Ochratoxin A ออกจาก Column ด้วย Methanol ปริมาตร 1 ml จำนวน 4 ครั้ง
    - 4.6 ระเหยสารละลายที่ได้จนแห้งด้วยไนโตรเจน
    - 4.7 ปรับปริมาตรด้วย Mobile phase 1 ml (Methanol – Acetonitrile – Water¬ – Acitic / 35 : 35 : 29 : 1)
    - 4.8 ฉีดสารละลายที่ได้ด้วยเครื่อง HPLC Agilent 1260 Infinity Series
    - - Column : Symmetry C 18
    - - Mobile phase : Methanol – Acetonitrile – Water¬ – Acitic (35 : 35 : 29 : 1)
    - - Flow rate : 1 ml/min
    - - Run time : 8 min
    - - Detector : Fluorescence
    - - Injection : 20 µl
    - - Standard curve of Ochratoxin A : 2, 5, 10, 20, 30 และ 40 ng/ml
5. นำ spectra ต้นแบบ (original spectra) ที่ได้หรืออาจทำการแปลงผลข้อมูลเพื่อลดผลกระทบ จากปัจจัยต่างๆ noise หรือ errors จากการวัดที่ปรากฏใน spectrum ไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler ของบริษัท Camo Oslo ของประเทศนอร์เวย์
6. ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่า Standard Error of Calibration (SEC) และค่า Correlation Coefficient (R)

7. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาสร้างสมการและวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาสมการที่ดีที่สุด ตรวจสอบความแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบค่า Standard Error of Prediction (SEP) และ Bias

**ปีงบประมาณ 2557**

1. ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสมการที่ได้จาก Near Infrared Spectroscopy กับวิธีวิเคราะห์ทางเคมี โดยสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟจากแหล่งปลูกกาแฟที่สำคัญๆ ทั้งทางภาคเหนือและภาคใต้ที่มีการปนเปื้อนของสารพิษโอคราทอกซิน เอ ตามธรรมชาติ มาเป็นตัวอย่างในการทดสอบประสิทธิภาพของสมการ และทำการปรับปรุงสมการ
2. ทดสอบความแม่นยำของสมการโดยใช้สมการทำนายปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ เทียบกับผลวิเคราะห์ที่ได้โดยวิธีทางเคมี
3. นำสมการที่ได้ไปเผยแพร่เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการวัดปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟต่อไป

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมการจากเมล็ดกาแฟดิบที่ไม่ต้องผ่านการบดที่ช่วงคลื่น 400-2500 nm จาก 100 ตัวอย่าง พบว่า สมการมีค่าความสัมพันธ์(R) 0.94 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 3.43 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC 8.27 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชั่น (Standard Error of Calibration, SEC) 2.88 เมื่อนำสมการที่ได้ไปทำนายปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในตัวอย่างเมล็ดกาแฟดิบจำนวน 20 ตัวอย่าง พบว่าเมื่อนำผลการประเมินด้วย Near Infrared Spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm และผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์ (R2) 0.97 ซึ่งทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กันอย่างมากสามารถใช้แทนกันได้ค่อนข้างดี สามารถนำไปใช้ในการประเมินปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ได้ สอดคล้องกับ Hernandez-Hierro และคณะ(2008) พบว่าสามารถใช้ Near Infrared Spectroscopy ในการวัดปริมาณสาร Aflatoxin B1, Ochratoxin A และ Total Aflatoxins ในผงพริกสีแดงเปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิงทางเคมีได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ทั้งยังใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าด้วย เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีประเมินปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ โดยวิธี NIR โดยการเติมสารพิษมาตรฐานที่ทราบปริมาณที่แน่นอนลงไป (spike sample) และนำไปตรวจสอบด้วย NIR เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสมการว่ามีประสิทธิภาพในการตรวจสอบสารพิษได้จริงกี่เปอร์เซ็นต์ พบว่าวิธี NIR สามารถตรวจสารพิษได้ 99.39% ที่ระดับความเข้มข้น 4 ppb 75.79% ที่ระดับความเข้มข้น 10 ppb 85.15% ที่ระดับความเข้มข้น 20 ppb และ 79.92% ที่ระดับความเข้มข้น 30 ppb เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลโดย T-TEST ระหว่างวิธี NIR และผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

## สรุปผล

จากการทดลองสมการที่ได้โดยวิธี NIR สามารถนำไปใช้ในการประเมินสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟดิบได้ โดยใช้ในการทำนายปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในเมล็ดกาแฟดิบได้ไม่ต่างจากวิธี HPLC วิธี NIR เป็นวิธีที่ใช้ง่ายสะดวก มีความแม่นยำและใช้เวลาน้อย จึงเหมาะจะเป็นวิธีที่ใช้ในการตรวจตัวอย่างวิเคราะห์จำนวนมากๆ ก่อน (screening) ถ้ามีตัวอย่างใดที่น่าสงสัยหรือสนใจเป็นพิเศษจึงค่อยทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีซ้ำ

**เอกสารอ้างอิง**


ศุมาพร เกษมสำราญ, 2552, หลักพื้นฐานของเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี, การอบรมเชิงปฏิบัติการการตรวจสอบสินค้าเกษตรโดยไม่ทำลายด้วยวิธี Near Infrared Spectroscopy (NIR Workshop), สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, 2552, เครื่อง NIR spectrometer Instrumentation for NIR spectroscopy. การอบรมเชิงปฏิบัติการการตรวจสอบสินค้าเกษตรโดยไม่ทำลายด้วยวิธี Near Infrared Spectroscopy (NIR Workshop).สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Hernandez-Hierro, J.M., Garcia-Villanova, R.J. and Gonzalez-Martin, I., 2008, Potential of Near Infrared Spectroscopy for the Analysis of mycotoxins Applied to Naturally Contaminated Red Paprika Found in the Spanish Market, Analytica chimica acta, 622(1-2): 189-194.

Palma, N, Cinelli, S, Sapora, O, Wilson, S.H. and Dogliotti, E., 2007, Ochratoxin A-Induced Mutagenesis in Mammalian Cells Is Consistent with the Production of Oxidative Stress, Chemical Research in Toxicology, 20(7): 1031-1037.

# ผลของการเตรียมขั้นต้นเห็ดนางฟ้าต่อคุณภาพของกุนเชียง

## Effect of Pretreatment of Grey Oyster Mushroom on the Quality of Chinese Sausage

**นิสานารถ กระแสร์ชล[1] ชุติกานต์ สมจิตต์[1] และ สมศักดิ์ มาฆะสิทธิ์[1]**
Krasaechol, N.[1], Somjit, C.[1] and Makasit, S.[1]

### Abstract

In this research, the effect of pretreatment of grey oyster mushroom on the quality of Chinese sausage was investigated. Chinese sausage was added 0% (w/w of pork) grey oyster mushroom (control), 10% (w/w of pork) rehydrated grey oyster mushroom and 2.45% (w/w of pork) grey oyster mushroom powder were replaced of pork. They were analyzed in physicochemical properties, texture profile analysis and sensory evaluation. It was found that, adding grey oyster mushroom into Chinese sausage had effect on moisture content, fiber, L* and b* ($p<0.05$), that were tend to increasing from control, but $a_w$ were not significantly difference ($p\geq0.05$). However, Chinese sausage with 0% grey oyster mushroom (control) had the highest hardness, chewiness, gumminess and cohesiveness both of before and after frying. Chinese sausage with grey oyster mushroom powder had overall liking similar to the control, and score was 6.47 as slightly like level.
**Keywords**: Chinese sausage, grey oyster mushroom, rehydrated, powder

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นเห็ดนางฟ้าต่อคุณภาพของกุนเชียง โดยมีการผลิตกุนเชียงตามสูตรมาตรฐานแล้วเติมเห็ดนางฟ้า 0% ของน้ำหนักเนื้อหมู (ตัวควบคุม) กุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าคืนรูป 10% ของน้ำหนักเนื้อหมู และกุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง 2.45% ของน้ำหนักเนื้อหมู แล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัส และลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าการเติมเห็ดนางฟ้าลงในกุนเชียงมีผลต่อปริมาณความชื้น เส้นใย ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ($p<0.05$) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากตัวควบคุม แต่ค่า $a_w$ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) อย่างไรก็ตามกุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้า 0% (ตัวควบคุม) มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง แรงในการเคี้ยว ความแน่นเนื้อ และความเกาะติดกันทั้งก่อนทอดและหลังทอดมากที่สุด และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่ากุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผงได้รับคะแนนความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับตัวควบคุมมากที่สุด โดยมีคะแนน 6.47 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย
**คำสำคัญ**: กุนเชียง เห็ดนางฟ้า คืนรูป ผง

### คำนำ

กุนเชียงเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ได้รับความนิยมชนิดหนึ่งในประเทศไทย เนื่องจากมีกลิ่นรสเฉพาะตัวและมีลักษณะที่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค วิธีการบริโภคกุนเชียงต้องนำมาทำให้สุกก่อนรับประทานโดยวิธีการปิ้ง ย่าง ทอด หรือนึ่ง (วิจิตรา, 2550) กุนเชียงหรือ Chinese sausage เป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ในกลุ่มไส้กรอกประเภทไส้กรอกแห้ง ไม่มีการหมักด้วยจุลินทรีย์ ใช้วิธีการถนอมอาหารด้วยการทำแห้ง กุนเชียงมีลักษณะเนื้อหยาบไม่เป็นอิมัลชันซึ่งแตกต่างจากไส้กรอก กุนเชียงมีส่วนผสมหลักคือหมูและมันหมูเช่นเดียวกับไส้กรอก มีการใส่เครื่องปรุงลงไปเพื่อให้มีกลิ่น รส และทำให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เนื่องจากในกุนเชียงมีไขมันเป็นส่วนประกอบหลักและยังคงมีความชื้นสูง จึงทำให้กุนเชียงอาจเกิดกลิ่นหืนและการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย ควรมีค่า $a_w$ ต่ำกว่า 0.85 จะปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์และต้องหลีกเลี่ยงสภาวะที่ส่งเสริมการเสื่อมเสียของอาหารแห้ง (พิมพ์เพ็ญ, 2556) เห็ดมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงผัก เห็ดแต่ละชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของเห็ด มีเส้นใยอาหารที่มีผลดีต่อสุขภาพหลายประการ เช่น ทำให้ขับถ่ายได้ง่าย นอกจากนี้ยังช่วยจับสารเคมีที่เป็นพิษและทำให้ผ่านลำไส้ได้อย่างรวดเร็ว ลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ได้ (เนตรนภิส, 2549) เห็ดนางฟ้าเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย มีผลผลิตมากจึงมีราคาถูกและเป็นแหล่งคุณค่าทางโภชนาการพวกโปรตีน

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, Tambon Saensuk, Amphor Muang, Chonburi 20131

เส้นใย แต่มีปริมาณไขมันต่ำ การเติมเห็ดนางฟ้าในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เพราะเห็ดนางฟ้ามีเส้นใยใกล้เคียงผักและมีเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจการนำเห็ดนางฟ้าเติมในกุนเชียงเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์กุนเชียง โดยการศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นเห็ดนางฟ้าต่อคุณภาพของกุนเชียง

## อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเห็ดนางฟ้าแบบคืนรูป: นำเห็ดนางฟ้ามาล้างให้สะอาดและอบอุณหภูมิ 65°C จนกระทั่งเห็ดแห้งและมีความชื้นไม่เกิน 7% (มผช.1176/2549) บรรจุในถุงโพลีเอธิลีนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 °C ก่อนใช้นำมาแช่น้ำนาน 1 ชั่วโมง แล้วบดด้วยเครื่องบดอาหารแห้งนาน 2 นาที เพื่อเป็นวัตถุดิบในขั้นตอนต่อไป (ดัดแปลงจากวิธีของ วิชชุดา และ ผาณิต, 2555)

การเตรียมเห็ดนางฟ้าแบบผง: นำเห็ดนางฟ้ามาล้างให้สะอาดและอบที่อุณหภูมิ 65°C จนกระทั่งเห็ดแห้งและมีความชื้นไม่เกิน 7% บดด้วยเครื่องบดอาหารแห้งนาน 2 นาที แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช บรรจุในถุงโพลีเอธิลีนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 °C เพื่อเป็นวัตถุดิบในขั้นตอนต่อไป (ดัดแปลงจากวิธีของ บรรณ, 2541)

การเตรียมผลิตภัณฑ์กุนเชียง ทำโดยนำเนื้อหมูมาตัดแต่งเอาเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและไขมันออกแล้วบดด้วยเครื่องบดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูแปลน 0.5 เซนติเมตร 2 ครั้ง ผสมส่วนผสมทั้งหมด (เนื้อหมู 100%, มันหมูแข็ง 25%, น้ำตาลทราย 28%, เกลือ 2.5%, โซเดียมไนไตร์ท 0.02%, โซเดียมอีริธอเบท 0.29% ของน้ำหนักเนื้อหมู โดยมีสิ่งทดลองดังนี้คือ <u>สิ่งทดลองที่ 1</u> กุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้า 0% ของน้ำหนักเนื้อหมู (ตัวควบคุม) <u>สิ่งทดลองที่ 2</u> กุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าคืนรูป 10% ของน้ำหนักเนื้อหมู และ<u>สิ่งทดลองที่ 3</u> กุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง 2.45% ของน้ำหนักเนื้อหมู นวดส่วนผสมทั้งหมดด้วยมือให้เป็นเนื้อเดียวกันนาน 30 นาที แล้วนำมาบรรจุไส้หมูทำให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1±0.1 นิ้ว มัดเป็นท่อน ความยาวท่อนละ 6 นิ้ว นำไปแขวนในเตาอบอุณหภูมิ 65°C นาน 20 ชั่วโมง บรรจุในถุงโพลีเอธิลีนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 °C จากนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น เส้นใย ค่าสี ค่า $a_w$ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองดังแสดงใน Table 1 แสดงองค์ประกอทางเคมีของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นแบบคืนรูปและเห็ดนางฟ้าผง ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีคือ ปริมาณ โปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใย (โดยน้ำหนักแห้ง) ในปริมาณใกล้เคียงกันยกเว้นปริมาณความชื้นซึ่งเห็ดนางฟ้าที่มีการเตรียมขั้นต้นแบบคืนรูปจะมีความชื้นสูงถึง 80.01% ในขณะที่เห็นนางฟ้าผงมีความชื้นเพียง 5.63 % และเมื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้า 0% ของน้ำหนักเนื้อหมู (ตัวควบคุม) กุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าคืนรูป และกุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง มีปริมาณความชื้น 25.34 26.91 และ 26.66% ตามลำดับ และมีปริมาณเส้นใย 0.01 0.82 และ 0.79% ตามลำดับดังแสดงใน Table 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเติมเห็ดทำให้กุนเชียงมีปริมาณความชื้นและเส้นใยมากขึ้นกว่าตัวควบคุมที่ไม่มีการเติมเห็ด

จาก Table 2 พบว่ากุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าคืนรูป 10% ของน้ำหนักเนื้อหมูและกุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง 2.45% ของน้ำหนักเนื้อหมู มีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) โดยมีค่าความสว่าง (L*) 34.04 และ 32.73 ตามลำดับ ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) 9.09 และ 8.61 ตามลำดับ และจากการวัดค่าสีของเห็ดนางฟ้าพบว่าความสว่าง (L*) ของเห็ดนางฟ้าคืนรูปและเห็ดนางฟ้าผงมีค่า 67.60 และ 55.52 ตามลำดับ ความเป็นสีเหลือง (b*) มีค่า 25.84 และ 19.34 ตามลำดับ (ข้อมูลไม่ได้แสดงในตาราง) ทำให้กุนเชียงมีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น

**Table 1** Effect of pretreatment on proximate analysis of grey oyster mushroom

| Pretreatment | content (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | moisture | protein | fat$^{ns}$ | ash | fiber$^{ns}$ |
| Rehydration | 80.10±0.13$^{a}$ | 2.03±0.09$^{b}$ | 1.35±0.07 | 5.06±0.62$^{b}$ | 9.04±0.26 |
| Powder | 5.63±0.11$^{b}$ | 3.96±0.58$^{a}$ | 1.39±0.04 | 6.44±0.04$^{a}$ | 8.56±0.35 |

$^{a, b}$ Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

$^{ns}$ Mean values in the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$) protein, fat, ash and fiber contents were reported in % of dry basis

**Table 2** Effect of pretreatment of grey oyster mushroom on physicochemical properties of Chinese sausages

| Treatment | moisture (%) | fiber (%) | $a_w$[ns] | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 25.34±0.32[b] | 0.01±0.01[b] | 0.85±0.01 | 29.26±1.46[b] | 12.99±0.50[a] | 7.43±0.22[b] |
| 2 | 26.91±0.26[a] | 0.82±0.07[a] | 0.85±0.01 | 34.04±1.11[a] | 11.04±0.41[b] | 9.09±0.74[a] |
| 3 | 26.66±0.12[a] | 0.79±0.02[a] | 0.85±0.01 | 32.73±0.62[a] | 12.54±0.06[a] | 8.61±0.34[a] |

[a, b] Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different (p<0.05)

[ns] Mean values in the same column are not significantly different (p≥0.05)

จาก Table 3 จะเห็นได้ว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของกุนเชียงก่อนทอด เมื่อเติมเห็ดนางฟ้าลงไปส่งผลให้ hardness chewiness gumminess และ cohesiveness มีค่าลดลง เนื่องจากเห็ดนางฟ้ามีปริมาณเส้นใยสูง (Table 2) จะเห็นได้ว่าเห็ดนางฟ้าคืนรูปและเห็ดนางฟ้าผงมีปริมาณเส้นใย 9.04 และ 8.56 ตามลำดับ เมื่อเห็ดนางฟ้าเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างเนื้อหมูในกุนเชียงทำให้โครงสร้างผลิตภัณฑ์ไม่ยึดเกาะกันส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของกุนเชียงมีค่า hardness chewiness gumminess และ cohesiveness น้อยลง และจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ากุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าคืนรูป มีค่า hardness chewiness และ gumminess น้อยกว่ากุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง ทั้งนี้การคืนรูปของเห็ดนางฟ้าคืนรูปมีการคืนรูป 413.75% ซึ่งมากกว่าเห็ดนางฟ้าผง คือ 321.36% (ไม่ได้แสดงข้อมูลไว้ในตาราง) ทำให้เมื่อเห็ดนางฟ้าคืนรูปเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างเนื้อหมูในกุนเชียงจะไปทำให้โครงสร้างผลิตภัณฑ์ไม่ยึดเกาะกันมากกว่าการใช้เห็ดนางฟ้าผง หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าการใส่เห็ดนางฟ้าผงซึ่งมีลักษณะเป็นผงจะเข้าไปแทรกอยู่ในระหว่างผลิตภัณฑ์กุนเชียงได้ทั่วถึงกว่าเห็ดนางฟ้าคืนรูปจึงทำให้กุนเชียงที่ใช้เห็ดนางฟ้าผงมีความแน่นแข็งกว่าจึงทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสด้านต่างๆ มากกว่ากุนเชียงที่ใส่เห็ดนางฟ้าคืนรูป

นอกจากนี้พบว่ากุนเชียงหลังทอดมีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสมากกว่ากุนเชียงก่อนทอด เพราะเมื่ออาหารได้รับความร้อนทำให้น้ำภายในอาหารเดือด น้ำจะระเหยออกสู่ภายนอกทำให้ความชื้นของอาหารลดลง ผิวหน้าอาหารแห้งแข็ง (นิธิยา, 2551) จึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสด้าน hardness chewiness และ gumminess ที่มากกว่า ส่วนค่า cohesiveness ของกุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าคืนรูป 10% ของน้ำหนักเนื้อหมู และกุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง 2.45% ของน้ำหนักเนื้อหมูมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P≥0.05)

**Table 3** Texture profile analysis of Chinese sausages added grey oyster mushroom at before and after frying

| Frying | Treatment | Hardness (g f) | chewiness | Gumminess (g f) | cohesiveness |
|---|---|---|---|---|---|
| Before | 1 | 13083.45±4.90[a] | 7947.66±4.37[a] | 10037.96±3.35[a] | 0.84±0.01[a] |
| | 2 | 2213.57±0.08[b] | 1714.34±0.08[b] | 1843.44±0.06[b] | 0.81±0.02[b] |
| | 3 | 3690.04±0.30[b] | 2640.02±0.15[b] | 2925.34±0.17[b] | 0.79±0.03[b] |
| After | 1 | 12716.96±1.14[a] | 8901.26±1.36[a] | 10142.52±0.83[a] | 0.80±0.01[a] |
| | 2 | 9935.26±0.94[b] | 6131.87±0.55[b] | 7098.05±0.69[b] | 0.72±0.02[b] |
| | 3 | 12785.80±0.67[a] | 7912.01±0.53[ab] | 9034.45±0.59[a] | 0.71±0.02[b] |

[a, b] Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different (p<0.05)

**Table 4** Effect of pretreatment of grey oyster mushroom on overall liking of Chinese sausages คะแนนการ

| No. | Treatment | Overall liking |
|---|---|---|
| 1 | Chinese sausage added 0% (w/w of pork) grey oyster mushroom (control) | 7.43±0.86[a] |
| 2 | Chinese sausage added 10% (w/w of pork) rehydrated grey oyster mushroom | 5.63±1.40[c] |
| 3 | Chinese sausage added 2.45% (w/w of pork) grey oyster mushroom powder | 6.47±1.36[b] |

[a, b] Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different (p<0.05)

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 4) พบว่ากุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผงมีคะแนนความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับกุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้า 0% ของน้ำหนักเนื้อหมู (ตัวควบคุม) มากกว่าเห็ดนางฟ้าคืนรูป

## สรุปผล

จากการศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นเห็ดนางฟ้าต่อคุณภาพของกุนเชียง พบว่ากุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้า 0% (ตัวควบคุม) กุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าคืนรูป 10% และกุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง 2.45% ของน้ำหนักเนื้อหมู มีปริมาณความชื้นและเส้นใยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าความสว่าง ($L^*$) และค่าความเป็นสีเหลือง ($b^*$) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากกุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้า 0% ของน้ำหนักเนื้อหมู (ตัวควบคุม) ค่า $a_w$ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$) กุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้า 0% (ตัวควบคุม) มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสมากที่สุด ทั้งก่อนทอดและหลังทอด และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่ากุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผงมีคะแนนความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับกุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้า 0% (ตัวควบคุม) มากที่สุด คือ 6.47 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย

## เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2551, เคมีอาหาร (พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

เนตรนภิส ธนนิเวศน์กุล, 2549, เห็ดคุณค่าทางอาหาร, วารสารหมอชาวบ้าน, 28(327), 25-31.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดนางฟ้าแห้ง, 2549, สำนักงานผลิตภัณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม, มผช.1176/2549, กรุงเทพฯ บรรณ บูรณะชนบท, 2541, เห็ดหูหนู, กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มิตรสยาม.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, กุนเชียง, [สืบค้น] , http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3270/chinese-sausage-กุนเชียง [20/ November/13]

วิจิตรา แดงปรก, 2550, กุนเชียงไขมันต่ำ, วารสารแม่โจ้ปริทัศน์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 8(4): 39-42.

วิชชุดา สังข์แก้ว และผาณิต รุจิรพิสิฐ, 2555, การพัฒนาผลิตภัณฑ์กุนเชียงเสริมเห็ดหอม, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(2): 45-48.

# ผลของปริมาณของเห็ดนางฟ้าผงต่อคุณภาพของกุนเชียง

## Effect of Grey Oyster Mushroom Powder Content on the Quality of Chinese Sausage

**นิสานารถ กระแสร์ชล[1] ชุติกานต์ สมจิตต์[1] และ สมศักดิ์ มาฆะสิทธิ์[1]**

Krasaechol, N.[1], Somjit, C.[1] and Makasit, S.[1]

Abstract

This research is aimed to study the effects of the grey oyster mushroom powder content on the quality of Chinese sausage. The content of grey oyster mushroom powder was replacing 0 (control), 1, 2, 3 and 4% of pork on Chinese sausage was evaluated. It was found that moisture content, protein, ash, L* and b* were increased when grey oyster mushroom content increased, but $a_w$ were not significantly difference ($p \geq 0.05$). On the texture profile, hardness, chewiness, gumminess and cohesiveness before frying were decreased. However, hardness, chewiness and gumminess of fried Chinese sausage were increased, except cohesiveness was decreased. Chinese sausage with 2% grey oyster mushroom powder had overall liking similar to Chinese sausage with 0% grey oyster mushroom powder (control), and score was 7.03 as moderate like level.

**Keywords:** Chinese sausage, grey oyster mushroom, replacing, content

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณของเห็ดนางฟ้าผงต่อคุณภาพของกุนเชียง โดยแปรปริมาณเห็ดนางฟ้าผงแทนที่เนื้อหมูเป็น 0 (ตัวควบคุม) 1 2 3 และ 4% ของน้ำหนักเนื้อหมู แล้วผลิตเป็นกุนเชียง พบว่าปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า เส้นใย ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณเห็ดนางฟ้าผงที่เพิ่มขึ้น แต่ค่า $a_w$ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในขณะที่ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง แรงในการเคี้ยว ความแน่นเนื้อ และความเกาะติดกันของกุนเชียงก่อนทอดมีแนวโน้มลดลง ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง แรงในการเคี้ยว และความแน่นเนื้อของกุนเชียงหลังทอดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นด้านความเกาะติดกันมีแนวโน้มลดลง และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเห็นได้ว่ากุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง 2% ของน้ำหนักเนื้อหมู ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับกุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง 0% (ตัวควบคุม) มากที่สุด โดยมีคะแนน 7.03 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

**คำสำคัญ**: กุนเชียง เห็ดนางฟ้า การแทนที่ ปริมาณ

**คำนำ**

เห็ดมีโปรตีนและวิตามินสูงทั้งยังมีเส้นใยมากซึ่งเห็ดแต่ละชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของเห็ด ทั้งนี้เส้นใยอาหารที่มีผลดีต่อสุขภาพหลายประการ เช่น ทำให้ขับถ่ายได้ง่าย นอกจากนี้ยังช่วยจับสารเคมีที่เป็นพิษและทำให้ผ่านลำไส้ได้อย่างรวดเร็ว ลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ได้ (เนตรนภิส, 2549) เห็ดนางฟ้าเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายมีผลผลิตมากจึงมีราคาถูกและเป็นแหล่งคุณค่าทางโภชนาการพวกโปรตีน เส้นใย แต่มีปริมาณไขมันต่ำ จากการศึกษาของ สมศักดิ์และชุติกานต์ (2556) พบว่าเห็ดนางฟ้าผงมีปริมาณเส้นใย 8.56 % หากมีการนำมาเห็ดนางฟ้าผงไปใช้ในผลิตภัณฑ์ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นได้ กุนเชียงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่จะใช้เนื้อหมูมาบดด้วยเครื่องบดเนื้อเป็นการทำให้โครงสร้างกล้ามเนื้อลดลงแต่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้กุนเชียงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่หยาบกว่าไส้กรอกชนิดอิมัลชัน และเนื่องจากกุนเชียงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันสูง หากมีการเพิ่มเส้นใยอาหารจากเห็ดจะเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่กุนเชียงได้มากยิ่งขึ้น

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, Tambon Saensuk, Amphor Muang, Chonburi 20131

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจการนำเห็ดนางฟ้ามาเติมในกุนเชียงเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยการศึกษาผลของปริมาณเห็ดนางฟ้าผงต่อคุณภาพของกุนเชียง

## อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเห็ดนางฟ้าผง: นำเห็ดนางฟ้ามาล้างให้สะอาดและอบที่อุณหภูมิ 65 °C จนกระทั่งเห็ดแห้งและมีความชื้นไม่เกิน 7% บดด้วยเครื่องบดอาหารแห้งนาน 2 นาที แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช บรรจุในถุงโพลีเอธิลีนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 °C เพื่อเป็นวัตถุดิบในขั้นตอนต่อไป (ดัดแปลงจากวิธีของ บรรณ, 2541)

การเตรียมผลิตภัณฑ์กุนเชียง ตามวิธีของ สำนักส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ (2555) นำเนื้อหมูมาตัดแต่งเอาเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและไขมันออกแล้วบดด้วยเครื่องบดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูแปลน 0.5 เซนติเมตร 2 ครั้ง ผสมส่วนผสมทั้งหมด (เนื้อหมู 100%, มันหมูแข็ง 25%, น้ำตาลทราย 28%, เกลือ 2.5%, โซเดียมไนไตร์ท 0.02%, โซเดียมอิริธอเบท 0.29% ของน้ำหนักเนื้อหมู โดยมีการแปรปริมาณเห็ดนางฟ้าผง 5 ระดับ คือ 0 (ตัวควบคุม) 1 2 3 และ 4% ของน้ำหนักเนื้อหมู นวดส่วนผสมทั้งหมดด้วยมือให้เป็นเนื้อเดียวกันนาน 30 นาที แล้วนำมาบรรจุไส้หมูทำให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1±0.1 นิ้ว มัดเป็นท่อน ความยาวท่อนละ 6 นิ้ว นำไปแขวนในเตาอบอุณหภูมิ 65 °C นาน 20 ชั่วโมง บรรจุในถุงโพลีเอธิลีนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 °C จากนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัสและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่ากุนเชียงที่แปรปริมาณเห็ดนางฟ้าผงเท่ากับ 0 (ตัวควบคุม) 1 2 3 และ 4% ของน้ำหนักเนื้อหมูมีปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และเส้นใย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเติมเห็ดนางฟ้าในปริมาณที่มากขึ้นทำให้กุนเชียงมีปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า เส้นใยมากขึ้น เนื่องจากเห็ดนางฟ้าผงมีปริมาณความชื้น 5.63% โปรตีน 3.96% ไขมัน 1.39% เถ้า 6.44% และเส้นใย 8.56% (สมศักดิ์ และชุติกานต์, 2556) ดังนั้นเมื่อเติมเห็ดนางฟ้าในกุนเชียงในปริมาณที่มากขึ้นจึงทำให้มีองค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้เพิ่มขึ้นด้วยแม้จะผ่านการทำแห้งมาแล้วก็ตาม นอกจากนี้กุนเชียงทุกสูตรมีปริมาณไขมันที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$) เนื่องจากในเห็ดนางฟ้าผงมีปริมาณไขมันอยู่น้อยมาก

จากผลการทดลองดังแสดงใน Table 2 เป็นการวิเคราะห์ค่า $a_w$ และค่าสีของกุนเชียงที่แปรปริมาณเห็ดนางฟ้าผงเป็น 0 (ตัวควบคุม) 1 2 3 และ 4% ของน้ำหนักเนื้อหมู พบว่ากุนเชียงทุกสิ่งทดลองมีค่า $a_w$ ไม่แตกต่างกัน สำหรับค่าสีนั้นพบว่าค่า L* และ b* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งเห็นได้ว่าปริมาณเห็ดนางฟ้าผงที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของกุนเชียงมีค่ามากขึ้น

**Table 1** Effect of grey oyster mushroom powder content on proximate analysis of Chinese sausages

| Grey oyster mushroom powder content (%) | content (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | moisture | protein | fat$^{ns}$ | ash | fiber$^{ns}$ |
| 0 (control) | 25.29±0.20$^{c}$ | 26.27±0.36$^{b}$ | 19.80±0.33 | 3.39±0.10$^{c}$ | 0.01±0.01$^{e}$ |
| 1 | 25.66±0.25$^{bc}$ | 26.47±0.39$^{ab}$ | 19.78±0.54 | 3.40±0.06$^{c}$ | 0.14±0.04$^{d}$ |
| 2 | 26.09±0.06$^{ab}$ | 26.72±0.32$^{ab}$ | 19.72±0.58 | 3.43±0.06$^{bc}$ | 0.51±0.04$^{c}$ |
| 3 | 26.57±0.48$^{a}$ | 27.11±0.52$^{ab}$ | 19.67±0.40 | 3.52±0.02$^{ab}$ | 0.80±0.05$^{b}$ |
| 4 | 26.64±0.47$^{a}$ | 27.21±0.61$^{a}$ | 19.59±0.88 | 3.55±0.02$^{a}$ | 1.07±0.11$^{a}$ |

$^{a, b, c...}$ Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

$^{ns}$ Mean values in the same column are not significantly different ($p\geq0.05$)

**Table 2** Effect of grey oyster mushroom powder content on $a_w$, L*, a* and b* of Chinese sausages

| Grey oyster mushroom powder content (%) | $a_w^{ns}$ | L* | a*$^{ns}$ | b* |
|---|---|---|---|---|
| 0 (control) | 0.80±0.01 | 29.34±0.17$^{e}$ | 11.95±0.20 | 7.36±0.22$^{e}$ |
| 1 | 0.80±0.01 | 31.43±0.31$^{d}$ | 11.85±0.30 | 8.66±0.23$^{d}$ |
| 2 | 0.79±0.01 | 32.81±0.35$^{c}$ | 11.73±0.12 | 9.46±0.27$^{c}$ |
| 3 | 0.80±0.01 | 34.87±0.05$^{b}$ | 11.70±0.36 | 12.02±0.13$^{b}$ |
| 4 | 0.80±0.01 | 36.36±0.27$^{a}$ | 11.59±0.12 | 13.85±0.09$^{a}$ |

$^{a, b, c...}$ Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

$^{ns}$ Mean values in the same column are not significantly different ($p\geq0.05$)

**Table 3** Texture profile analysis of Chinese sausages added grey oyster mushroom powder contents at before and after frying

| Frying | Grey oyster mushroom powder content (%) | hardness (g f) | chewiness | gumminess (g f) | cohesiveness |
|---|---|---|---|---|---|
| Before | 0 (control) | 5179.63±0.63$^{a}$ | 4319.12±0.58$^{a}$ | 4496.45±0.51$^{a}$ | 0.87±0.02$^{a}$ |
| | 1 | 3704.14±0.11$^{b}$ | 2628.72±0.09$^{b}$ | 2618.05±0.09$^{b}$ | 0.80±0.01$^{b}$ |
| | 2 | 3365.15±0.28$^{b}$ | 2011.99±0.12$^{c}$ | 2218.04±0.12$^{b}$ | 0.77±0.03$^{bc}$ |
| | 3 | 2269.15±0.18$^{c}$ | 1505.06±0.20$^{cd}$ | 1732.13±0.02$^{c}$ | 0.74±0.02$^{c}$ |
| | 4 | 2056.78±0.42$^{c}$ | 1355.22±0.11$^{d}$ | 1614.26±0.12$^{c}$ | 0.70±0.01$^{d}$ |
| After | 0 (control) | 5412.30±0.23$^{d}$ | 4596.59±0.20$^{d}$ | 4704.53±0.15$^{c}$ | 0.89±0.01$^{a}$ |
| | 1 | 8810.50±0.17$^{c}$ | 5359.00±0.16$^{c}$ | 6020.12±0.14$^{b}$ | 0.75±0.01$^{b}$ |
| | 2 | 9058.43±0.31$^{c}$ | 5598.18±0.33$^{c}$ | 6209.72±0.43$^{b}$ | 0.71±0.01$^{c}$ |
| | 3 | 9934.70±0.40$^{b}$ | 6329.32±0.17$^{b}$ | 6665.40±0.07$^{b}$ | 0.70±0.03$^{cd}$ |
| | 4 | 11407.80±0.85$^{a}$ | 7845.90±0.69$^{a}$ | 8763.79±0.79$^{a}$ | 0.67±0.03$^{d}$ |

$^{a, b, c...}$ Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

จากผลการทดลองดังแสดงใน Table 3 พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสด้าน hardness, chewiness, gumminess และ cohesiveness ของกุนเชียงก่อนทอดที่แปรปริมาณเห็ดนางฟ้าผงเท่ากับ 0 (ตัวควบคุม) 1 2 3 และ 4% ของน้ำหนักเนื้อหมูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จะเห็นได้ว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของกุนเชียงก่อนทอดเมื่อเติมเห็ดนางฟ้าผงในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ hardness chewiness gumminess และ cohesiveness มีค่าลดลง เนื่องจากเห็ดนางฟ้าซึ่งมีปริมาณเส้นใย 8.56% (สมศักดิ์ และ ชุติกานต์, 2556) เมื่อเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างเนื้อหมูในกุนเชียงทำให้โครงสร้างผลิตภัณฑ์ไม่ยึดเกาะกันส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของกุนเชียงมีความแข็ง แรงในการเคี้ยว ความแน่นเนื้อ และความเกาะติดกันน้อยลง

สำหรับกุนเชียงหลังทอดที่แปรปริมาณเห็ดนางฟ้าผงเป็น 0 (ตัวควบคุม) 1 2 3 และ 4% ของน้ำหนักเนื้อหมูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่า hardness chewiness และ gumminess มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเติมเห็ดนางฟ้าผงในปริมาณที่มากขึ้น เพราะเมื่ออาหารได้รับความร้อนทำให้น้ำภายในอาหารเดือด น้ำจะระเหยออกสู่ภายนอกทำให้ความชื้นของอาหารลดลง ผิวหน้าอาหารแห้งแข็ง (นิธิยา, 2551) และการมีปริมาณเส้นใยมากก็จะส่งผลให้

ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มมากขึ้นด้วย ยกเว้นค่า cohesiveness มีแนวโน้มลดลง เมื่อมีปริมาณเห็ดนางฟ้าผงมากขึ้น เนื่องจากเห็ดนางฟ้าซึ่งมีเส้นใยสูงจะเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างเนื้อหมูในกุนเชียงทำให้โครงสร้างผลิตภัณฑ์ไม่ยึดเกาะกัน ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของกุนเชียงมีความเกาะติดกันน้อยค่า cohesiveness จึงน้อยลง

**Table 4** Effect of pretreatment of grey oyster mushroom on overall liking of Chinese sausages คะแนนการ

| Grey oyster mushroom powder content (%) | Overall liking |
|---|---|
| 0 (control) | 7.17±0.95$^{a}$ |
| 1 | 6.47±1.22$^{b}$ |
| 2 | 7.03±1.07$^{a}$ |
| 3 | 6.33±1.06$^{b}$ |
| 4 | 6.03±1.07$^{b}$ |

$^{a, b}$ Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different (p<0.05)

จากผลการทดลองการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมดัง Table 4 พบว่ากุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง 0% (ตัวควบคุม) มีคะแนนด้านความชอบโดยรวมสูงสุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.17 คะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง และ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากกุนเชียงเติม 2% ของน้ำหนักเนื้อหมู และมีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากอย่างมีนัยสำคัญ

## สรุปผล

จากการศึกษาผลของปริมาณเห็ดนางฟ้าต่อคุณภาพของกุนเชียง โดยแปรปริมาณเห็ดนางฟ้าผงเท่ากับ 0 (ตัวควบคุม) 1 2 3 และ 4% ของน้ำหนักเนื้อหมู พบว่าปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า เส้นใย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการแปรปริมาณเห็ดนางฟ้าผง ส่วนค่า $a_w$ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง 0% (ตัวควบคุม) มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสทั้งก่อนทอดและหลังทอดด้านความเกาะติดกันมากที่สุด และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเห็นได้ว่ากุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง 2% ของน้ำหนักเนื้อหมู มีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากกุนเชียงเติมเห็ดนางฟ้าผง 0% (ตัวควบคุม) เท่ากับ 7.03 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

## เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2551, เคมีอาหาร (พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

เนตรนภิส ธนนิเวศน์กุล, 2549, เห็ดคุณค่าทางอาหาร, วารสารหมอชาวบ้าน, 28(327): 25-31.

บรรณ บูรณะชนบท, 2541, เห็ดหูหนู, กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มิตรสยาม.

สมศักดิ์ มาฆะสิทธิ์ และ ชุติกานต์ สมจิตต์, 2556, โครงงานวิจัย เรื่อง ผลของการเติมเห็ดนางฟ้าต่อคุณภาพของกุนเชียง, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์, กุนเชียง, [สืบค้น] , http://www.dld.go.th/transfer/th1/index.php [17/ November/ 12]

# สมบัติทางกายภาพเคมีและการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของแยมฝรั่งเสริมสมุนไพร

## Physicochemical and Sensory Analysis of Herbal Guava Jam

**เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์** [1]
Ieowsakulrat, S.[1]

### Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of herb to guava jam quality. The 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% of colorful-herbal solution: 1) safflower (red-orange) 2) negakassar (yellow), and 3) sappan heartwood (red) was substituted to 50% guava juice. Based on sensory tests, the only herbal jam that had higher score of color and odor compared to control ($p \leq 0.05$) and the highest of overall acceptance ($p \leq 0.05$) was the 1.5% sappan heartwood formula. Physicochemical properties and 4 weeks storage (in glass jar) at 30 $\pm$ 2$^{o}$C of sappan and control formula were studied. Moisture of sappan formula was high, but fiber, ash, sugar and vitamin C were low. During storage, the 2 formulas were similar in that L* decreased, but a* and b* increased ($p \leq 0.05$). The pH and texture values decreased and increased, respectively. Total bacteria and osmophilic yeast were found on the 4$^{th}$ week and herbal formula had a lower count.

**Keywords:** guava, herb, jam

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสมุนไพรเพื่อคุณภาพแยมฝรั่ง โดยใช้น้ำสมุนไพรที่มีสี 3 ชนิด ได้แก่ ดอกคำฝอย (แดงส้ม) ดอกสารภี(เหลือง) และ แก่นฝาง(แดง) ที่เข้มข้น 0.5 1.0 1.5 และ 2.0% ทดแทนน้ำฝรั่ง 50% นำแยมสมุนไพรมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า สูตรเสริมแก่นฝาง 1.5% เพียงสูตรเดียวที่ผู้ชิมให้การยอมรับด้านสีและกลิ่นดีกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) และยอมรับมากกว่าสูตรเสริมสมุนไพรอื่น ($p \leq 0.05$) จึงเลือกสูตรแยมฝรั่งเสริมแก่นฝาง 1.5% มาศึกษาเปรียบเทียบกับสุตรควบคุม พบว่า สูตรเสริมแก่นฝางมีปริมาณความชื้นสูงกว่า เส้นใยอาหาร เถ้า น้ำตาล และวิตามินซีน้อยกว่าสูตรควบคุม ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในขวดแก้วปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง (30 $\pm$ 2$^{o}$C) นาน 4 สัปดาห์ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าแยมทั้ง 2 สูตรคล้ายกัน โดยสีจะเข้มขึ้น ค่า L* ลดลง a* และ b* มีค่าเพิ่มขึ้น($p \leq 0.05$) แนวโน้มของค่า pH ลดลงและลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและ osmophilic yeast ในสัปดาห์ที่ 4 โดยสูตรเสริมแก่นฝางมีปริมาณน้อยกว่าสูตรควบคุม

**คำสำคัญ**: ฝรั่ง, สมุนไพร, แยม

### คำนำ

แยมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากส่วนประกอบผลไม้ซึ่งอาจเป็นผลไม้ทั้งผล ผลไม้เป็นชิ้น เนื้อผลไม้หรือผลไม้ปั่นผสมกับน้ำตาลหรือจะผสมน้ำผลไม้เข้มข้นด้วยก็ได้ และทำให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะ (ทนง, 2539) นอกจากนี้ยังมีการเติมกรด น้ำตาล และเพคติน เพื่อปรับรสชาติและช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสภาพเจลที่เหมาะสม แยมฝรั่งจะต้องมีเนื้อฝรั่งในสูตรไม่น้อยกว่า 15% และมีสารที่ละลายได้ไม่น้อยกว่า 65% ของน้ำหนัก และไม่มีวัตถุที่ให้ความหวานอื่นนอกจากน้ำตาล (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213, พ.ศ. 2543) ฝรั่ง (*Psidium guajava* Linn.) เป็นผลไม้ที่มีตลอดปี และมีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะวิตามินซี ใยอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งต่างประเทศได้มีการผลิตแยมฝรั่งที่ให้ผลิตภัณฑ์เป็นสีแดง เนื่องจากใช้ฝรั่งพันธุ์เนื้อแดง แต่ประเทศไทยฝรั่งส่วนใหญ่เป็นเนื้อสีขาว จึงทำให้สีของผลิตภัณฑ์แยมฝรั่งไม่น่ารับประทาน มีงานวิจัยที่ใช้สารทดแทนความหวานในแยมฝรั่ง (Bakr และ Mesquita และคณะ) แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่ปรับสีของแยมฝรั่งโดยใช้สมุนไพร ซึ่งสมุนไพรนอกจากจะมีสรรพคุณทางยาแล้วสมุนไพรยังให้สีที่สามารถนำใช้ปรับสีของผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาผลของสมุนไพรเพื่อคุณภาพแยมฝรั่ง โดยเลือกใช้สมุนไพรที่ให้สี 3 ชนิด ได้แก่ ดอกคำฝอย (safflower) โดยน้ำดอกคำฝอยจะให้สีแดงส้ม ดอกคำฝอยมีสรรพคุณช่วยลดไขมันในเลือด ดอก

[1] **สาขาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร10400**
[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok 10400

สารภี (negakassar) โดยน้ำดอกสารภีจะให้สีเหลือง ดอกสารภีมีสรรพคุณเป็นยาบำรุงหัวใจ และแก่นฝาง (sappan heartwood) โดยน้ำแก่นฝางจะให้สีแดง แก่นฝางมีสรรพคุณแก้ท้องร่วง บำรุงโลหิตสตรี (อภัยภูเบศร์, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล)

## อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ใช้ฝรั่งกลมสาลี่ในการทำแยมฝรั่ง โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. การทดสอบด้านเคมีและกายภาพของแยมผลไม้ที่วางขายเชิงพาณิชย์ : โดยทำการเลือกแยมผลไม้จำนวน 3 ยี่ห้อ มาทดสอบค่าความแข็ง (hardness) ค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการผลิตแยมฝรั่งสูตรพื้นฐาน

2.ศึกษาสูตรและผลิตแยมฝรั่งสูตรควบคุม : ส่วนประกอบของการผลิตแยมฝรั่ง ได้แก่ เนื้อฝรั่ง (ต้องมีปริมาณมากกว่า 15% โดยน้ำหนัก) น้ำฝรั่ง น้ำตาลทราย ผงเพคติน และกรดซิตริก ทำการผลิตโดยนำเนื้อฝรั่งต้มในน้ำฝรั่ง จากนั้นเติม น้ำตาลทรายลงไปประมาณครึ่งหนึ่ง คนให้ละลาย แล้วเติมผงเพคตินที่ผสมกับน้ำตาลที่เหลือเทผสมแล้วคนให้เข้ากัน เติมกรดซิตริกแล้วเคี่ยวต่อไปจนได้อุณหภูมิ 105 $^{o}$C หรือวัดค่า TSS ได้ 67 $^{o}$Brix ทดสอบทางเคมีและกายภาพ ทำการปรับสูตรแยมฝรั่งให้ได้ตามเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์แยม (ค่า pH = 2.8-3.5 TSS = 65$^{o}$Brix) และปรับให้ ลักษณะเนื้อสัมผัสให้ใกล้เคียงกับสมบัติทางเคมีและกายภาพจากข้อที่ 1

3. การเตรียมน้ำสมุนไพร : เตรียมสารละลายจากสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ดอกคำฝอย ดอกสารภี และแก่นฝาง ที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0 ,1.5 และ 2.0 % (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยการต้มสมุนไพรในน้ำเดือด นาน 10 นาที จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง ได้น้ำสมุนไพรชนิดต่างๆ

4. การผลิตแยมฝรั่งสูตรเสริมสมุนไพร : ใช้น้ำสมุนไพรแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆ ทดแทนน้ำฝรั่ง 50% ในการทำแยมฝรั่งเสริมสมุนไพร

5. การเลือกสูตรแยมฝรั่งที่เสริมสุมนไพรที่ได้รับการยอมรับมากสุด : โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการเลือกระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม (เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม) โดยการประเมินผลทางประสาทสัมผัส ได้สูตรที่ต้องการ 3 สูตร(ตามชนิดของสมุนไพร) จากนั้นนำมาทดสอบขั้นที่ 2 โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ชิมจำนวน 20 คนทำแบบทดสอบความชอบ 9 – point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9= ชอบมากที่สุด) วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test เลือกสูตรที่ดีที่สุดเพียง 1 สูตร

6. การทดสอบเปรียบเทียบแยมฝรั่งสูตรควบคุมและแยมฝรั่งเสริมสมุนไพรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด : ทดสอบทางด้านเคมี (ปริมาณความชื้น ใยอาหาร เถ้า น้ำตาล และวิตามินซี) และศึกษาอายุการเก็บในขวดแก้วใส นาน 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง ($30\pm2$ $^{o}$C) ทำการวัดค่าสี ค่า pH ค่าความแข็ง ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณ Osmophilic yeast และปริมาณ ยีสต์และรา

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษานี้ แยมที่เป็นสูตรที่วางขายเชิงพาณิชย์ มีค่าความแข็ง 0.77 – 1.39 N ค่า pH 3.09 – 3.24 ค่า TSS 65 – 67 $^{o}$Brix และผลการปรับสูตรของแยมฝรั่งสูตรควบคุมใช้เนื้อฝรั่ง 20.71% ซึ่งมีค่าความแข็ง เท่ากับ 1.13 N ค่า pH เท่ากับ 3.36 และ ค่า TSS เท่ากับ 67 $^{o}$Brix เมื่อศึกษาการใช้น้ำสมุนไพรพบว่า สมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ทำให้ค่า L* ลดลง a* และ b* เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม (ไม่ได้แสดงผล) ค่าความแข็งอยู่ในช่วง 0.88 – 1.30 N และค่า pH 3.28 – 3.45 สำหรับสูตรแยมสมุนไพรที่ได้รับการยอมรับจากผู้ชิม พบว่า แยมฝรั่งเสริมน้ำดอกคำฝอย 0.5% ($p\leq0.05$) แยมฝรั่งเสริมน้ำดอกสารภี 1.0% ($p\leq0.05$) และ แยมฝรั่งเสริมฝาง 1.5% ได้รับการยอมรับมากสุดเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($p\leq0.05$) โดยมีค่าการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 6.05 6.50 และ 6.65 ตามลำดับ ค่าการยอมรับโดยรวมของสูตรควบคุม อยู่ในช่วง 5.6 – 6.0 (ไม่ได้แสดงข้อมูล) และแยมฝรั่งเสริมน้ำแก่นฝาง 1.5% เป็นเพียงสูตรเดียวที่ผู้ชิมให้การยอมรับด้านสีและกลิ่นดีกว่าสูตรควบคุมและได้รับการยอมรับมากกว่าสูตรเสริมสมุนไพรอื่น (ตาม Table 2) เมื่อนำแยมฝรั่งเสริมน้ำแก่นฝาง 1.5% และแยมฝรั่งสูตรควบคุมมาทดสอบสมบัติทางเคมี พบว่าสูตรเสริมน้ำแก่นฝางมีปริมาณความชื้นสูงกว่า แต่มีใยอาหาร เถ้า น้ำตาลและวิตามินซีน้อยกว่าสูตรควบคุม ซึ่งเป็นผลจากการทดแทนน้ำฝรั่งด้วยน้ำสมุนไพร ซึ่งปริมาณน้ำตาลที่ลดลงจะเป็นแนวทางในการพัฒนาให้เป็นแยมเพื่อสุขภาพได้ และจากการศึกษาอายุการเก็บรักษาพบว่า สีของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่างจะเข้มขึ้น โดยค่า L* ลดลง ($p\leq0.05$) a* และ b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เกิดจากการเกิดออกซิเดชั่นของน้ำตาล

และการใช้ขวดแก้วใสจะส่งผลต่อค่า L* , a* และ b* มากกว่าขวดทึบแสง (Mesquita และคณะ) แนวโน้มของค่า pH ลดลง ส่วนค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนเป็น sugar acid ทำให้ค่า pH ลดลง ค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้น โดยค่า pH ยังอยู่ในช่วงที่กำหนดตามมาตรฐาน (ค่า pH สูตรควบคุม : 3.12 – 3.36 และสูตรเสริมสมุนไพร : 3.02 – 3.25) สำหรับผลการตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ตรวจพบในสัปดาห์ที่ 4 ในแยมฝรั่งสูตรควบคุมและแยมฝรั่งเสริมแก่นฝาง เท่ากับ 2.1 X$10^2$ และ 1.4x$10^2$ CFU/g ตามลำดับ ปริมาณ Osmophilic yeast ตรวจพบในสัปดาห์ที่ 4 เช่นกัน ในแยมฝรั่งสูตรควบคุมและแยมฝรั่งเสริมน้ำแก่นฝาง เท่ากับ 20 และ 15 CFU/g ตามลำดับและในการเก็บ 4 สัปดาห์ตรวจไม่พบยีสต์และรา การเกิดเชื้อจุลินทรีย์ภายในเวลา 4 สัปดาห์ อาจเนื่องจากขั้นตอนในการล้างซึ่งใช้เพียงน้ำประปาเท่านั้นและไม่ได้มีการควบคุมคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของสมุนไพรที่นำมาใช้

## สรุปผล

จากงานวิจัยนี้แยมฝรั่งที่เป็นสูตรควบคุมจะใช้เนื้อฝรั่ง 20.71% ซึ่งอยู่ในระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์แยม และการใช้สมุนไพรเพื่อปรับคุณภาพของแยมมีความเป็นไปได้ โดยสูตรแยมฝรั่งเสริมน้ำแก่นฝาง 1.5% ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมากสุดเมื่อเปรียบเทียบกับแยมสมุนไพรสูตรอื่น ($p \leq 0.05$)

## เอกสารอ้างอิง


กัลยานี ชาวนา, 2546, แยมแครอทจากกลูโคแมนแนน โครงการวิจัยสาขาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทนง ภัครัชพันธุ์, ผัก ผลไม้และผลิตภัณฑ์ ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2539, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 314 – 324. พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 พ.ศ.2543 เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท [สืบค้น], http://iodinethailand.fda.moph.go.th/food_54/data/announ_moph/P213.pdf [24/ January/ 15]

อภัยภูเบศร์ สมุนไพรอภัยภูเบศร์ [สืบค้น], http://www.abhaiherb.com/product/herb-tea/531 [22/ January/ 15]

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2005, Official Method of Analysis.15th ed., Arlington: The Association of Official Analytical Chemists.

Bakr, A.A., 1997, Application Potential for Some Sugar Substitutes in Some Low Energy and Diabetic Foods. Nahrung, 41 (3, S): 170 – 175.

Mesquita, K.S., Borges, S.V., Carneiro, J.D.D.S., Menezes, C.C. and Marques, G.R., 2013, Quality Alterations during Storage of Sugar-free Guava Jam with Added Prebiotics, Journal of Food Processing and Preservation, 37: 806-813.

(a) (b) (c) (d)

**Figure 1** Guava jam and herbal- guava jam

(a) Control formula (b) 0.5% Safflower formula (c) 1.0% Negakassar formula (d) 1.5% Sappan formula

**Table 1** Sensory evaluation of herbal- guava jam

| Attributes | Herbal - guava jam | | |
|---|---|---|---|
| | 0.5 %Safflower | 1.0 %Negakassar | 1.5 %Sappan |
| Texture [ns] | 5.95 | 6.55 | 6.55 |
| Color | 5.50[b] | 5.70[b] | 7.65[a] |
| Odor | 5.55 | 6.00 | 6.40 |
| Sweetness | 5.60 | 6.25 | 6.50 |
| Sourness | 5.30[b] | 6.50[b] | 6.25[a] |
| Overall acceptance | 5.45[b] | 6.65[a] | 7.10[a] |

[a,b,c] : Values with different letter in same row significantly different. ($p \leq 0.05$), ns : non significantly different ($p > 0.05$)

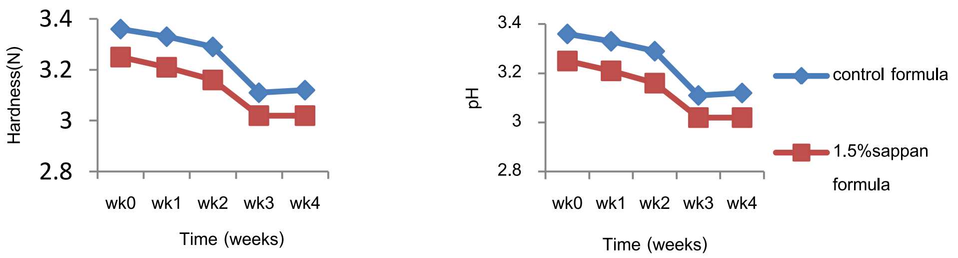
**Table 2** Chemical composition of control jam and sappan jam

| Guava Jam Formula | Moisture(%) | Fiber(%) | Ash(%) | Sugar(%) | Vitamin C(mg) |
|---|---|---|---|---|---|
| Control jam | 39.35 | 1.55 | 1.308 | 34.29 | 0.776 |
| 1.5% Sappan-guava jam | 54.02 | 0.965 | 0.979 | 25.99 | 0.69 |

**Table 3** Result of shelf life studies: L* a* and b* values of control and appan-guava jam during storage at 30°C

| | Control guava jam | | | Sappan – guava jam | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Week | L* | a* | b*[ns] | L* | a* | b* |
| 0 | 39.71[a] | 1.08[c] | 26.95 | 32.04[a] | 8.83[c] | 28.22[bc] |
| 1 | 35.80[b] | 4.51[b] | 25.10 | 29.32[bc] | 10.74[b] | 26.56[c] |
| 2 | 37.16[b] | 4.36[b] | 26.59 | 31.12[ab] | 9.97[bc] | 28.44[bc] |
| 3 | 27.96[c] | 9.93[a] | 25.06 | 27.33[d] | 10.38[b] | 29.64[ab] |
| 4 | 26.80[c] | 10.49[a] | 25.33 | 29.01[cd] | 13.97[a] | 30.41[a] |

[a,b,c] : Values with different letter in same row significantly different. ($p \leq 0.05$), ns : non significantly different ($p > 0.05$)




(a) (b)

**Figure 2** The change in (a) Hardness and (b) pH of herbal guava jam compared to the control.

# ความพร้อมของเกษตรกรในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร ในพื้นที่อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

# Readiness of Farmers toward Organic Vegetable Production Systems of Farmer in Wangnamkhiao District, Nakhonratchasima Province

**นันทิกา จ่าพิชม**[1] **และ พิชัย ทองดีเลิศ**[2]

Japichom, N.[1] and Tongdeelert, P.[2]

## Abstract

The objective of this research was to study the readiness of farmers toward organic vegetable production systems of farmers in Wangnamkhiao District, Nakhonratchasima Province. A total of 93 farmers produced conventional vegetables were interview for data collection. The study found that the majority farmers were female, age was between 41-50 years, and had primary education. There were 1-3 person household workers with less than three rais of vegetable production area, most farmers did not own the land, had 5-10 years of experience in vegetable production and used their own funds. Most farmers produced vegetables in 3 steps: 1) Land preparation. 2) Control of diseases and pests. 3) Production planning. Farmers had knowledge to produce organic vegetables at medium level. The percentage of farmers ready to produce organic vegetables was 60.57% at the maximum and 39.5% at the minimum. Farmers received information about production of organic vegetable from television at the most. Pest infestation was a major problem.

**Keywords:** organic vegetable production system, Nakhonratchasima province

## บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพร้อมของเกษตรกรในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ประชากรศึกษาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้ผลิตผักที่ยังไม่เข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ ในพื้นที่อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 93 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุอยู่ในช่วง 41-50 ปี ระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษา มีแรงงานในครัวเรือน 1-3 คน มีพื้นที่ผลิตผักน้อยกว่า 3 ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่มีที่ดินเป็นของตนเอง มีประสบการณ์ในการผลิตผัก 5-10 ปี และใช้เงินทุนของตนเอง เกษตรกรส่วนใหญ่มีระบบการผลิตผักตามขั้นตอน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การเตรียมพื้นที่ การป้องกันกำจัดโรคและแมลง และการวางแผนการผลิต เกษตรกรมีความรู้ในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์อยู่ในระดับปานกลาง เกษตรกรมีความพร้อมในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ด้านเศรษฐกิจมากที่สุด (60.57%) และด้านที่เกษตรกรมีความพร้อมน้อยที่สุด คือ ด้านกายภาพ ที่มีลักษณะไม่เหมาะสมสำหรับการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ (39.50%) เกษตรกรมีการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ จากสื่อโทรทัศน์มากที่สุด และนอกจากนี้ยังพบว่า ปัญหาในการผลิตผักที่เกษตรกรพบมากที่สุด คือ ปัญหาศัตรูพืชรบกวน

**คำสำคัญ**: การผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ จังหวัดนครราชสีมา

---

[1] **สำนักงานเกษตรอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา**

[1] Wangnamkhiao District Agriculture Extension Office, Nakhonratchasima Province

[2] **ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ** 10900

[2] Departmant of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatujak, Bangkok 10900

## คำนำ

ปัจจุบัน จะเห็นได้ว่าพิษภัยของสารเคมีไม่ว่าจะเป็นสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร หรือสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการอื่นๆ ได้ส่งผลกระทบต่อดิน น้ำ และทรัพยากรทางธรรมชาติอื่นๆ ไม่เว้นแม้แต่พิษภัยอันตรายที่เกิดกับมนุษย์ จึงเกิดกระแสรักสุขภาพของคนแพร่ไปทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยของเราด้วย โดยอัตราการเจ็บป่วยซึ่งเกิดจากการบริโภคอาหารที่มีสารพิษปนเปื้อนก็มีอยู่ไม่น้อยในแต่ละปี โดยเฉพาะโรคมะเร็งซึ่งเป็นสาเหตุการตายลำดับต้นๆของประเทศไทย ดังนั้นคนส่วนส่วนใหญ่จึงหันมาบริโภคอาหารปลอดภัยกันสูงขึ้นทุกปี โดยเฉพาะอาหารในกลุ่มเกษตรอินทรีย์ (แสงเดือน, 2553)

การผลิตพืชตามระบบเกษตรอินทรีย์นั้น มีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 ยุทธศาสตร์ที่ 2 พัฒนาขีดความสามารถในการผลิต การจัดการสินค้าเกษตร และความมั่นคงด้านอาหาร เพื่อสร้างฐานการผลิตภาคเกษตรให้เข้มแข็ง ทำให้เกิดความมั่นคงในอาชีพ และรายได้ให้กับเกษตรกร พัฒนาคุณภาพสินค้าและอาหารให้มีความสามารถในการแข่งขัน ประชาชนมีความมั่นคงด้านอาหาร และมีผลผลิตเพียงพอกับความต้องการด้านอาหารและพลังงาน รวมทั้งเสริมให้มีการนำผลงานวิจัยและพัฒนาด้านการเกษตรไปใช้ประโยชน์มากขึ้น โดยการส่งเสริมการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Green Product) ด้วยการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสะอาด ลดมลพิษจากแหล่งผลิตภาคการเกษตร (สำนักมาตรฐานเกษตรอินทรีย์, 2555)

จากการศึกษาข้อมูลอำเภอวังน้ำเขียว พบว่าสภาพอากาศและสภาพพื้นที่มีความเหมาะสมที่จะปลูกพืชได้เกือบทุกชนิด แต่พืชที่เป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกร ปลูกได้ดี มีคุณภาพ และสร้างชื่อเสียงให้กับอำเภอวังน้ำเขียว คือ พืชผัก ทั้งผักเมืองหนาว เช่น กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค ผักครอส ผักกาดแก้ว และผักเมืองร้อน เช่น มะเขือเทศ ผักคะน้า ผักบุ้ง ฟักแม้ว ส่วนลักษณะการผลิตผักของเกษตรกรมีทั้งผลิตในระบบเคมี ระบบ GAP และระบบเกษตรอินทรีย์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป.)

เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายของภาครัฐที่พยายามสนับสนุนและส่งเสริมด้านเกษตรอินทรีย์ และเพื่อให้เกษตรกรผู้ผลิตผักอำเภอวังน้ำเขียวมีความมั่นคงในอาชีพ จึงทำการศึกษาความพร้อมของเกษตรกรในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ให้ผู้ที่สนใจได้นำไปเป็นข้อมูลในการพัฒนาเพื่อเตรียมความพร้อมให้กับตนเองหรือบุคคลเป้าหมายที่มีความสนใจในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์

## อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรผู้ผลิตผักที่ยังไม่เข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสี จำนวน 93 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ใช้แบบสัมภาษณ์ (Interviewing Schedule) โดยแบ่งเป็น 6 ตอน คือ ตอนที่ 1 ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล ตอนที่ 2 การรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ ตอนที่ 3 ลักษณะการผลิตผักของเกษตรกร ตอนที่ 4 ความรู้ในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ ตอนที่ 5 ความพร้อมในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ ตอนที่ 6 ปัญหาและข้อเสนอแนะในการผลิตผักของเกษตรกร ทำการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เกษตรกร ในเดือนมกราคม 2558 จำนวน 93 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive statistic) ประกอบด้วยค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

## ผลการทดลอง

ปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 59.9 ) มีอายุระหว่าง 41-50 ปี จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา (ร้อยละ 61.3) จำนวนสมาชิกที่เป็นแรงงานในครัวเรือน 1-3 คน มีพื้นที่ที่ใช้ในการผลิตผักน้อยกว่า 3 ไร่ โดยพื้นที่ถือครองส่วนใหญ่เป็นของตนเอง (ร้อยละ 50.0) มีประสบการณ์ในการผลิตผัก 5-10 ปี เงินทุนที่ใช้ในการผลิตผักเป็นของตนเอง เกษตรกรมีการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์เป็นประจำมากที่สุด จากสื่อโทรทัศน์ (ร้อยละ 45.2) รองลงมา คือ สื่อวิทยุ (ร้อยละ 20.4) ลักษณะการผลิตผักของเกษตรกร เกษตรกรให้ความสำคัญกับการเตรียมพื้นที่มากที่สุด (ร้อยละ 83.2) รองลงมา คือ การวางแผนการผลิต (ร้อยละ 73.2) และการป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามขั้นตอน (ร้อยละ 63.6) เกษตรกรมีความรู้ในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์อยู่ในระดับ ปานกลาง (ค่าเฉลี่ย .59) เกษตรกรมีความพร้อมด้านเศรษฐกิจมากที่สุด (ร้อยละ 60.57) รองลงมา คือ ด้านสังคม (ร้อยละ 54.8) และมีความพร้อมด้านเศรษฐกิจมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย ร้อยละ 60.57) มีความพร้อมด้านกายภาพน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย ร้อยละ 39.5) เกษตรกรมีปัญหาในการผลิตผักอยู่ในระดับน้อย (ค่าเฉลี่ย 1.53) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าเกษตรกรมีปัญหาด้านศัตรูพืชรบกวนมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 2.15) และมีปัญหาด้านไม่มีตลาดรองรับผลผลิตน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 1.16)

## วิจารณ์ผล

จากการศึกษาการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ พบว่า เกษตรกรมีการรับรู้ข้อมูลข่าวสารอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 1.53) โดยได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อโทรทัศน์มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากสื่อโทรทัศน์เป็นสื่อที่เกษตรกรสามารถเข้าถึงได้ง่ายที่สุด ทุกครัวเรือนมีโทรทัศน์ และปัจจุบันนี้รัฐบาลก็ได้มีนโยบายที่ส่งเสริมและสนับสนุนให้ทำการเกษตรตามระบบเกษตรอินทรีย์ จึงมีรายการที่เกี่ยวข้องกับการทำการเกษตรตามระบบเกษตรอินทรีย์ที่เกษตรกรที่มีความสนใจสามารถติดตามชมได้

จากการศึกษาลักษณะการผลิตผักของเกษตรกรผู้ผลิตผักที่ยังไม่เข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ พบว่า เกษตรกรให้ความสำคัญกับการเตรียมพื้นที่ในการผลิตผักมาเป็นอันดับ 1 (ค่าเฉลี่ย ร้อยละ 83.20) เพราะผักเป็นพืชอายุสั้น การที่จะผลิตผักให้ได้คุณภาพนั้น ความอุดมสมบูรณ์ของดินและน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญ

จากการศึกษาความพร้อมด้านกายภาพ ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคม พบว่าเกษตรกรมีความพร้อมด้านกายภาพน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย ร้อยละ 39.50) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นอุปสรรคในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ เนื่องจากสภาพโดยรอบที่มีการทำพืชเชิงเดี่ยว และยังคงใช้สารเคมีเป็นจำนวนมาก การขาดแหล่งน้ำที่สะอาดในการผลิตผัก เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงใช้น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น น้ำจากลำธาร และน้ำคลอง การจะมีน้ำสะอาดใช้ในการผลิตผักจึงต้องมีการขุดบ่อในพื้นที่ ซึ่งตัวเกษตรกรมองว่าเป็นการลงทุนที่ค่อนข้างสูง และเกษตรกรมีความพร้อมด้านเศรษฐกิจมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย ร้อยละ 60.57) เนื่องจากเกษตรกรใช้พื้นที่ในการผลิตผักไม่มาก ปลูกผักโดยการหมุนเวียนพื้นที่ ใช้แรงงานในครัวเรือน และผักเป็นพืชอายุสั้น เกษตรกรจึงมีเงินทุนหมุนเวียนตลอดเวลา

ปัญหาของเกษตรกรในการผลิตผัก พบว่าเกษตรกรผู้ผลิตผักมีปัญหาด้านศัตรูพืชรบกวนมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 2.15) ซึ่งหากเกษตรกรจะผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์จะต้องมีการทำโรงเรือนเพื่อป้องกันโรคและแมลงซึ่งเป็นการลงทุนที่สูง ซึ่งในการผลิตผักตามปกติ (ใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต) ก็ยังไม่มีปัญหาในส่วนของราคาผลผลิตและตลาดรองรับ และเกษตรกรยังสามารถใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลง ซึ่งมีความสะดวกและรวดเร็วกว่า และเกษตรกรมีปัญหาเรื่องตลาดรองรับผลผลิตน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 1.16) แม้ว่าเกษตรกรจะยังคงผลิตผักโดยใช้สารเคมีก็ยังคงมีตลาดรองรับผลผลิต และเกษตรกรยังคงไม่เห็นความแตกต่างของราคาผลผลิตระหว่างผักที่ผลิตตามระบบเกษตรอินทรีย์ และผักที่ยังคงใช้สารเคมีในระบบการผลิต

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาความพร้อมของเกษตรกรในการผลิตผักของเกษตรกรผู้ผลิตผักที่ยังไม่เข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ ในพื้นที่อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เพื่อเปรียบเทียบความพร้อมของเกษตรกรผลิตผักในด้านต่างๆ และควรมีการศึกษาถึงตลาดผู้บริโภคของเกษตรกรผู้ผลิตผักที่ยังไม่เข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ และเกษตรกรผู้ผลิตผักที่เข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์แล้ว เพื่อศึกษาแนวทางการตลาดรองรับสำหรับเกษตรกรที่มีความพร้อมในการปรับเปลี่ยนมาผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์

## สรุปผล

จากการศึกษา พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย มีอายุอยู่ระหว่าง 41-50 ปี การศึกษาอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษา จำนวนสมาชิกในครัวเรือนที่เป็นแรงงาน 1-3 คน มีขนาดการถือครองที่ดินน้อยกว่า 3 ไร่ กรรมสิทธิ์ในการถือครองที่ดินส่วนใหญ่เป็นของตนเอง มีระยะเวลาในการผลิตผัก 5-10 ปี เงินทุนที่ใช้ในการผลิตผักเป็นของตนเอง มีการรับรู้ข้อมูลข่าวสารในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ อยู่ในระดับปานกลาง โดยได้รับข้อมูลข่าวสารจากสื่อโทรทัศน์มากที่สุด เมื่อพิจารณากระบวนการผลิตของเกษตรกรที่ยังไม่เข้าสู่การผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์มี 3 กระบวนการที่เกษตรกรให้ความสำคัญ คือ การเตรียมพื้นที่ปลูก การป้องกันกำจัดโรคและแมลง และการวางแผนการผลิต และด้านที่เกษตรกรให้ความสำคัญมากที่สุด คือการเตรียมพื้นที่ปลูก ความรู้ในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรอยู่ในระดับปานกลาง ความพร้อมของเกษตรกรในการผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์ พบว่า เกษตรกรมีความพร้อมด้านเศรษฐกิจมากที่สุด รองลงมา คือ ด้านสังคม และมีความพร้อมด้านกายภาพน้อยที่สุด จากปัญหาในการผลิตผักของเกษตรกรพบว่าเกษตรกรพบปัญหาในเรื่องศัตรูพืชรบกวนมากที่สุด และมีปัญหาในเรื่องตลาดรองรับผลผลิตน้อยที่สุด ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม คือ หากต้องมีการผลิตผักตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เกษตรกรต้องการให้มีตลาดรองรับผลผลิตที่ได้มาตรฐานในราคาที่ยุติธรรม

## เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, (ม.ป.ป.), เอกสารวิชาการ การปลูกผักโครงการเพิ่มประสิทธิภาพและพัฒนาคุณภาพพืชผักวังน้ำเขียว เพื่อรองรับผลกระทบจากการเปิดเสรีทางการค้า.

แสงเดือน อินชนบท, หลักการผลิตผักอินทรีย์, สำนักส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 2553, [สืบค้น], http://www.it.mju.ac.th/dbresearch/raen/index.php/newspaper2010/123-biotech. [17/ July/ 14].

สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552, ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: เกษตรอินทรีย์ เล่ม 1 การผลิต แปรรูป แสดงฉลาก และจำหน่ายผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์, 1 ตุลาคม 2552.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 69-72 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 69-72 (2558)

# ความหลากหลายทางพันธุกรรมของหญ้าพลังงานเขตร้อน โดยใช้เทคนิค AFLP

# Genetic Diversity of Tropical Grass by Using AFLP Technique

ปิยะนุช คำแว่น[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1] เฉลิมพล ภูมิไชย์[1] ธนพล ไชยแสน[1] นฤป ทองคำ[1] และ นพ ตัณมุขยกุล[1]

Kamwean, P.[1], Thobunluepop, P.[1], Phumichai, C.[1], Chaisan, T.[1], Thongkum, N.[1] and Tonmukayakul, N.[1]

## Abstract

The objective of this experiment was to classify the genetics of tropical grass. Nine varieties of tropical grasses were used in this study; Chiang-Rai 1, Chiang-Rai 3, Phitsanulok, Ang-Thog, Nong-Jok, King nepier, Taiwan A148, Pak-chong 1, and Tifton. Classification of the tropical grass was done by using amplification Fragment Length Polymorphism (AFLP) technique for investigating DNA fingerprint eight by a primer-pair combination. A total of 299 DNA fragments were found. However, 296 DNA fragments were found differently. The nine varieties of tropical grass used in this study were classification into three groups based on AFLP technique. The genetic information from AFLP analysis is very useful for tropical grass breeding programs, and the information will be applied in breeding program to improve biomass yield and quality.

**Keywords:** AFLP, DNA fingerprint, tropical grasses

## บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อจำแนกความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืชตระกูลหญ้าเขตร้อน จำนวน 9 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เชียงราย 1 พันธุ์เชียงราย 3 พันธุ์พิษณุโลก พันธุ์อ่างทอง พันธุ์หนองจอก พันธุ์เนเปียร์ยักษ์ พันธุ์เนเปียร์ไต้หวัน A148 พันธุ์ปากช่อง และพันธุ์ทิฟตัน โดยใช้เทคนิค Amplification Fragment Length Polymorphism (AFLP) ในการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของพืชตระกูลหญ้า โดยใช้ไพรเมอร์จำนวน 8 คู่ สามารถสังเคราะห์ให้แถบดีเอ็นเอทั้งหมด 299 แถบ โดยมีแถบที่แสดงความแตกต่างกัน จำนวน 296 แถบ จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม สามารถจัดกลุ่มของพืชตระกูลหญ้าได้ 3 กลุ่ม ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเครื่องหมายโมเลกุล AFLP สามารถนำมาใช้ตรวจสอบความแตกต่างทางพันธุกรรมของพันธุ์หญ้าพลังงานได้ และเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อการเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงคุณสมบัติชีวมวลเพื่อการใช้ประโยชน์ของหญ้าพลังงานต่อไป

**คำสำคัญ**: เทคนิค AFLP ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ พืชตระกูลหญ้าเขตร้อน

## คำนำ

ในปัจจุบันพลังงานทดแทนมีความสำคัญมากขึ้น โดยเฉพาะพลังงานที่จากวัสดุทางการเกษตร หญ้าตระกูลเนเปียร์เป็นพืชชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า เนื่องจากหญ้าตระกูลเนเปียร์มีศักยภาพสูง ให้ผลผลิตได้ตลอดปี หญ้าเนเปียร์นำเข้ามาในประเทศไทยครั้งแรกปี พ.ศ. 2472 โดยนายอาร์ พี โจนส์ (กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, 2539) หลังจากนั้นได้นำเข้ามาอีกหลายชนิด ปัจจุบันพบว่ามีมากกว่า 130 สายพันธุ์ หญ้าเนเปียร์มีการปลูกกระจายทั่วประเทศ มักจะพบว่ามีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันในแต่ละท้องที่ การใช้เครื่องหมายโมเลกุล (molecular marker) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้เป็นตัวจำแนกพันธุ์ที่ถูกต้องและแม่นยำ เทคนิคที่นิยมใช้คือ AFLP (amplfied fragment length polymorphism) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ปริมาณดีเอ็นเอเพียงเล็กน้อย ดีเอ็นเอที่ศึกษาไม่จำเป็นต้องทราบข้อมูลลำดับเบสก่อน นอกจากนี้เทคนิค AFLP ยังให้ Polymorphism สูง สามารถตรวจสอบดีเอ็นเอได้หลายตำแหน่งพร้อมกัน (Vos และคณะ, 1995) ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชตระกูลหญ้าและอ้อย 9 สายพันธุ์ เพื่อจัดกลุ่มทางพันธุกรรมและเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture Kasetsart University, Bangkok 10900

## อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บรวบรวมตัวอย่างพืช ได้แก่ พันธุ์เชียงราย 1 พันธุ์เชียงราย 3 พันธุ์ พันธุ์พิษณุโลก พันธุ์อ่างทอง พันธุ์หนองจอก จากบริษัทวิทัยไบโอเพาเวอร์ จังหวัดอุทัยธานี พันธุ์เนเปียร์ยักษ์ พันธุ์เนเปียร์ไต้หวัน A148 พันธุ์ปากช่อง 1 จากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ จังหวัดนครราชสีมา และพันธุ์ทิฟตัน จากศูนย์วิจัยข้าวโพดและความฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา ปลูกรวบรวมที่โรงเรือนทดลองภาควิชาพืชไร่นา นำใบอ่อนมาทำการสกัดดีเอ็นเอ โดยใช้วิธี CTAB โดยตัดใบอ่อนความยาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร ใส่ลงในโกร่งจากนั้นเติม extraction buffer 2 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ใส่หลอดไมโครเซนตริฟิวจ์ 700 ไมโครลิตร นำไปบ่มอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เติม chloroform : isoamyl alcohol l(24:1) 700 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยง หลังจากนั้นตกตะกอนดีเอ็นเอด้วย isopropanol ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ล้างตะกอนดีเอ็นเอด้วย ethanol ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 2 ครั้ง ละลายตะกอนดีเอ็นเอด้วยสารละลาย TE buffer ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เก็บสารละลายดีเอ็นเอที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธีอะกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟริซิส ตรวจดูแถบดีเอ็นเอบนแผ่น agarose gel โดยส่องด้วยแสงอัลตราไวโอเลต บันทึกผลด้วยการถ่ายภาพ ทำการสร้างโมเลกุลเครื่องหมาย โดยใช้เทคนิค AFLP ซึ่งประยุกต์ผลตามวิธีการของ Vos และคณะ (1995) และวิเคราะห์ผลโดยทำการให้คะแนนแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏในแผ่นเจล เปรียบเทียบกันระหว่างตัวอย่าง 9 สายพันธุ์ในตำแหน่งเดียวกัน ถ้าปรากฏแถบดีเอ็นเอให้คะแนน 1 ถ้าไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอให้คะแนน 0 นำผลการให้คะแนนดังกล่าวไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ โดยการคำนวณหาค่าดัชนีความเหมือนของตัวอย่าง

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชตระกูลหญ้า 9 สายพันธุ์ โดยใช้เทคนิค AFLP 8 คู่ไพรเมอร์ ประกอบด้วย ER_AAG/MS_CTA, ER_AAG/MS_CAG, ER_AAG/MS_CAC, ER_ACA/MS_CTA, ER_ACA/MS_CAG, ER_ACA/MS_CAC, ER_AAC/MS_CTA และER_AAC/MS_CAG ได้ข้อมูลแถบดีเอ็นเอจำนวน 299 แถบ พบว่ามีแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันจำนวน 296 แถบ และแถบดีเอ็นเอที่เหมือนกันจำนวน 3 แถบ (Table 1) ซึ่งไพรเมอร์ที่แสดงแถบดีเอ็นเอมากสุดคือ ER_AAG/MS_CTA (56) ไพรเมอร์ที่แสดงแถบดีเอ็นเอน้อยสุดคือ ER_ACA/MS_CTA (12) นำข้อมูลแถบดีเอ็นเอที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของหญ้า โดยการคำนวณหาค่าดัชนีความเหมือนของตัวอย่าง (similarity index) สามารถจัดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ข้อมูลดังกล่าวในรูปของ Phylogenetic tree เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความเหมือนของตัวอย่าง 9 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าดัชนีความเหมือนอยู่ในช่วง 0.033755– 0.84302 สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างได้ 3 กลุ่ม (Figure 1) โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย พันธุ์อ่างทอง พันธุ์เนเปียร์ไต้หวันเอ 148 และพันธุ์ปากช่อง 1 สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มย่อย กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย พันธุ์เนเปียร์ยักษ์ พันธุ์เชียงราย 1 พันธุ์เชียงราย 3 และพันธุ์ทิฟตัน สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มย่อย กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย พันธุ์พิษณุโลก และพันธุ์หนองจอก จากการวิเคราะห์เพื่อหา S.I (Table 2) และสร้างเดนโดรแกรม (dendrogram) แสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชตัวอย่าง 9 สายพันธุ์ พบว่าความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างสายพันธุ์พิษณุโลก กับ สายพันธุ์อ่างทอง มีค่า S.I ต่ำสุด (0.033755) ความสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์เชียงราย 1 กับ เชียงราย 3 มีค่า S.I. สูงสุด (0.84302)

จากผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่1 และ 2 มีความแตกต่างทางพันธุกรรมค่อนข้างสูง เนื่องจากกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยหญ้าตระกูลเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum* ) และกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย พืชในกลุ่มอ้อย (*saccharum complex*) จึงทำให้ค่า S.I. แตกต่างกันค่อนข้างสูง ในกลุ่มที่ 1 ถึงแม้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง แต่ก็ยังมีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมค่อนข้างสูงเช่นกัน เนื่องจากมีค่า S.I. อยู่ระหว่าง 0.53927 – 0.84302 ซึ่งสอดคล้องกับ Harris และคณะ (2009) จากการใช้ไพรเมอร์ 8 คู่ ได้แถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน 218 แถบ ในหญ้าตระกูลเนเปียร์ 89 สายพันธุ์ พบว่าสามารถจัดกลุ่มได้ 5 กลุ่ม มีค่า S.I. อยู่ระหว่าง 0.78 – 0.97

ถึงแม้ว่าหญ้าเนเปียร์จะขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์ แต่ความเป็นจริงหญ้าเนเปียร์เป็นพืชผสมข้าม แม้จะมีเปอร์เซ็นต์การผสมติดเพียงเล็กน้อย แต่อาจทำให้พืชสามารถผสมข้ามกับสายพันธุ์อื่นๆได้ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าแต่ละสายพันธุ์มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกัน ซึ่งแต่ละพันธุ์อาจมีบรรพบุรุษร่วมกันมา โดยเฉพาะเชียงราย 1 เชียงราย 3 เป็นสายพันธุ์ที่ไม่รู้แหล่งที่มา อาจมีพันธุ์เนเปียร์ยักษ์เป็นบรรพบุรุษ ส่วนพันธุ์อ่างทอง อาจมีบรรพบุรุษเป็นเนเปียร์ไต้หวัน A148 และพันธุ์ปากช่อง 1 การศึกษาครั้งนี้แสดงว่าเทคนิค AFLP สามารถบอกความแตกต่างของพืชชนิดเดียวกัน แต่ต่างสายพันธุ์กันได้ สามารถใช้ประโยชน์ในการประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต

## สรุป

เทคนิค AFLP เป็นเทคนิคที่มีความเหมาะสมในการการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างได้เป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย พันธุ์อ่างทอง พันธุ์เนเปียร์ไต้หวันเอ 148 และพันธุ์ปากช่อง กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย พันธุ์เนเปียร์ยักษ์ พันธุ์เชียงราย 1 พันธุ์เชียงราย 3 และพันธุ์ทิฟตัน กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย พันธุ์พิษณุโลก และพันธุ์หนองจอก มีค่าดัชนีความเหมือนอยู่ในช่วง 0.033755– 0.84302

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน และบริษัทวิทัยไบโอเพาเวอร์ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการและโรงเรือนทดลอง ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่เอื้ออำนวยสถานที่ในการทำวิจัย

**Table 1** Polymorphic bands by AFLP primers in nine accessions

| Primer | Number of bands | Polymorphic bands |
|---|---|---|
| ER_AAG/MS_CTA | 56 | 56 |
| ER_AAG/MS_CAG | 38 | 37 |
| ER_AAG/MS_CAC | 38 | 37 |
| ER_ACA/MS_CTA | 12 | 12 |
| ER_ACA/MS_CAG | 29 | 29 |
| ER_ACA/MS_CAC | 50 | 50 |
| ER_AAC/MS_CTA | 44 | 43 |
| ER_AAC/MS_CAG | 32 | 32 |
| Total | 299 | 296 |

**Table 2** Similarity index of nine accession using AFLP markers

| Accession | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 Chiang-Rai 1 | 1 | | | | | | | | |
| 2 Chiang-Rai 3 | 0.84302 | 1 | | | | | | | |
| 3 Pitsanulok | 0.10039 | 0.076305 | 1 | | | | | | |
| 4 Ang-Thong | 0.53927 | 0.60116 | 0.033755 | 1 | | | | | |
| 5 Nong-Jok | 0.16912 | 0.14449 | 0.71338 | 0.090196 | 1 | | | | |
| 6 King napiar | 0.81143 | 0.81818 | 0.089431 | 0.56497 | 0.16216 | 1 | | | |
| 7 TaiwanA148 | 0.5508 | 0.56897 | 0.075893 | 0.71233 | 0.12757 | 0.55114 | 1 | | |
| 8 Pak-Chong | 0.60847 | 0.55978 | 0.089744 | 0.70323 | 0.152 | 0.57692 | 0.72185 | 1 | |
| 9 Tifton | 0.66667 | 0.68362 | 0.081301 | 0.66667 | 0.13688 | 0.65556 | 0.65244 | 0.71687 | 1 |

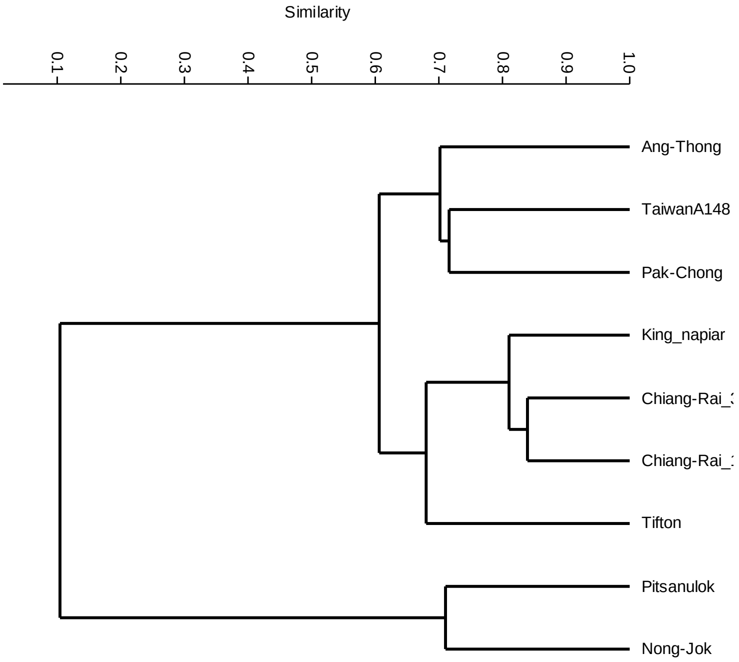



**Figure 1** Dendrogram of nine accessions computed from 218 polymorphic AFLP markers using Jaccard of genetic similarity and UPGMA clustering

## เอกสารอ้างอิง


กองอาหารสัตว์, 2539, หญ้าเนเปียร์, กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

ชลนที รอดสว่าง, 2546, การพัฒนา marker สำหรับศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของหญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) และหญ้ารูซี่ (*Brachiaria ruziziensis* ), วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พันธุศาสตร์)

Meksawat, S. and Pornprom, T., 2012, Classication of Itchgrass Using Morphological Traits and AFLP Techniques, Thai Agricultural Reseach Journal, 30(1).

Harris-Shultz Karen R, William, Ravindra Malik, 2009, Genetic reletionships among Napier Grass (*Pennisetum purpureum*) nursery accessions using AFLP markers, Plant Genetic Resources, 8(1): 63-70.

Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijans, M., van de Lee, T., Hornes, M., Fritjers, A., Pot, J., Pelemen, J., Kuiper, M. and Zabeau, M., 1995, AFLP: A New Concept for DNA Fingerprinting, Nucleic Acids Research, 23: 4407-4414.

# ลักษณะทางกายภาพและการสูญเสียน้ำหนักของหอมแดงในระหว่างการเก็บรักษา

# Physical Characteristics and Water Loss of Shallot during Storage

**ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย**[1] **และ ชาลิณี สังขจร**[1]

Photchanachai, S.[1] and Sungkajorn, C.[1]

## Abstract

The information on characteristics of shallot (*Allium cepa* var. *Aggregatum* G. Don) for variety identification is not well documented. Shallot bulbs were collected from 5 locations: Yasothon province (Kutchum and Yangchum districts), Srisaket, Lampang and Chiangmai Provinces. Shallot bulbs from 5 locations had different shapes (length and width ratio), outer dried bulb color, size, weight/bulb and number of bulbs/tiller. Those bulbs were cultivated and harvested at a field in Yasothon Province. Each of them had the same shape and outer bulb color; however, they had different weights/bulb and numbers of bulbs/tiller compared to their original bulbs. The harvested bulbs were bunched (1 kg/bunch) and hung on a stick in an open room (28-30 °C) for 4 months. Completely Randomized Design with 8 replicates was employed. The highest weight loss was observed in bulbs from Lampang, followed by Chiangmai, Srisaket, Yangchum and Kutchum, respectively.

**Keywords:** physical characteristics, shallot, cultivated location, storage

## บทคัดย่อ

ข้อมูลด้านลักษณะของพันธุ์หอมแดง (*Allium cepa* var. *Aggregatum* G. Don) เพื่อการจำแนกพันธุ์มีค่อนข้างน้อย จากการเก็บตัวอย่างหอมแดงที่เพาะปลูกในอำเภอกุมชุมและยางชุมจังหวัดยโสธร หรือศรีษะเกษ ลำปาง และเชียงใหม่ พบว่า หอมแดงทั้ง 5 แหล่งมีรูปทรง (ความยาวต่อความกว้าง) สีของกาบใบ ขนาดหัว น้ำหนักหัว และจำนวนหัวต่อกอแตกต่างกัน และเมื่อนำหอมทั้ง 5 แหล่งมาผลิตในแปลงเกษตรกร ในจังหวัดยโสธร พบว่า รูปทรง และสีของกาบใบเหมือนกับหัวพันธุ์เดิม แต่น้ำหนักหัว และจำนวนหัวต่อกอสูงกว่า เมื่อเก็บรักษาหอมแดงทั้ง 5 สายพันธุ์โดยมัดรวมกันมัดๆ ละ 1 กิโลกรัม แขวนบนราวไม้ในห้องที่มีอากาศถ่ายเท (อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4 เดือน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 8 ซ้ำพบว่า หอมแดงสายพันธุ์ลำปางสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงมาคือสายพันธุ์เชียงใหม่ ศรีษะเกษ ยางชุม และกุดชุม ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: ลักษณะทางกายภาพ หอมแดง แหล่งปลูก การเก็บรักษา

## บทนำ

หอมแดง (*Allium cepa* var. *Aggregatum* G. Don) เป็นผลผลิตที่ทำรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นมูลค่าถึง 585.01 ล้านบาท โดยพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ (เชียงใหม่ เชียงราย และลำปาง เป็นต้น) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัดศรีษะเกษ อุบลราชธานี ยโสธร เป็นต้น) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) การผลิตหอมแดงนิยมปลูกโดยใช้ต้นพันธุ์ที่เรียกว่า หัว (bulb) เพราะสะดวกและให้ผลผลิตสูงสม่ำเสมอกว่าการปลูกด้วยเมล็ด (อุดมและคณะ, 2534) พันธุ์ที่นิยมปลูกในเชียงใหม่เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง มีหัวขนาดใหญ่ รูปทรงกลมซึ่งตรงตามความต้องการของตลาด นอกจากนี้ ในแหล่งปลูกอื่นๆ ยังมีพันธุ์ในแต่ละท้องถิ่น (แสวง, 2532 และ http://www.arda.or.th/kasetinfo/north/plant/shallot.html) ซึ่งข้อมูลเบื้องต้นของแต่ละพันธุ์ในแต่ละแหล่งปลูกมีค่อนข้างจำกัด นอกจากนี้ การใช้หัวพันธุ์เพื่อการเพาะปลูกต้องลงทุนสูง เนื่องจากหัวพันธุ์ที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวเองและนำมาเก็บรักษามักเสื่อมสภาพจากการเน่าหรือแห้งตายภายในระยะเวลาสั้น เกษตรกรจึงไม่นิยมเก็บรักษาหัวหอมไว้ทำพันธุ์เอง (แสวง, 2532)สาเหตุดังกล่าวทำให้ราคาของหัวพันธุ์หอมแดงในช่วงต้นฤดูปลูกมีราคาสูง เพราะวิธีการเก็บรักษาหอมแดงไว้

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] Postharvest Technology Programme, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkuntein Campus, Bangkok 10150

ทำหัวพันธุ์นั้น ต้องปฏิบัติด้วยความพิถีพิถันมาก งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของหัวพันธุ์หอมแดง และการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการปรับปรุงพันธุ์หอมแดงต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมหัวพันธุ์ (bulb) หอมแดงจากแหล่งปลูก 5 แหล่งได้แก่ อำเภอยางชุมและกุดชุม จังหวัดยโสธร อำเภอราษีไศล จังหวัดศรีษะเกษ จังหวัดลำปาง และอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สีของกาบใบ (กาบใบด้านนอกของหัวพันธุ์ที่แห้งแล้ว) ด้วยการสังเกตด้วยตาเปล่า รูปทรงของหัว ขนาดหัว ความยาวและกว้าง (เพื่อหาสัดส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง) น้ำหนักหัว และจำนวนหัวต่อกอ หลังจากนั้นนำหัวหอมทั้ง 5 แหล่งมาเพาะปลูกที่ อำเภอมหาชนะชัย จังหวัดยโสธร ในช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์) โดยการเพาะปลูก ให้น้ำ กำจัดวัชพืช และแมลง ปฏิบัติเช่นเดียวกันกับเกษตรกรทั่วไป เก็บเกี่ยวหอมแดงเมื่อส่วนใบที่อยู่เหนือดินเริ่มแห้ง จากนั้นนำมาผึ่งให้ใบแห้งเพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพเช่นเดียวกันกับในหัวพันธุ์ก่อนปลูก นำหอมแดงที่ผึ่งแห้งแล้วมามัดรวมกัน (มัดใบที่แห้งเป็นจุก ตามลักษณะการจำหน่ายทั่วไป) มัดละ 1 กิโลกรัม แล้วนำไปแขวนบนราวไม้ในห้องที่มีอากาศถ่ายเทได้ (อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 8 ซ้ำ เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 4 เดือนชั่งน้ำหนักครั้งสุดท้าย

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

หัวหอมแดง (bulb) ที่ได้จาก 5 แหล่งปลูกมีรูปทรง (ความยาวต่อความกว้าง) สีของกาบใบ (กาบใบด้านนอกของหัวพันธุ์ที่แห้งแล้ว) ขนาดหัว น้ำหนักหัว และจำนวนหัวต่อกอแตกต่างกัน (Table 1) เมื่อนำหอมแดงทั้งหมดมาเพาะปลูกในแปลงเกษตรกรที่ อำเภอมหาชนะชัย จังหวัดยโสธร พบว่า รูปทรง และสีของกาบใบเหมือนกับหัวพันธุ์เดิม แต่น้ำหนักหัวและจำนวนหัวต่อกอสูงกว่า (Table 2) แสดงว่า หอมแดงทั้ง 5 แหล่งน่าจะมีพันธุกรรมต่างกัน เพราะมีลักษณะทางกายภาพที่สำคัญ (รูปทรง และสีของกาบใบ) ที่แตกต่างกันชัดเจน เพราะโดยทั่วไป ถ้าหากพืชมีพันธุกรรมแตกต่างกันจะมีผลให้มีลักษณะปรากฏภายนอกแตกต่างกันไปด้วย (สุทัศน์, 2553) นอกจากนี้การจำแนกพันธุ์ของหอมหัวใหญ่ก็นำเอาลักษณะของรูปทรง และสีของกาบใบมาเป็นลักษณะปรากฏสำคัญในการจำแนก (http://www.dogr.res.in/index.php?option=com_content&view=article&id=97&..) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าน้ำหนักหัว และจำนวนหัวต่อกอของทุกพันธุ์จะเพิ่มขึ้นก็ตาม เพราะการเพิ่มขึ้นของลักษณะปรากฏดังกล่าวเป็นความแปรปรวนที่น่าจะมีสาเหตุจากการจัดการในระหว่างการเพาะปลูก เช่น การให้น้ำ และปุ๋ยในปริมาณที่เพียงพอและเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของต้นหอมจึงทำให้ส่วนสะสมอาหารที่อยู่ใต้ดินมีความสมบูรณ์ตามไปด้วย เมื่อเก็บรักษาหอมแดงเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า หอมแดงที่มีแหล่งปลูกจากจังหวัดลำปางสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงมาคือ จากเชียงใหม่ ศรีษะเกษ ยางชุม และกุดชุม ตามลำดับ (Table 3) การสูญเสียน้ำหนักเป็นดัชนีสำคัญของการเสื่อมสภาพของผลผลิตพืชที่มีความชื้นสูง (สายชล, 2528; จริงแท้, 2538) นอกจากนี้ จากการสังเกตยังพบว่า หอมแดงที่มีแหล่งปลูกจากจังหวัดลำปางไม่แทงยอดอ่อน (ต้นอ่อน) เลย ในขณะที่พบต้นอ่อนเป็นจำนวนมากในหอมแดงจากอำเภอราษีไศล จังหวัดศรีษะเกษ ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้หอมแดงจากอำเภอราษีไศลสูญเสียน้ำหนักมากกว่าพันธุ์อื่นๆ ส่วนหอมแดงจากเชียงใหม่ ยางชุม และกุดชุม พบการงอกของต้นอ่อนเพียงเล็กน้อย ดังนั้นพันธุ์ลำปางน่าจะใช้เป็นพันธุ์แนะนำให้กับเกษตรกรปลูกเพื่อใช้ทำหัวพันธุ์ในฤดูถัดไป หรือเป็นแหล่งพันธุกรรมเพื่อนำไปปรับปรุงพันธุ์หอมให้มีลักษณะ และมีอายุการเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น

**Table 1** Physical characteristics of shallot bulbs from 5 production locations

| Location | Dried bulb colour | Shape | Bulb size (cm) | | Length : Width ratio | Weight/bulb (g) | No. of bulb/tiller |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | diameter | length | | | |
| Kutchum, Yasothon | Red-Orange | round | 2.14 | 2.68 | 1.25 | 4.479 | 3.6 |
| Kutchum, Yasothon | Red-Orange | Round - oval | 1.85 | 2.93 | 1.58 | 2.743 | 2.4 |
| Rasisalai, Sisaket | Red-Purple | Oval | 1.36 | 2.65 | 1.95 | 1.440 | 2.6 |
| Lampang | Orange Yellow | Round | 2.16 | 2.42 | 1.04 | 4.151 | 1.3 |
| Chiangmai | Red Purple | Round - flat | 2.93 | 3.00 | 1.02 | 5.416 | 1.2 |

**Table 2** Physical characteristics of shallot bulbs harvested from Maha Chanachai District, Yasothon Province

| Bulb location | Bulb size (cm) | | Length width ratio from 5 growing locations | weight/bulb (g) | No. of bulb/tiller |
|---|---|---|---|---|---|
| | diameter | length | | | |
| Yangchum | 2.70 | 3.60 | 1.33 | 10.00 | 5.0 |
| Kutchum | 2.62 | 3.69 | 1.41 | 9.40 | 8.2 |
| Rasisalai | 2.62 | 3.51 | 1.34 | 8.25 | 10.1 |
| Lampang | 3.09 | 3.36 | 1.09 | 12.55 | 4.8 |
| Chiangmai | 3.05 | 3.51 | 1.15 | 12.82 | 10.5 |

**Table 3** Weight loss percentage of shallot bulbs harvested from Maha Chanachai District, Yasothon Province after storage for 4 months

| Location | Weight loss (%) |
|---|---|
| Yangchum, Yasothon | 61.67a |
| Kutchum, Yasothon | 62.00b |
| Rasisalai, Sisaket | 55.83ab |
| Lampang | 41.33c |
| Chiangmai | 47.50bc |

Means in a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's Least Significant Difference (LSD) at P < 0.05.

## สรุปผล

หอมแดงพันธุ์ลำปางน่าจะมีศักยภาพในการนำมาพัฒนาเป็นพันธุ์ส่งเสริม อย่างไรก็ตาม การผลิตเป็นเพียงฤดูเดียวและพื้นที่ปลูกในการทดลองนี้ค่อนข้างน้อย ดังนั้น จึงควรมีงานวิจัยเพิ่มเติมในด้านผลผลิตของแต่ละพันธุ์เพิ่มเติมก่อนการคัดเลือกพันธุ์เพื่อการส่งเสริม

## เอกสารอ้างอิง


จริงแท้ ศิริพานิช, 2538, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, โรงพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 396 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557, สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, 226 หน้า

แสวง รวยสูงเนิน, 2532, ระบบการปลูกหอมแดงบนดินจอมปลวกในจังหวัดศรีษะเกษ, โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท, ขอนแก่น, 66 หน้า

สายชล เกตุษา, 2528, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม, 364 หน้า

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์, 2553, ปรับปรุงพันธุ์พืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 259 หน้า

หอมแดง [สืบค้น], Available: http://www.arda.or.th/kasetinfo/north/plant/shallot.html [6/ September/ 2015]

อุดม คำธา รัตนภาณ์ รัตนานุกูล และงามตา วรรชนะวาสิน, 2534, การศึกษาความแปรปรวนของหอมแดงที่ปลูกจากเมล็ด, รายงานผลการวิจัยประจำปี 2534, ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีษะเกษ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, หน้า 155-163.

Onion variety [Online], Available: http://www.dogr.res.in/index.php?option=com_content&view=article&id=97&..[September 11, 2015]

# การวิเคราะห์สารให้ความหวานเชิงปริมาณและคุณภาพจากสารสกัดรากพืช 3 ชนิด

# Qualitative and Quantitative Analysis of Natural Sweeteners in Three Plant Root Extracts

กีระติ ธรรมพันธ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Thamapan, K.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

## Abstract

Root of three Thai plant species, Ixora (*Ixora ebarbata* Craib.), blady grass (*Imperata cyclindrica* L.) and Raksamsib (*Asparagus racemosus* Willd.), were selected for extraction of natural sweeteners. Proximate composition of the three plants consisted of carbohydrate, fiber, protein and lipid contents (% dry weight basis), which ranged from 39.49 to 57.05%, 22.13 to 47.47%, 1.98 to 6.73%, and 0.91 to 2.79%, respectively. The ethanolic extract from blady grass had the highest yield (6.09%), and Ixora extract had the lowest yield (3.01%). For aqueous extracts, Raksamsib gave the highest percentage yield (6.08%), and blady grass had the lowest percentage yield (4.80%). Qualitative and quantitative analysis showed that the main sweetness compounds in the three plant species were flavonoids (0.440 - 1.044 mg escin equivalent/g), saponins (28.933 - 67.700 mg catechin equivalent/g) and sugars (37.438 - 304.333 mg/g). Glucose and fructose were the main sugars in the three plant extracts, which were analyzed by High Performance Liquid Chromatography equipped with an Evaporating Light Scattering Detector (HPLC-ELSD).

**Keywords**: blady grass, sweeteners, HPLC-ELSD

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการสกัดสารหวานจากรากพืชไทย 3 ชนิด ได้แก่ รากเข็มขาว รากหญ้าคา และรากสามสิบ รากพืชทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต เยื่อใย โปรตีน และ ไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) อยู่ในช่วงร้อยละ 39.49 ถึง 57.05 ร้อยละ 22.13 ถึง 47.47 ร้อยละ 1.98 ถึง 6.73 และ ร้อยละ 0.91 ถึง 2.79% ตามลำดับ การสกัดด้วยเอทานอลพบว่าสารสกัดรากหญ้าคามีร้อยละผลผลิตสูงที่สุด (ร้อยละ 6.09) ขณะที่สารสกัดจากรากเข็มขาวมีค่าต่ำที่สุด (ร้อยละ 3.01) สำหรับสารสกัดด้วยน้ำ รากสามสิบให้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด (ร้อยละ 6.08) ขณะที่สารสกัดจากรากหญ้าคามีค่าต่ำที่สุด (ร้อยละ 4.08) เมื่อวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารให้ความหวานหลักจากรากพืชไทย 3 ชนิด พบสารฟลาโวนอยด์ (0.440 ถึง 1.044 มิลลิกรัมต่อกรัม) สารซาโปนิน (28.933 ถึง 67.700 มิลลิกรัมต่อกรัม) และน้ำตาล (37.438 ถึง 304.333 มิลลิกรัมต่อกรัม) นอกจากนี้น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส เป็นองค์ประกอบหลักในสารสกัดรากพืชไทย 3 ชนิด เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี High Performance Liquid Chromatography-Evaporating Light Scattering Detector

**คำสำคัญ**: หญ้าคา สารให้ความหวาน HPLC-ELSD

## Introduction

The use of low-calorie sugar-free products tripled in the final two decades of the 20th century. The synthetic or alternative sweeteners have been used in low-calorie sugar-free products such as soft drinks, baked goods and desserts (Nabors, 2001). However, the synthetic sweeteners consisted of sucralose, aspartame, and acesulfame-K can cause adverse health effects such as lung tumor, dizziness, and leukemia (Whitehouse *et al*., 2008). Therefore, the search for the perfect sweetener continues, the non-nutritive natural sweeteners are alternative for substitute the synthetic sweeteners. The non-nutritive natural sweeteners are divided into many groups including terpenoids, flavonoids and saponins (Surana *et al*., 2006).

In Thailand, many species of plants were used as ingredients, flavoring agents, flavor enhancers and folkloric medicines. Various indigenous Thai plants, giving sweet taste were used as traditional medicine such as Ixora (*Ixora*

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

*ebarbata* Craib.), blady grass (*Imperata cyclindrica* L.) and Raksamsib (*Asparagus racemosus* Willd.) However, these plants have not been reported about the compounds that gave sweet taste. Therefore, the objective of this research was to screen the main sweetness compounds from these plants in qualitative analysis by thin layer chromatography (TLC), and quantitative analysis by spectrophotometric method. The sugar compositions in each plant were confirmed by High Performance Liquid Chromatography-Evaporating Light Scattering Detector (HPLC-ELSD).

## Materials and Methods

### Sample preparations

Dried Root of Thai plants including of Ixora (*Ixora ebarbata* Craib.), blady grass (*Imperata cyclindrica* L.) and Raksamsib (*Asparagus racemosus* Willd.) were purchased from local market in Bangkok, Thailand. Plant samples were grinded and sieved through a 40-mesh, then determined for the proximate composition as follows: moisture, ash, protein, lipid, fiber and carbohydrate by the method of AOAC (2000). The dried powder samples were used for extraction.

### Solvent extraction

Root plant powders (10 g) were extracted with water (100 mL) at 80°C compared with 95% ethanol (100 mL) at room temperature for 24 hr. The extracts were filtered with filtered paper (Whatman No.1) and removed the solvent. The extracts were analyzed for percentage yield, qualification of main sweetness compounds by TLC and quantification of main sweetness compounds by spectrophotometric method.

### Identification of sweetness compounds by thin layer chromatography (TLC)

Aqueous and ethanolic extracts were identified by TLC for screening the main sweetness compounds consisted in forms of sugars, terpenoids, flavonoids, and saponins. The extracts were spotted onto silica gel TLC plate (Silica gel 60 $F_{254}$) using the method of Miroslaw and Monika (2008); Eljan *et al*. (2008); Sharma *et al*. (2012); Hajnos (2008); Rita *et al*. (2008) and Thales *et al*. (2008), respectively.

### Quantitative analysis the sweetness compounds by spectrophotometric method

Aqueous and ethanolic extracts were quantified the main sweetness compounds consisted as in forms of total sugar (Dubois *et al*., 1953), total flavonoids (Dini, 2011), and total saponins (Hiai *et al*., 1976; Chen *et al*., 2011) by spectrophotometric methods.

### Sugar composition and contents by High Performance Liquid Chromatography equipped with an Evaporating Light Scattering Detector (HPLC-ELSD)

The HPLC-ELSD condition was modified following the method of Jovanovic-Malinovska *et al*. (2015). Briefly, HPLC analysis was performed on an Agilent system equipped with 1200 series quaternary gradient pump and 1260 infinity evaporative light scattering detector. The aqueous extracts and standards were filtered through 0.45 µm (Millipore) filters. Separation was achieved on Zorbax-$NH_2$ column (250 mm × 4.6 mm ID, 5 µm particle size) from Agilent (Palo Alto, CA, USA). The mobile phase was consisted of acetonitrile: water (75:25, v/v) in isocratic elution with flow rate 1.4 mL/min for 30 min. The column temperature was kept at 30°C. The drift tube and evaporator temperatures for ELSD were set at 50°C and 50°C, respectively and nebulizing gas ($N_2$) flow rate was 2.0 standard liter per minute (SLM).

## Results and Discussion

Chemical composition of three Thai plants is shown in Table 1. Raksamsib had the highest protein content (6.73%). Fiber content of Ixora was the greater (47.47%) than blady grass and Raksamsib (26.93 and 22.13%, respectively). Carbohydrate content of blady grass and Raksamsib had the highest yields (57.05 and 55.19%, respectively), but Ixora had the lowest yields (39.49%). Root of three Thai plants were extracted with water and ethanol which gave the different yields shown in Table 2. Plant aqueous extract yields ranged from

3.33% to 6.08%. Raksamsib had the highest yield (6.08%), but Ixora had the lowest yield (3.33%). The highest yield of ethanolic blady grass extract gave in 6.09% and ethanolic Ixora extract had the lowest yield (3.01%).

The qualitative and quantitative analysis of main natural sweeteners are shown in Table 3 and Table 4, respectively. All of plants contained flavonoids, saponins, sugars and terpenoids, but the contents were difference. Mostly, the sugar contents in the aqueous extracts were higher than the ethanolic extracts because the sugar molecules are polarity. Flavonoid and saponin contents in aqueous and ethanolic extracts were varied, depending on aglycone and the number of glycones on the structures (Marston and Hostettman, 2006; Doughari, 2012).

The main sugars of all plant aqueous extracts were fructose and glucose (Table. 5). The minimal amounts of ribose and xylose were found in Raksamsib extracts. Sucrose content was found the highest in blady grass extracts (1,551.02 mg/100 mL). However, ribose and xylose were not found in ixora and blady grass root extracts and galactose was not found in blady grass and raksamsib root extracts.

## Summary

Aqueous and ethanolic extracts of Ixora, Blady grass and Raksamsib contained flavonoids, saponins, terpenoids, which might be main natural sweeteners. The main sugar contents of all plants were glucose and fructose, which might be the main glycone structure of natural sweeteners. However, more information is necessary to investigate in sweetening properties and structure elucidation of these plants.

## Acknowledgements

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of Higher Education Commission, The Royal Golden Jubilee Ph.D. Program, and King Mongkut's University of Technology Thonburi.

## Literature cited

AOAC, 2000, Association of Official Analytical Chemists, 14, Washington D.C., Pages.

Chen, Y.-F., Roan, H.-Y., Lii, C.-K., Huang, Y.-C. and Wang, T.-S., 2011, Relationship between Antioxidant and Antiglycation Ability of Saponins, Polyphenols, and Polysaccharides in Chinese Herbal Medicines Used to Treat Diabetes, Journal of Medicinal Plants Research, 5(11): 2322-2331.

Dini, I., 2011, Flavonoid Glycosides from *Pouteria obovata* (R. Br.) Fruit Flour, Food Chemistry, 124(3): 884-888.

Doughari, J.H., 2012, Phytochemicals – A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health, InTech. 1-32.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P. and Smith, F., 1956, Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances, Analytical Chemistry, 28(3): 350-356.

Eljan, M., Ana, M., Marica, M.A. and Ivona, J., 2008, Application of TLC in the Isolation and Analysis of Flavonoids, In Thin Layer Chromatography in Phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Hajnos, M.L, 2008, TLC of Diterpenes, In Thin Layer Chromatography in Phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Hiai, S., Oura, H. and Nakajima, T., 1976, Color Reaction of Some Sapogenins and Saponins with Vanillin and Sulfuric Acid, Planta Medica, 29(2): 116-122.

Jovanovic-Malinovska, R., Kuzmanova, S. and Winkelhausen, E., 2015, Application of Ultrasound for Enhanced Extraction of Prebiotic Oligosaccharides from Selected Fruits and Vegetables, Ultrasonics Sonochemistry, 22: 446-453.

Marston, A. and Hostettman, K., 2006, Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications, CRC Press, Boca Raton, USA.

Miroslaw, A.H. and Monika, W.-H., 2008, Application of TLC in the Isolation and Analysis of Coumarins, In Thin Layer Chromatography in Phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Nabor, L.O., 2001, Alternative Sweeteners, Marcel Dekker, 1-12.

Rita, R., Simla, B. and Angelika, K., 2008, TLC of Mono- and Sesquiterpenes, In Thin Layer Chromatography in Phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Sharma, O.P., Kumar, N., Singh, B. and Bhat, T.K., 2012, An Improved Method for Thin Layer Chromatographic Analysis of Saponins, Food Chemistry, 132(1): 671-674.

Surana, S.J., Gokhale, S.B., Rajmane, R.A. and Jadhav, R.B., 2006, Non-Saccharide Natural Intense Sweeteners – an Overview of Current Status, Natural Product Radiance, 5(4): 270-278.

Thales, R.C., Lauro, M.d.S., Marcello, I. and Guilherme, L.S., 2008, TLC of Carbohydrates, In Thin Layer Chromatography in Phytochemistry, CRC Press, 896 Pages.

Whitehouse, C.R., Boullata, J. and McCauley, L.A., 2008, The Potential Toxicity of Artificial Sweeteners, American Association of Occupational Health Nurses Journal, 56(6): 251-259.

**Table 1** Chemical composition of root of three Thai plants as the natural sweeteners (%dry weight basis).

| Parameters | Moisture | Ash | Protein | Lipid | Fiber | Carbohydrate |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ixora | 7.39±0.10 | 0.88±0.16 | 1.98±0.28 | 2.79±0.29 | 47.47±2.00 | 39.49 |
| Blady grass | 8.14±0.06 | 2.83±0.31 | 2.64±0.28 | 2.41±0.22 | 26.93±1.20 | 57.05 |
| Raksamsib | 8.98±0.03 | 2.47±0.45 | 6.73±0.76 | 0.91±0.06 | 22.13±0.31 | 55.19 |

**Table 2** Percentage yields of Thai plant root extracts.

| Parameters | Ixora | | Blady grass | | Raksamsib | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $H_2O$ | EtOH | $H_2O$ | EtOH | $H_2O$ | EtOH |
| Yield (%) | 3.33 | 3.01 | 4.80 | 6.09 | 6.08 | 3.96 |

**Table 3** Qualitative analysis of main sweetness compounds from Thai plant root extracts by Thin Layer Chromatography method.

| Parameters | Flavonoids | | Saponins | | Terpenoids | | Sugars | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EtOH | $H_2O$ | EtOH | $H_2O$ | EtOH | $H_2O$ | EtOH | $H_2O$ |
| Ixora | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Blady grass | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Raksamsib | + | + | + | + | + | + | + | + |

Note: (+) present, (-) absent.

**Table 4** Quantitative analysis of main sweetness compounds from Thai plant root extracts by spectrophotometric method.

| Parameters | Flavonoids[a] | | Saponins[b] | | Total Sugars[c] | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | EtOH | $H_2O$ | EtOH | $H_2O$ | EtOH | $H_2O$ |
| Ixora | 4.689±0.287 | 0.937±0.049 | 65.867±1.454 | 28.933±0.310 | 17.479±0.461 | 37.438±0.845 |
| Blady grass | 1.132±0.022 | 1.044±0.017 | 48.900±0.721 | 57.700±2.052 | 31.708±1.821 | 211.500±2.165 |
| Raksamsib | 0.500±0.021 | 0.444±0.014 | 30.033±1.767 | 67.700±1.002 | 53.042±1.774 | 304.333±3.417 |

Note: a) Catechin was used as standard and expressed in mg catechin equivalent/g dry weight (mg CE/ g DW).
b) Escin was used as standard and expressed in mg escin equivalent/g dry weight (mg EE/ g DW).
c) Glucose was used as standard and expressed in mg/g dry weight (mg/ g DW).
d) Terpenoid content was not determined by spectrophotometric method.

**Table 5** Sugar analysis of three plant aqueous extracts by HPLC-ELSD.

| Parameters | Ribose | Xylose | Fructose | Glucose | Galactose | Sucrose |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ixora | - | - | 206.20 | 547.70 | 149.48 | 75.61 |
| Blady grass | - | - | 683.26 | 803.73 | - | 1551.02 |
| Raksamsib | 13.33 | 15.32 | 556.38 | 295.40 | - | 1089.90 |

Note: Sugar content was expressed in mg/ 100 mL of extracts.

# การเพิ่มปริมาณฟีนอลิก และความสามารในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ในเซลล์แขวนลอยถั่วเหลือง ที่กระตุ้นด้วยเมททิลจัสโมเนท

# The Accumulation of Total Phenolic Content and Antioxidant Activity in Suspension Culture of *Glycine max* by Methyl Jasmonate

ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ แฟรงก์ มาทา[2]
Rungruang, R.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Matta, F.B.[2]

## Abstract

Plant cell suspension culture combined with elicitor techniques has gained popularity. These techniques can result in increased phenolic content and consistent quality. The objective of this investigation was to monitor the effect of various concentrations (0, 50, 100, 150 and 200 µM) of methyl jasmonate (MeJA) on total phenolic content (TPC), antioxidant activities including 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH) and 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) of *Glycine max* cultured cell. It was found that the dried biomass of cultured cell was lower than the control, but the intracellular TPC, antioxidant activity by DPPH and ABTS increased when cells were treated with 50 µM MeJA (81.16 mg GAE/ 100gDW, 86.11 µg TE/ 100 gDW and 143.75 µg TE/ 100 gDW, respectively). However, TPC, isoflavone, DPPH and ABTS activities of intracellular cell suspension culture were higher than in extracellular cell suspension culture.

**Keywords:** methyl jasmonate, total phenolic, antioxidant activity, *Glycine max* cell suspension

## บทคัดย่อ

เทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์พืชแบบเซลล์แขวนลอยร่วมกับการใช้สารกระตุ้นเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากสามารถสังเคราะห์สารในกลุ่มฟีนอลิกได้ในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้น และมีคุณภาพสม่ำเสมอ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารกระตุ้นเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0, 50, 100, 150 และ 200 µM ต่อปริมาณสารฟีนอลิก คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์โดยวิธี 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH)กับ 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) ทั้งภายในและภายนอกเซลล์ของเซลล์แขวนลอยถั่วเหลือง ผลการศึกษาพบว่าทุกความเข้มข้นของสารกระตุ้นทั้งสองชนิดยับยั้งการเจริญเติบโต แต่มีปริมาณสารฟีนอลิก ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับ ABTS เพิ่มสูงขึ้น โดยมีปริมาณภายในเซลล์มากกว่าภายนอกเซลล์ และการใช้เมทิลจัสโมเนท สามารถเพิ่มปริมาณได้สูงสุด ที่เพาะเลี้ยงด้วยเข้มข้น 50 µM สามารถเพิ่มปริมาณฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับ ABTS ภายในเซลล์เท่ากับ 81.16 mg GAE/ 100gDW, 86.11 µg TE/ 100 gDW และ 143.75 µg TE/ 100 gDW ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** เมททิลจัสโมเนท ฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระ เซลล์แขวนลอยถั่วเหลือง

## Introduction

Soybeans (*Glycine max*) are a rich source of phytochemicals, such as isoflavones and other phenolic compounds including tocopherols, saponins, and phytic acids (Kim et al., 2012). Isoflavonoids are considered functional foods since they are effective antioxidants (Malgorzata et al., 2005), antimicrobial, anti-inflammatory, antithrombotic and immune modulation agents (Sakthivelu et al., 2008). Isoflavonoids can be synthesized by plant cell suspension culture techniques (Gueve and Knorr, 2011). In addition, those techniques can be combined with an elicitor for increasing compound content and achieving highly consistent quality. Methyl

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, MS State, Mississippi, 39762, USA

jasmonate (MeJA), one of the elicitors is a signal molecule in biotic and abiotic stress which regulates the gene expression of defence-related protein (PR protein) for producing phytochemicals in a plant. In this study, we investigated the effects of different concentrations of MeJA on biomass accumulation, total phenolic content, and antioxidant activities in cultured cells of *Glycine max*.

## Materials and Methods

### Callus formation

Cultured callus were initiated from seeds of *Glycine max* cv. Nakhonsawan-I Thailand. The seeds were surface sterilized with ethanol 75% (v/v) for 20 sec, then by NaOCl 10% (v/v) for 10 min and NaOCl 5% (v/v) for 20 min, and finally rinsed three times with sterile distilled water for 5 min. The seed was subjected on to a solid B5 medium (Gamborg, 1968) containing 3 mg/L 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), 20 g/L sucrose and 0.8% (w/v) agar, observed until root and shoot protuberance or emergence which was around 10 days. When shoots and roots were 5-6 cm length, the explants were then cut into 3±1 mm segments and put into B5 medium for initiation to callus. Cultures were incubated for 4 weeks at 25 °C with 16 h light.

### Effect of Methyl Jasmonate (MeJA) on cell suspension culture

Methyl Jasmonate (MeJA) was used to stimulate phenolic production from cell suspension culture. To investigate the effects of MeJA, suspension cultured cells with exponential phase of sigmoid growth curve were added B5 medium with MeJA at different concentrations (0, 50, 100, 150 and 200 µM). Callus culture were collected immediately (time 0) and at 3, 6, 9, 12 and 15 days after treated with MeJA. The harvested cells were determined for dry cell weight, intracellular and extracellular phenolic content and antioxidant activity.

### Analysis

Intracellular total phenolic and extracellular total phenolic was analyzed with Folin–Ciocalteu reagent method (Slinkard and Singleton., 1977). The antioxidant activity was measured by modified 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging (DPPH) method (Brand-William et al., 1995) and 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method (Cai et al., 2004).

## Results and Discussion

Results showed that the cell dry weight of cultured soybean cells was the highest when cells were treated with 50 µM MeJA of 5.5 g/L DW. However, growth of suspension cells of soybean treated with MeJA was lower than the control. It was also found that increase concentrations of MeJA decreased growth of cells (Fig. 1). It indicated that the response of soybean cells to low levels of MeJA was a specific signaling effect more than a toxic response (Staswick et al., 1992). After treated with all concentrations of MeJA (0, 50, 100, 150, and 200 µM), intracellular TP was higher than extracellular TP (Table 1). These results were similar to $DPPH^{\bullet}$ scavenging activity (Fig. 2C and 2D) and $ABTS^{\bullet+}$scavenging activity (Fig. 2A and 2B). The highest intracellular TP of treated cells with 50 µM MeJA was 81.16 mg GAE/100gDW, at day 6, increasing approximately 2-fold compared with the control (Table 1). Intracellular $DPPH^{\bullet}$ scavenging activity was 86.11 µg TE/100 gDW and increased approximately 2.5-fold (Fig. 2C). Moreover, intracellular $ABTS^{\bullet+}$ scavenging activity was 143.75 µg TE/100 gDW and increased approximately 2.5-fold (Fig. 2A). MeJA could stimulate the key enzymes; chalcone synthase (CHS) and phenylalanine ammonia lyase (PAL) in soybean to produce phenolic compounds (Sembdnerand and Partheir, 1993) by transmitting signal of a gene in the phenyl propanoid pathway (Gundlachet et al., 1992). Results showed that the intracellular TP, $DPPH^{\bullet}$, and $ABTS^{\bullet+}$ scavenging activity were the highest on the day 6, whereas the extracellular were highest on the 9 days after treatment. Since phenolic compounds are excreted, their extracellular content increased after 9 days.

## Summary

Methyl jasmonate at all concentrations (0, 50, 100, 150 and 200 μM) inhibited cell growth but enhanced the phenolic contents and antioxidant activities in culture cells of *Glycine max*. The best condition to enhance the phenolic content and antioxidant activity was 50 μM MeJA after 6 days of cell suspension cultures.

## Acknowledgment

This work was supported by the National Research Council of Thailand (NRCT) and Research and Researcher for Industry (RRi).

## Literature cited

Brand-William, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995, Use of A Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensmittel Wissenschaft and Technology, 28: 25–30.

Cai, Y., Luo, Q., Sun, M. and Corke, H., 2004, Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in 112 Traditional Chinese Medicinal Plants Associated with Anticancer, Life Sciences, 75: 2157–2184.

Gamborg, O.L., Miller, R.A. and Ojima, K., 1968, Nutrient Requirements of Suspension Cultures of Soybean Root Cells, Experimental Cell Research, 50(1): 151-158.

Gueven, A. and Knorr, D., 2011, Isoflavonoid Production by Soy Plant Callus Suspension Culture, Journal of Food Engineering, 103(3): 237–243.

Gundlach, H., Miiller, M.J., Kutchan, T.M. and Zenk, M.H., 1992, Jasmonic Acid is a Signal Transducer in Elicitor-induced Plant Cell Cultures, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 89: 2389-2393.

Kim, E.H., Ro, H.M., Kim, S.L., Kim, H.S. and Chung, I.M., 2012, Analysis of Isoflavone, Phenolic, Soyasapogenol, and Tocopherol Compounds in Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] Germplasms of Different Seed Weights and Origins, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(23): 6045-6055.

Malgorzata, M.P., Bailly, C., Szafransca, K., Janas, K.M. and Corbineau, F., 2005, Antioxidant Enzymes and Isoflavonoids in Chilled Soybean (*Glycine max* (L.) merr.) Seedlings, Journal of Plant Physiology, 162: 403–412.

Sakthivelu, G., Akitha Devi, M.K., Giridhar, P., Rajasekaran, T., Ravishankar, G.A., Nikolova, M.T., Angelov, G.B., Todorova, R.M. and Kosturkova, G.P., 2008, Isoflavone Composition, Phenol Content, and Antioxidant Activity of Soybean Seeds from India and Bulgaria, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 2090–2095.

Sembdner, G. and Parthier, B., 1993, The Biochemistry and the Physiological and Molecular Actions of Jasmonates, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 44: 569–589.

Slinkard, K. and Singleton, V.L., 1977, Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. American Journal of Enology and Viticulture, 28: 49–55.

Staswick, P.E., Su, W. and Howell, S.H., 1992, Methyl Jasmonate Inhibition of Root Growth and Induction of a Leaf Protein are decreased in an *Arabidopsis thaliana* Mutant, Proceedings of the National Academy of Sciences, 89(15): 6837–6840.

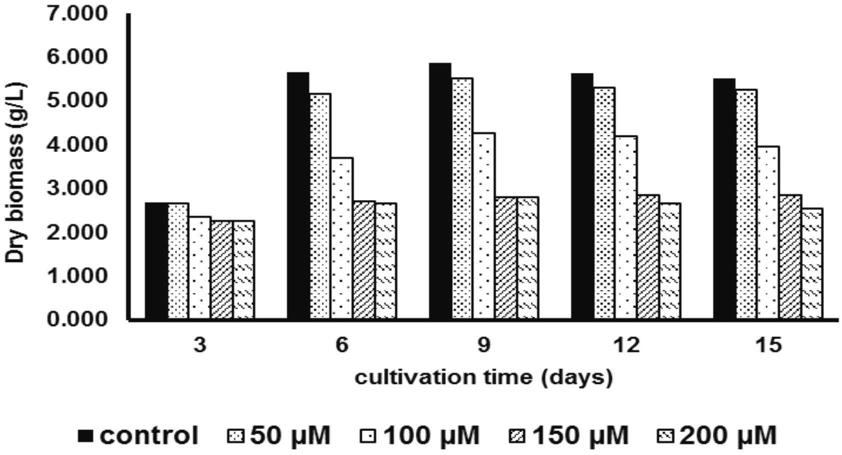



Figure 1 Effect of methyl jasmonate (MeJA) on cell growth of cultured soybean cells.

Table 1 Effect of methyl jasmonate (MeJA) on intracellular total phenolic and extracellular total phenolic of cultured soybean cells.

| Extracellular total phenolic (mg GAE/ 100 mL) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Days | control | 50 μM | 100 μM | 150 μM | 200 μM |
| 3 | 0.547 | 0.903 | 0.775 | 0.727 | 0.592 |
| 6 | 0.557 | 1.005 | 0.880 | 0.794 | 0.611 |
| 9 | 0.614 | 1.025 | 0.919 | 0.813 | 0.634 |
| 12 | 0.653 | 1.005 | 0.842 | 0.736 | 0.663 |
| 15 | 0.643 | 0.986 | 0.823 | 0.727 | 0.640 |

| Intracellular total phenolic (mg GAE/ 100 gDCW) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Days | control | 50 μM | 100 μM | 150 μM | 200 μM |
| 3 | 44.381 | 64.115 | 63.707 | 58.419 | 55.000 |
| 6 | 45.308 | 81.161 | 72.167 | 65.420 | 59.761 |
| 9 | 43.761 | 65.157 | 60.339 | 60.680 | 57.589 |
| 12 | 42.911 | 58.726 | 53.503 | 56.579 | 54.318 |
| 15 | 40.782 | 55.623 | 54.698 | 52.530 | 54.186 |

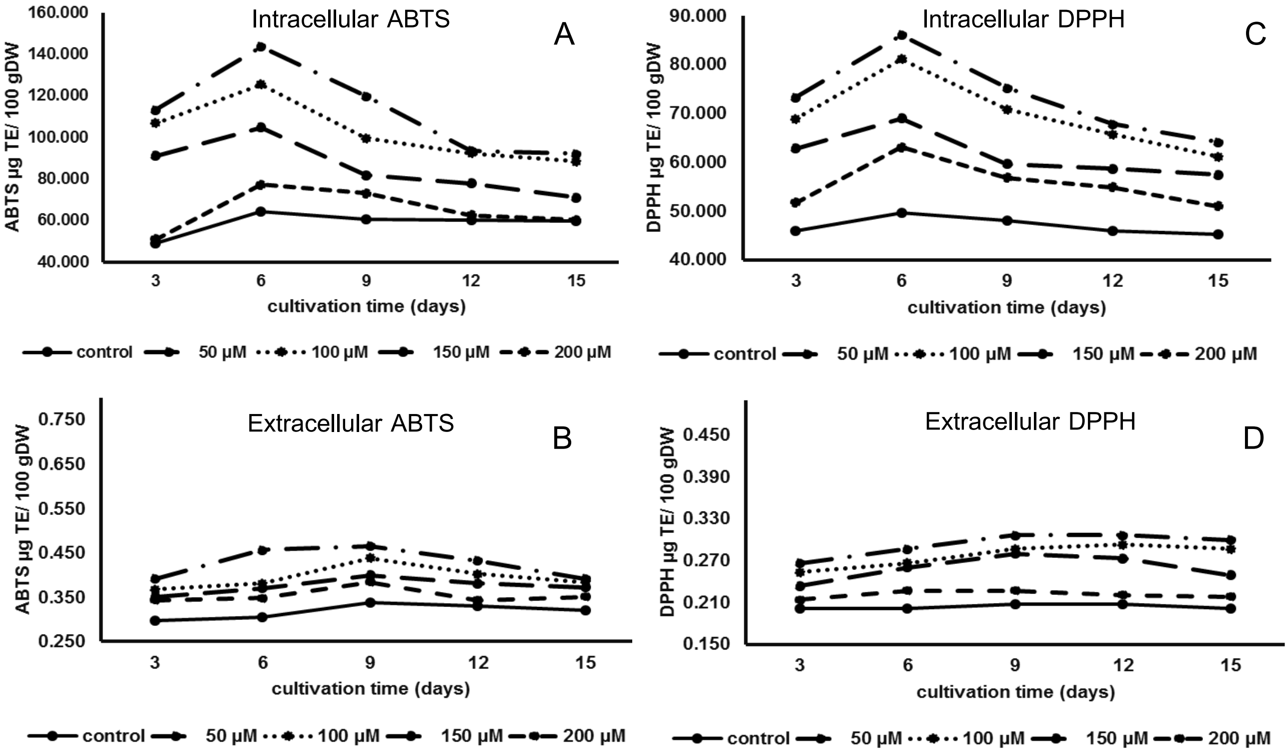



Figure 2 Effect of methyl jasmonate (MeJA) on intracellular ABTS $^{\bullet +}$ (A, B) and DPPH$^{\bullet}$ (C, D) of cultured soybean cells.

# ผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อความคงตัวและอายุการเก็บรักษาของน้ำใบเตย

# Effect of Hydrocolloids on Stability and Shelf Life of Pandan Juice

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1] มณฑิรา นพรัตน์[2] นิพร เดชสุข[1] ณัฐนันท์ วิลาวรรณ[1] และ สุพิชชา สุกใส[1]

Vongsawasdi, P.[1], Nopharatana, M.[2], Dejsuk, N.[1], Wilawan, N.[1] and Suksai, S.[1]

## Abstract

The objectives of this study are to investigate the effects of particle sizes and hydrocolloids on stability and shelf life of pandan juice. Three different sieve sizes i.e., 40, 100 and 140 mesh were separately used to filter pandan juice. Stability of juice samples were determined in term of transmittance at a wavelength of 540 nm during storing at 4±2 ºC for 8 days. The results showed that the filtrate juice from 140 mesh provided the best stability. However, its transmittance increased from 2.53% at the beginning to 34.84% at the end of shelf life. Three hydrocolloids, namely xanthan gum (XG; 0.03, 0.05 and 0.07% w/v), carboxymethylcellulose (CMC; 0.1, 0.2 and 0.3% w/v) and gum arabic (GA; 1, 5 and 10% w/v) were used to improve stability of the juice. The results indicated that the juice with 0.07% w/v of XG possessed the best stability with transmittance values of 2.35 - 2.54% throughout experimental period. Its viscosity was 0.0075 Pa•s. whereas its L, a and b were 26.53 - 57.13, (-10.84) to (-8.81) and 7.75 - 12.45, respectively. The pandan juices had shelf life of 8 days. The custard which used pandan juice with 0.07% w/v of XG provided good appearance with yellow green color. It had some pandan leaf aroma and proper consistency for spreading on bread. The pandan custard was moderately liked by the panelists.

**Keywords:** pandan juice, hydrocolloids, xanthan gum, carboxymethylcellulose, gum arabic

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดอนุภาคในน้ำใบเตยและชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ต่อความคงตัวของน้ำใบเตย โดยนำน้ำใบเตยคั้นสดมากรองผ่านตะแกรงที่แปรค่าขนาดรูตะแกรงเป็น 40, 100 และ 140 เมช และนำมาเก็บที่อุณหภูมิ 4±2 ºC ผลพบว่าน้ำใบเตยที่กรองผ่านตะแกรงขนาด 140 เมช มีความคงตัวมากที่สุดโดยมีค่าการส่องผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm. อยู่ในช่วง 2.53 – 34.84% หลังจากนั้นนำน้ำใบเตยมาปรับปรุงความคงตัวโดยทดลองใช้ไฮโดรคอ-ลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ แซนแทนกัม (XG; 0.03, 0.05 และ 0.07% (w/v)) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC; 0.1, 0.2 และ 0.3% (w/v)) และ กัมอะราบิก (GA; 1, 5 และ 10% (w/v)) ผลพบว่าน้ำใบเตยที่เติม XG ที่ความเข้มข้น 0.07% (w/v) มีความคงตัวมากที่สุดโดยมีค่าการส่องผ่านของแสงอยู่ในช่วง 2.35-2.54% มีความหนืดเท่ากับ 0.0075 Pa•s เมื่อนำไปวัดค่าสีพบว่ามีค่า L, a และ b อยู่ในช่วง 26.53 - 57.13, (-10.84)- (-8.81) และ 7.75 - 12.45 ตามลำดับ น้ำใบเตยที่ได้มีอายุการเก็บรักษา 8 วัน เมื่อนำน้ำใบเตยมาทดลองใช้ในสังขยาใบเตย และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าสังขยาที่ใส่น้ำใบเตยที่เติม XG 0.07% (w/v) มีลักษณะปรากฏที่ดี โดยมีสีเขียวอมเหลือง มีกลิ่นหอมจากใบเตยเล็กน้อย มีความข้นหนืดพอเหมาะสามารถปาดลงขนมปังได้ดี และได้คะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบในระดับชอบปานกลาง

**คำสำคัญ**: น้ำใบเตย ไฮโดรคอลลอยด์ แซนแทนกัม คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส กัมอารบิก

## คำนำ

ใบเตย หรือเตยหอม เป็นพืชที่มีกลิ่นและสีที่เป็นเอกลักษณ์ แต่ไม่มีรสชาติที่ชัดเจน จึงนิยมนำมาใช้เป็นสารแต่งกลิ่นและสีที่ได้จากธรรมชาติในอาหาร เพื่อให้กลิ่นรสที่น่ารับประทาน เช่น สังขยาใบเตย วุ้นกะทิใบเตย เป็นต้น อย่างไรก็

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140

[1] Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thoonkru, Bangkok 10140

[2] ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140

[2] Department of Food Engineering, Faculty of Engineer, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thoonkru, Bangkok 10400

ตามน้ำใบเตยมักเกิดการตกตะกอนในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้น้ำใบเตยมีสีจางลง เมื่อนำมาประกอบอาหารจะทำให้อาหารมีลักษณะปรากฏไม่สม่ำเสมอส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการทดลองใช้สารไฮโดรคอลอยด์ เพื่อรักษาความคงตัวในน้ำใบเตย โดยคาดหวังว่าผลการทดลองที่ได้จะทำให้น้ำใบเตยมีความคงตัวดีขึ้น เมื่อนำไปประกอบในอาหาร จะทำให้อาหารที่ได้มีลักษณะปรากฏที่ดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การศึกษาผลของขนาดอนุภาคในน้ำใบเตยต่อการตกตะกอน

นำน้ำใบเตยคั้นสด ซึ่งเตรียมจากการปั่นผสมใบเตยกับน้ำในอัตราส่วน 1:5 (น้ำหนักโดยปริมาตร) มากรองโดยที่แปรค่าขนาดรูตะแกรงเป็น 40, 100 และ 140 เมช นำน้ำใบเตยที่กรองได้มาเก็บที่อุณหภูมิ 4±2 ºC และสุ่มตัวอย่างมาเพื่อวัดค่าความคงตัวในเทอมของค่าการส่องผ่านของแสง (%T) (UV/VIS Spectrophotometer; EZ 201, USA) ทุกๆ 2 วัน

### การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของไฮโดรคอลอยด์ที่ส่งผลต่อความคงตัวของน้ำใบเตย

ทดลองใช้ไฮโดรคอลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ XG ที่ความเข้มข้น 0.03, 0.05 และ 0.07% (w/v) CMC ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.2 และ 0.3% (w/v) และ GA ที่ความเข้มข้น 1, 5 และ 10% (w/v) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 ºC และสุ่มตัวอย่างมาวัดค่าการส่องผ่านของแสง (%T) ที่ความยาวคลื่น 540 nm. วัดความหนืด (Rheometer; MCR 150, Germany) วัดค่าสีด้วยระบบ Hunter Lab (Color spectrophotometer; Ultra scan XE/IX7, USA) และวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Maturin และ Peeler, 1998 ) โดยวัดผลการทดลองทุกๆ 2 วัน จากนั้นนำน้ำใบเตยที่เติมไฮโดรคอลอยด์ที่มีความคงตัวดีที่สุดของแต่ละชนิดมาทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์สังขยาใบเตย นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยเสนอตัวอย่างพร้อมขนมปัง ผู้ทดสอบซึ่งเป็นนักศึกษาภาคจุลชีววิทยาที่กึ่งฝึกฝน จำนวน 10 คน มีอายุในช่วง 22 – 23 ปีจะทำการทดสอบ โดยให้คะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ (5 =มีสีเขียวกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และ 1= มีสีเขียวกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอพบจุดสีเขียวกระจายอยู่ทั่วสังขยา) สี (5= มีสีเขียวสด และ 1= มีสีเขียวอมน้ำตาล) กลิ่น (5= มีกลิ่นหอมของใบเตย และ 1=มีกลิ่นเปรี้ยวและไม่มีกลิ่นใบเตย) รสชาติ (5= ไม่มีรสแปลกปลอมและมีรสหวานปานกลาง และ 1=มีรสแปลกปลอม เช่น รสขม หรือมีรสหวานมาก) เนื้อสัมผัส (5= มีความหนืดในระดับปกติ และ 1=รู้สึกเหลวจนไม่สามารถปาดลงบนขนมปังได้) ความชอบโดยรวม (5= ชอบมากที่สุด และ 1= ไม่ชอบมากที่สุด) สำหรับการวิเคราะห์สถิติจะทำโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan 's multiple range test

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### ผลของขนาดอนุภาคในน้ำใบเตยต่อการตกตะกอน

จาก Figure 1 พบว่าน้ำใบเตยที่ผ่านการกรองด้วยตะแกรงขนาด 40 เมช (ขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.400 มม.) จะมีค่า %T ทุกช่วงเวลาสูงกว่าน้ำใบเตยที่ผ่านการกรองด้วยตะแกรงขนาด 100 และ 140 เมช (มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.149 มม. และ 0.105 มม. ตามลำดับ) ตลอดช่วงการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคในน้ำใบเตยมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา จึงมีโอกาสชนกันและถ่ายเทพลังงานจลน์ให้แก่กัน ทำให้อนุภาคที่สูญเสียพลังงานมีความเร็วลดลง และเกิดการตกตะกอนลงมาด้วยแรงโน้มถ่วงโลก โดยอนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะมีการตกตะกอนลงมาได้ง่ายกว่าอนุภาคที่มีขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามค่า %T ของน้ำใบเตยที่ผ่านการกรองด้วยตะแกรงขนาด 140 เมช ยังคงมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีค่าเพิ่มจาก 2.53% ในวันแรกของการเก็บเป็น 34.84% ในวันที่ 8 ของการเก็บ ซึ่งแสดงว่าอนุภาคในน้ำใบเตยยังคงมีการรวมตัวกันและเกิดการตกตะกอน ดังนั้นการทดลองขั้นต่อไปจะทดลองใช้สารไฮโดรคอลอยด์เพื่อชะลอการตกตะกอนของอนุภาคเหล่านั้น

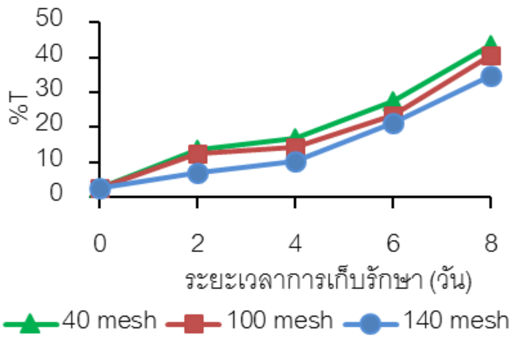



Figure 1 Transmittance (%T) at 540 nm of pandan juice during storage at 4±2 ºC

**ผลของชนิดและความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ที่ส่งผลต่อความคงตัวของน้ำใบเตย**

จาก Figure 2 พบว่าน้ำใบเตยที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิดและความเข้มข้นจะมีความคงตัวดีกว่าน้ำใบเตยที่ไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ โดยสังเกตได้จาก %T ที่มีค่าต่ำกว่า ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้และอนุภาคในน้ำใบเตยมีประจุลบเหมือนกัน จึงเกิดการผลักกัน ส่งผลให้อนุภาคลอยตัวอยู่ได้ (Genovese และ Lozano, 2001) จากผลการทดลองยังพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารไฮโดรคอลลอยด์ จะทำให้น้ำใบเตยมีความคงตัวดีขึ้นอีกด้วย สำหรับผลการวัดค่าความหนืด (ไม่ได้แสดงผล) พบว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์จะทำให้น้ำใบเตยมีความหนืดสูงขึ้นและมีพฤติกรรมเปลี่ยนจากแบบนิวโตเนียน (flow behavior index = 1) เป็นแบบซูโดพลาสติก (flow behavior index อยู่ในช่วง 0.282 -0.897) โดยน้ำใบเตยที่เติม XG, CMC และ GA มีความหนืดอยู่ในช่วง 0.0041- 0.0075, 0.015 – 0.0245 และ 0.0060 – 0.0124 Pa•s ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าน้ำใบเตยที่เติมXG ที่ความเข้มข้น 0.07%(w/v) มีค่า %T ต่ำกว่าน้ำใบเตยที่เติมไฮโดรคอลลอยด์สภาวะอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือมีค่าเท่ากับ 2.35-2.54% ซึ่งแสดงว่าน้ำใบเตยที่สภาวะนี้มีความคงตัวดีที่สุด และมีค่าความหนืดเท่ากับ 0.0075 Pa•s ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลมาจากโครงสร้างของไฮโดรคอลลอยด์ โดย XG มีโครงสร้างเป็นกิ่งก้านทำให้เกิด stearic effect ทำให้ช่วยชะลอการตกตะกอนของอนุภาคได้ดีกว่า CMC ซึ่งมีโครงสร้างแบบเส้นตรง ในกรณีของ GA นั้นแม้ว่าจะมีโครงสร้างเป็นกิ่งก้าน แต่ประสิทธิภาพการทำงานจะขึ้นอยู่กับค่า pH โดยน้ำใบเตยมี pH เท่ากับ 6.7 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่ทำให้ GA มีค่า ionic strength เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้มีค่า electrostatic repulsion ระหว่างอนุภาคลดลงเป็นผลให้มีค่าความคงตัวต่ำกว่า XG (Wüstenberg, 2015)

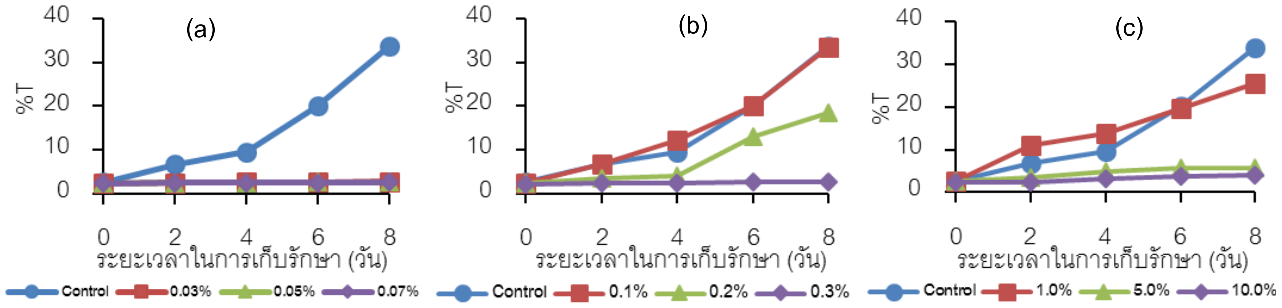



Figure 2 Transmittance (%T) of pandan juice during storage at 4±2 ºC
(a) Pandan juice with XG (b) Pandan juice with CMC (c) Pandan juice with GA

เมื่อนำน้ำใบเตยที่เติม XG ที่ความเข้มข้นต่างๆ มาวัดค่าสีในเทอม L (ค่าความสว่าง), a (ค่าความเป็นสีเขียว) และ b (ค่าความเป็นสีเหลือง) พบว่าน้ำใบเตยที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ มีค่า L, a และ b ต่ำกว่าน้ำใบเตยที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์ (ตัวอย่างควบคุม) (Figure 3)โดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารไฮโดรคอลลอยด์จะยิ่งทำให้ค่าสีมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์จะทำให้น้ำใบเตยมีความคงตัวดีขึ้น ส่งผลให้อนุภาคยังคงแขวนลอยอยู่ในของเหลว โดยน้ำใบเตยที่เติม XG ที่ความเข้มข้น 0.07% มีค่า L, a และ b อยู่ในช่วง 26.53 – 57.13, (-10.84)- (-8.81) และ 7.75 – 12.45 ตามลำดับ

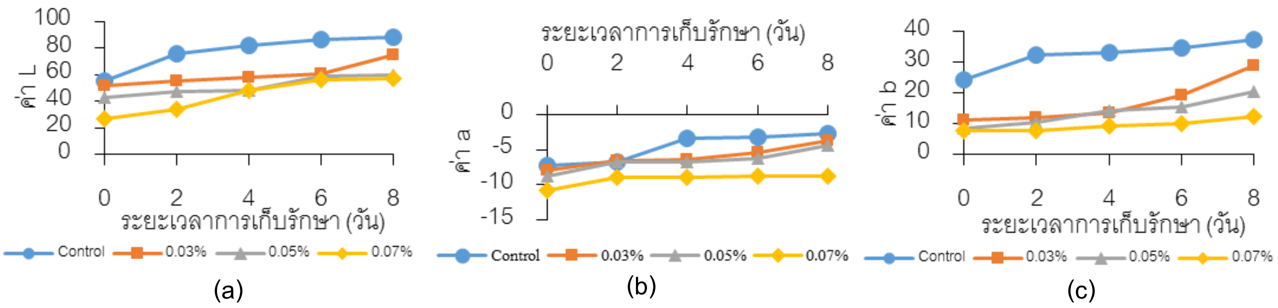



**Figure 3** Lightness (a) Greenness (b) Yellowness (c) of pandan juice with XG during storage at 4±2ºC

ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของน้ำใบเตยที่เติม XG ความเข้มข้น 0.07% พบว่าน้ำใบเตยมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์ราเท่ากับ 1.3 x$10^{6}$ และ 150 CFU/mL ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 4±2 ºC จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำใบเตย (2547) กำหนดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์ราไว้ไม่เกิน $10^{6}$ และ 100 CFU/mL ตามลำดับ ดังนั้นน้ำใบเตยที่เติม XG 0.07% มีอายุการเก็บ 8 วัน

เมื่อนำน้ำใบเตยที่เติม XG ความเข้มข้น 0.07% ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษามาทดลองทำสังขยาใบเตย ได้ผลดัง Table 1 โดยสังขยาที่ใส่น้ำใบเตยที่เติม XG 0.07% (w/v) มีกลิ่นแตกต่างจากสังขยาที่ใช้น้ำใบเตยสดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือมีกลิ่นใบเตยเล็กน้อย แต่มีลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมต่างจากสังขยาที่ใช้น้ำใบเตยสดอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยสังขยาที่ได้มีสีเขียวอมเหลือง ไม่มีรสแปลกปลอมและมีรสหวานปานกลาง มีความข้นหนืดพอเหมาะสามารถปาดลงขนมปังได้ดี และได้คะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบในระดับชอบปานกลาง

**Table 1** Sensorial evaluation of pandan custard prepared from pandan juice stored at 4±2 ºC for 8 days

| Attributes | Control | XG 0.07%(w/v) |
|---|---|---|
| Appearance$^{ns}$ | 4.00 ± 0.00 | 3.90 ± 0.32 |
| Odor | 3.90$^{b}$ ± 0.88 | 4.50$^{a}$ ± 0.53 |
| Taste$^{ns}$ | 4.60 ± 0.49 | 4.70 ± 0.49 |
| Texture$^{ns}$ | 3.60 ± 0.84 | 3.60 ± 0.84 |
| Overall acceptance$^{ns}$ | 4.10 ± 0.74 | 4.40 ± 0.52 |

*Mean values with different letters in row (a and b) were significant difference ($p \leq 0.05$)

$^{ns}$ Mean values in row were not significant difference ($p>0.05$)

## สรุปผล

น้ำใบเตยที่กรองผ่านตะแกรงขนาด 140 เมช มีความคงตัวมากที่สุดและการเติม XG ความเข้มข้น 0.07% (w/v) มีความคงตัวมากที่สุดและมีอายุการเก็บรักษา 8 วัน ที่อุณหภูมิ 4±2 ºC เมื่อนำน้ำใบเตยมาทดลองใช้ในสังขยาใบเตย พบว่าสังขยาที่ได้มีสีเขียวอมเหลือง มีกลิ่นหอมจากใบเตยเล็กน้อย มีความข้นหนืดพอเหมาะสามารถปาดลงขนมปังได้ดี และได้คะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบในระดับชอบปานกลาง

## เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำใบเตย, 2547, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: น้ำใบเตย, มผช, 695/2547

Genovese, D.B. and Lozano, J.E., 2001, The Effect of Hydrocolloids on the Stability and Viscosity of Cloudy Apple Juices. Food Hydrocolloids. 15: 1-7.

Maturin, L. and Peeler, J.T., 1998, Bacteriological Analytical Manual: Aerobic plate Count, Edition 8, Revision A, Chapter 3.

Wüstenberg, T., 2015, Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food Industry: Fundamentals and Applications, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 1st ed., pp 39-41, 50-53, 64-65.

# ผลของขั้นตอนการเติมนมและน้ำตาลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของชานมอูหลง

# Antioxidant and Total Polyphenol Content Changes as Affected by Adding Milk and Sugar in Oolong Milk Tea

**รัชพล พะวงศ์รัตน์**[1] **และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล**[2]

Pawongrat, R.[1] and Poubol, J.[2]

## Abstract

The objective of this research was to study the changes of antioxidant and total polyphenol content of Oolong milk tea after adding milk and sugar. Seven types of Oolong tea powder were prepared; plain Oolong tea (A: control), Oolong tea plus sugar (B), Oolong tea plus milk (C), Oolong tea plus milk and sugar (D), adding Oolong tea in sugar (E), adding Oolong tea in milk (F) and adding Oolong tea in milk and sugar (G). Results showed that adding milk and sugar at the same concentration had an effect on antioxidant capacity and total polyphenol content. Control sample had the highest antioxidant and total polyphenol content ($p \leq 0.05$). Therefore, the consumption of Oolong tea without adding milk and sugar had a nutritional value higher than Oolong tea with milk or sugar.

**Keywords:** Oolong tea, milk, sugar, antioxidant, total polyphenol

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมนมและน้ำตาลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในชานมอูหลง โดยเตรียมตัวอย่างชานมอูหลงในรูปแบบผงด้วยเครื่อง freeze dryer จำนวน 7 แบบ คือ ชาอูหลง (A: ชุดควบคุม), เติมน้ำตาลลงในชาอูหลง (B), เติมนมลงในชาอูหลง (C), เติมนมและน้ำตาลลงในชาอูหลง (D), เติมชาอูหลงลงในน้ำตาล (E), เติมชาอูหลงลงในนม (F) และเติมชาอูหลงลงในนมและน้ำตาล (G) จากการทดลองพบว่าขั้นตอนในการเติมนมและน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน มีผลต่อค่าการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด โดยชาอูหลงในชุดควบคุมมีค่าการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นการบริโภคชาอูหลงที่ไม่เติมนมและน้ำตาลจะให้คุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าการเติมนมหรือน้ำตาล

**คำสำคัญ:** ชาอูหลง นม น้ำตาล สารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด

## คำนำ

จากความนิยมของผู้บริโภคที่มีแนวโน้มให้ความสนใจในการรักษาสุขภาพ โดยผู้บริโภคเลือกที่จะรับประทานอาหารที่ดีและมีประโยชน์ อาทิ เช่น อาหารเสริมหรือวิตามินต่างๆ เพื่อเพิ่มความสวยและผิวพรรณ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (Healthy drink) ก็ยังเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์จากชา เช่น ชาเขียว ชาอูหลง ชาดอกไม้ หรือ ชาผสมน้ำผึ้ง ที่มีสรรพคุณที่แตกต่างกันออกไป การดื่มชาที่ผลิตออกมาในท้องตลาดก็มีมากมายหลายชนิด เพื่อตอบสนองความต้องการด้านสุขภาพของผู้บริโภค (ไมตรี, 2555)

ปัจจุบันมีการค้นพบและมีรายงานทางวิทยาศาสตร์มากมายที่แสดงถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการดื่มชา โดยชามีสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุของโรคมะเร็ง สารที่อยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ flavonoids, flavones, gallic acid, ellagic acid และ anthocyanins เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิก นอกจากจะ

[1] สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Division of Biology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[2] Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

เป็นสารต้านอนุมูลอิสระแล้ว ยังมีคุณสมบัติอื่นๆ เช่น ช่วยขยายหลอดเลือด ลดการอักเสบ กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ต้านมะเร็ง ต้านโรคภูมิแพ้ และทำลายเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกาย (เจนจิรา และ ประสงค์, 2554)

เครื่องดื่มชามีการบริโภคในรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามความชื่นชอบของแต่ละบุคคล ไม่ว่าจะเป็นการดื่มชาโดยตรง หรือจะดัดแปลงเครื่องดื่มชาโดยการเติมนม เติมน้ำตาล เพื่อเพิ่มความหลากหลายของรสชาติ แต่การดัดแปลงการบริโภคชาดังกล่าว ยังไม่มีการตรวจสอบว่าจะส่งผลต่อคุณสมบัติของชาหรือไม่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีค วามสนใจที่จะทำการศึกษาผลกระทบของการเติมนม และน้ำตาลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมตัวอย่างผงแห้งของชานมอูหลงโดยใช้เครื่อง Freeze dryer

การเตรียมตัวอย่างชานมอูหลง ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Sharma และคณะ (2008) โดยเตรียมตัวอย่างปริมาตร 200 มิลลิลิตร (Table 1) เป็น 2 ชุด คือ ชุดที่เติมส่วนผสมลงในชากับชุดที่เติมชาลงในส่วนผสม โดยแบ่งออกเป็น 7 แบบ คือ ชาอูหลง (A), เติมน้ำตาลลงในชา (B), เติมนมลงในชา (C), เติมนมและน้ำตาลลงในชา (D), เติมชาลงในน้ำตาล (E), เติมชาลงในนม (F) และเติมชาลงในนมและน้ำตาล (G) จากนั้นนำสารสกัดทั้งสองชุดมาทำให้เป็นผงด้วยเครื่อง freeze dryer

**Table 1** Preparation of samples (total volume 200 ml)

| Treatment | tea (g) | sugar (g) | milk (ml) | water (ml) |
|---|---|---|---|---|
| A | 4 | - | - | 200 |
| B | 4 | 4 | - | 200 |
| C | 4 | - | 40 | 160 |
| D | 4 | 4 | 40 | 160 |
| E | 4 | 4 | - | 200 |
| F | 4 | - | 40 | 160 |
| G | 4 | 4 | 40 | 160 |

**Table 2** The loss wigth of samples after freeze dryer

| Treatment | Loss wight (%) | % Yields |
|---|---|---|
| A | 99.56 | 0.44 |
| B | 97.85 | 2.15 |
| C | 93.71 | 6.29 |
| D | 91.51 | 8.49 |
| E | 97.36 | 2.64 |
| F | 94.60 | 5.40 |
| G | 93.09 | 6.91 |

### 2. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์ชานมอูหลง

นำผงชาชงแห้งละลายในเมทานอล 99.8% เพื่อเตรียมสารละลาย 500 ppm โดยนำสารละลายไปเจือจางด้วยเมทานอล 99.8% ให้ได้ความเข้มข้น 200, 100, 50, 25 ppm และศึกษาหาสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP assay) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของ ascorbic acid ดัดแปลงตามวิธีของ (Benzie และ strain, 1999) และโพลีฟีนอล ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย gallic acid และแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (±SD) mg/g (gallic acid equivalent) ดัดแปลงตามวิธีของ (Ketsa และ Atantee, 1998)

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการทดลองด้วย Duncan’s multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 1. ผลการเตรียมตัวอย่างผงของชานมอูหลงโดยใช้เครื่อง Freeze dryer

จากการเตรียมตัวอย่างผงชานมอูหลง ทั้ง 7 แบบ (A-G) โดยเครื่อง Freeze dryer โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ได้ Table 2 พบว่า ในตัวอย่างชาอูหลงเติมนมและน้ำตาล (D, G) ให้สารสกัดแข็งสูงสุด มีค่าเท่ากับ 8.49, 6.91 กรัม ตามด้วยชาอูหลงเติมนม (C, F) และชาอูหลงเติมน้ำตาล (B, E) มีค่าเท่ากับ 6.29, 5.40 กรัม และ 2.15, 2.64 กรัม แต่พบว่าชาอู

หลงให้สารสกัดแข็งต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 0.44 กรัม ผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Sharma และคณะ (2008) ซึ่งรายงานว่าชาดำเติมนม และน้ำตาลให้สารสกัดแข็งสูงสุด ตามด้วยชาดำเติมนม และชาดำเติมน้ำตาล

**2. ผลของการเติมนมและน้ำตาลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด**

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชานมอูหลงที่ผ่านการทำละลายด้วยน้ำ เทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid โดยรายงานค่าเป็น FRAP value (mg/ml) พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชานมอูหลงแบบ A จะมีค่าสารการต้านอนุมูลอิสระที่สูงสุด และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้น (Figure 1) นอกจากนี้พบว่าขั้นตอนการเติมนมและน้ำตาลมีสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชานมอูหลงเมื่อเทียบที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน (25, 50, 100, 200 และ 5000 ppm) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sharma และคณะ (2008) พบว่านมและน้ำตาลมีผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระของชาดำที่ความเข้มข้นต่างๆ (5, 10, 20, 40 ppm) เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน

จากการศึกษาหาปริมาณโพลีฟีนอลของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชานมอูหลง พบว่าสารสกัดจากชาอูหลงแบบ A มีปริมาณฟีนอลิกสูงสุด และแต่พบว่าแบบ D มีค่าปริมาณฟีนอลิกต่ำสุด (Figure 2) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะการเกิดปฏิกิริยาซึ่งกันและกันระหว่างฟีนอลิกกับโปรตีน ซึ่งปฏิกิริยาเกิดจากพันธะเคมีทั้งพันธะโควาเลนท์ (covalent bonds) และที่ไม่ใช่พันธะโควาเลนท์ (non-covalent bonds) ส่งผลทำให้เกิดการตกตะกอน และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนรวมทั้งปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมี (Tissa, 2004; มณฑณา, 2556)

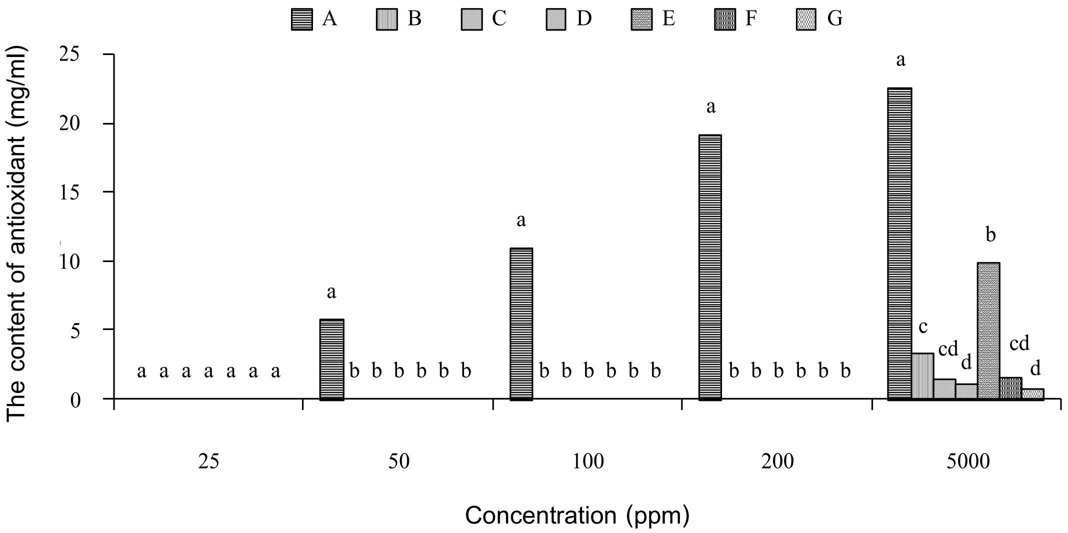



**Figure 1** The content of antioxidant compared with standard ascorbic acid at the concentration of 25, 50, 100 200 and 5000 ppm

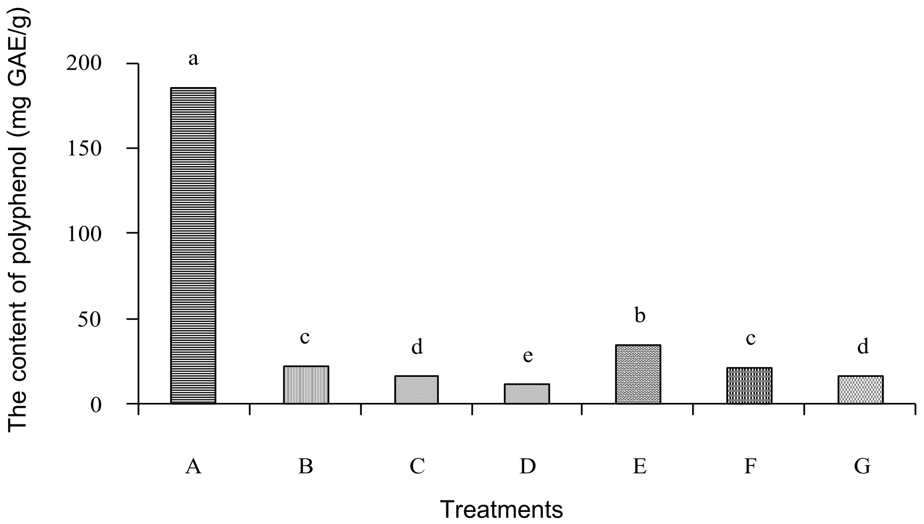



Figure 2 The total polyphenol content in oolong tea without milk and tea (a) or contained milk or sugar (B – G)

## สรุปผล

การศึกษาขั้นตอนในการเติมนมและน้ำตาล พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด โดยชาอูหลงในชุดควบคุมมีค่าการต้านอนุมูลอิสระเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid และปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน gallic acid สูงที่สุด ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นการบริโภคชาอูหลงที่ไม่เติมนมและน้ำตาลจะให้คุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าการเติมนมหรือน้ำตาลลงในชาอูหลง

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร ภายใต้ศูนย์ส่งเสริมและถ่ายทอดทอดโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2556 คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

## เอกสารอ้างอิง

มณฑณา วีระวัฒนากร, 2556, ปฏิกิริยาเคมีระหว่างโปรตีนและพอลีฟีนอลและผลต่อระบบชีวภาพของปฏิกิริยา, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 18(1): 210-218.

ไมตรี สุทธจิตต์, 2555, ความรู้พื้นฐานของออกซิเดชัน, น. 1-14. *ใน* วรพล เองวานิช (บรรณาธิการ), อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ, คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา ร่วมกับ สมาคมเพื่อการวิจัยอนุมูลอิสระไทย. สำนักพิมพ์นวัตกรรมสุขภาพ, เชียงใหม่.

เจนจิรา จิรัมย์ และ ประสงค์ สีหานาม, 2554, อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ: แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์, 1(1): 59-70.

Benzie, F.F. and Strain, J.J., 1999, Ferric Reducing/ Antioxidant Power Assay: Direct Measure of Total antioxidant Activity of Biological Fluids and Modified Version for Simultaneous Measurement of Total Antioxidant Power and Ascorbic Acid Concentration, Methods in Enzymology, 299: 15-23.

Ketsa, S. and Atantee, S., 1998, Phenolics, Lignin, Peroxidase Activity and Increased Firmness of Damaged Pericarp of Mangosteen Fruit after Impact, Postharvest Biology and Technology, 14: 117-124

Sharma, V., Kumar, H.V. and Rao, L.J.M., 2008, Influence of Milk and Sugar on Antioxidant Potential of Black Tea, Food Research International, 41: 124-129.

# ผลของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพของเปลือกส้มโอและการประยุกต์ใช้ในรูปของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

# Effect of Drying Method on Quality of Pomelo Peel and Its Application for Pomelo Healthy Drink

**รัชพล พะวงศ์รัตน์**[1] **และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล**[2]
Pawongrat, R.[1] and Poubol, J.[2]

## Abstract

The objective of this research was to study on the effect of drying method on chemical changes (moisture content and antioxidant), and the development of a healthy drink product from pomelo peel. Result showed that drying method affected moisture content and antioxidant capacity of pomelo peel ($p \leq 0.05$). Drying with hot air oven had higher drying time than hot air oven combined with microwave drying. Drying method varied with temperature and time. Hot air oven drying at 60°C combined with microwave drying at 200 watt for 15 seconds resulted in the highest content of antioxidants (6.96% and 15.89%), as compared to a standard of ascorbic acid and $\alpha$-tocopherol, respectively. For the result of product development, consumers accepted the drink from pomelo peel with ratio of pomelo peel : sugar : milk was of 1.5g : 3.5g : 15 ml.
**Keywords:** drying method, pomelo peel, healthy drink

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของวิธีการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (ปริมาณความชื้นและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ) และศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากเปลือกส้มโอ พบว่าวิธีการอบแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น และการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเปลือกส้มโอ ($p \leq 0.05$) โดยวิธีการอบด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวจะใช้เวลานานกว่าวิธีการอบด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟ สำหรับค่าการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าวิธีการอบแห้งจะแปรผันกับอุณหภูมิและเวลา โดยวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อน 70 องศาเซลเซียส ร่วมกับไมโครเวฟ 200 วัตต์ 15 วินาที จะให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 6.96 เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid และคิดเป็นร้อยละ 15.89 เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน $\alpha$-tocopherol สำหรับผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบสูงที่สุดในเครื่องดื่มที่ประกอบด้วยเปลือกส้มโอ 1.5 กรัม : น้ำตาล 3.5 กรัม : นม 15 มิลลิลิตร
**คำสำคัญ:** วิธีการอบแห้ง เปลือกส้มโอ เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

## คำนำ

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการเพาะปลูกพืชผลต่างๆมากมาย อีกทั้งยังมีการส่งออกไปยังต่างประเทศ ซึ่งผลผลิตที่เกิดขึ้นนั้นมีตั้งแต่ในรูปของผลสด และการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ หนึ่งในพืชผลนั้นก็คือ ส้มโอ ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งเนื่องจากมีการปลูกอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ ทำให้เป็นที่รู้จักและนิยมบริโภคของประชาชนทั้งในและต่างประเทศ และส้มโอเป็นพืชตระกูลส้มที่มีขนาดใหญ่ และในส่วนเปลือกของส้มโอที่มีปริมาณมากกว่าพืชตระกูลส้มชนิดอื่นๆ อีกทั้งยังเป็นเปลือกผลไม้ที่มีเส้นใยอาหารเป็นจำนวนมาก และจะถูกทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ (อุมาภรณ์ และคณะ, 2546) จึงได้มีความสนใจในการที่จะนำเปลือกส้มโอมาใช้ในการทดลองงานวิจัยนี้

จากการศึกษา การอบแห้งผักผลไม้อาจทำให้คุณภาพของผักและผลไม้เปลี่ยนไป เช่น สี เนื้อสัมผัส เป็นต้น เนื่องจากมีการได้รับความร้อนต่อเนื่องเป็นเวลานาน โดยการเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งนั้นๆ เช่น อุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบแห้ง เป็นต้น และขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบ ซึ่งในการอบแห้งโดยทั่วไปแล้วจะใช้วิธีการอบลมร้อน ซึ่งการอบลมร้อนมีอัตราการอบแห้งต่ำและใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน งานวิจัยนี้จึงได้มีการนำ

[1] **สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140**
[1] Division of Biology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140
[2] **สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140**
[2] Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

ไมโครเวฟมาใช้ร่วมกับการอบลมร้อนในการอบแห้งเปลือกส้มโอโดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเปลือกส้มโอ และและเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่เพื่อนำมาทำเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ

## อุปกรณ์และวิธีการ

**1. การเตรียมตัวอย่างการเตรียมตัวอย่างเปลือกส้มโอ**

การเตรียมตัวอย่างเปลือกส้มโอโดยนำส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ (จากอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม) ล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาด เฉือนผิวเปลือกส้มโอส่วนสีเขียว (ความหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร) แล้วหั่นให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (ขนาด 1×1 เซนติเมตร) นำไปลวกในน้ำ ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปผึ่งลมให้แห้ง เก็บไว้ถุงพลาสติกที่ปิดสนิท

**2. การศึกษาผลของวิธีการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น และสารต้านอนุมูลอิสระในเปลือกส้มโอ**

การศึกษาผลของวิธีการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในเปลือกส้มโอ ทำโดยนำเปลือกส้มโอที่เตรียมไว้จากข้อ 1 จำนวน 5 กรัม ในภาชนะที่ผ่านการชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว ทำการอบแห้งด้วยวิธีการที่แตกต่างกันจำนวน 10 วิธี (Table 1) เก็บตัวอย่างที่เวลา 60, 120, 240, 300, 360, 420 และ 480 นาที ตามลำดับ นำตัวอย่างใส่ในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ได้ ทำการวิเคราะห์หาความชื้นที่เหลือ และการศึกษาผลของวิธีการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงของสารต้านอนุมูลอิสระดัดแปลงจาก Benzie และ Strain (1999) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid และ α-tocopherol ตามลำดับ โดยนำเปลือกส้มโอที่ผ่านอบแห้งด้วยวิธีการที่แตกต่างกันจำนวน10 วิธี มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น (ขนาด 1-2 มิลลิเมตร) จากนั้นนำมาบรรจุในถุงชาจำนวน 1.5 กรัม เติมน้ำร้อน (อุณหภูมิ 100°C) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ ขนาด 150 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที นำถุงชาที่ใส่ตัวอย่างออกจากบีกเกอร์ เก็บส่วนที่เป็นของเหลวปรับให้ได้ความเข้มข้น 100 ไมโครลิตร เพื่อวิเคราะห์ค่าสารต้านอนุมูลอิสระ

Table 1 The drying method of Pomelo Peel

| method | temperature (°C) | microwave power (watt) | time (mins) |
|---|---|---|---|
| 1 | 60 | - | |
| 2 | 60 | 90 | 40 |
| 3 | 60 | 90 | 50 |
| 4 | 60 | 200 | 15 |
| 5 | 60 | 200 | 30 |
| 6 | 70 | - | |
| 7 | 70 | 90 | 40 |
| 8 | 70 | 90 | 50 |
| 9 | 70 | 200 | 15 |
| 10 | 70 | 200 | 30 |

**3. การศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเปลือกส้มโอ**

การศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเปลือกส้มโอ ทำโดยเตรียมเปลือกส้มโอที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการที่เหมาะสม นำมาบดให้ละเอียด จากนั้นนำมาบรรจุในถุงชาจำนวน 1.5 กรัม เติมน้ำร้อน (อุณหภูมิ 100°C) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ ขนาด 150 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติมน้ำตาลที่ปริมาณ 0.5 1.5 2.5 และ 3.5 กรัม ตามลำดับ ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point Hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 16 คน

**4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทางสถิติ**

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการทดลองด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 1. ผลการศึกษาวิธีการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น และสารต้านอนุมูลอิสระในเปลือกส้มโอ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของเปลือกส้มโออบแห้งทั้ง 10 วิธีการ ที่มีการใช้ลมร้อน 60 และ 70°C และมีการใช้ไมโครเวฟร่วมที่กำลังไฟ 90 วัตต์ และ 200 วัตต์ (Table 2) พบว่าปริมาณความชื้นมีการลดลงตามระยะเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น โดยในเวลาที่เท่ากัน การใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำให้การเปลี่ยนแปลงความชื้นในเปลือกส้มโอลดลงมากกว่าการใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามในช่วงหลังจาก 120 นาที กราฟมีความชันลดลง และเริ่มมีการลดลงในอัตราที่คงที่ เนื่องจากน้ำภายในเปลือกส้มโอ เริ่มเคลื่อนที่ยากเพราะผิวของตัวอย่างเริ่มมีความแข็ง นอกจากนี้การใช้ไมโครเวฟสามารถเร่งอัตราการอบแห้งได้ โดยสภาวะที่มีการใช้ไมโครเวฟร่วมในการอบด้วยนั้นมีความชื้นเหลืออยู่น้อยกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว และการใช้ไมโครเวฟที่กำลังไฟสูงขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นลดลงมากขึ้นในเวลาที่เท่ากัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ นันทวัน และสุพิชชา (2554) จากการศึกษาผลของการอบแห้งต่อค่าการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มเปลือกส้มโออบแห้งเทียบกับสารมาตรฐาน Ascorbic acid และ α-tocopherol (Table 3) พบว่าเครื่องดื่มจากเปลือกส้มโอจากสภาวะที่อุณหภูมิสูง และใช้เวลาในการอบสั้นมีค่าการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำและใช้เวลานาน พบว่าวิธีการอบแห้งในวิธีที่ 9 ที่มีการใช้ไมโครเวฟที่กำลังไฟ 200 วัตต์ ร่วมกับการอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที มีค่าการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 6.96 เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid และคิดเป็นร้อยละ 15.89 เมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน α-tocopherol การใช้ไมโครเวฟมาช่วยในการอบแห้งนั้นจะทำให้วัตถุดิบในการอบแห้งมีการสัมผัสกับความร้อนเป็นเวลาที่สั้นลง และช่วยย่นระยะเวลาในการอบแห้ง (สุรศักดิ์, 2547)

**Table 2** The remaining moisture content of each drying methods

| Time | Drying methods | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mins) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 0 | 100.00±0.00$^{a}$ | 100.00±0.00$^{a}$ | 100.00±0.00$^{a}$ | 100.00±0.00$^{a}$ | 100.00±0.00$^{a}$ | 100.00±0.00$^{a}$ | 100.00±0.00$^{a}$ | 100.00±0.00$^{a}$ | 100.00±0.00$^{a}$ | 100.00±0.00$^{a}$ |
| 60 | 41.11±3.10$^{a,b}$ | 40.73±3.68$^{a,b}$ | 37.44±0.93$^{a,b}$ | 36.56±3.76$^{a,b}$ | 37.50±2.26$^{a,b}$ | 39.41±3.20$^{a,b}$ | 30.80±2.12$^{b,b}$ | 26.49±1.92$^{b,b}$ | 30.64±4.00$^{b,b}$ | 27.57±3.52$^{b,b}$ |
| 120 | 25.00±1.64$^{ab,c}$ | 26.07±1.61$^{a,c}$ | 24.75±0.19$^{ab,c}$ | 23.93±1.39$^{ab,c}$ | 24.12±0.49$^{ab,c}$ | 24.02±1.94$^{ab,c}$ | 24.06±0.32$^{ab,c}$ | 24.21±0.22$^{ab,c}$ | 23.39±0.74$^{b,c}$ | 23.19±0.69$^{b,c}$ |
| 180 | 24.95±1.42$^{a,c}$ | 23.71±0.24$^{ab,cd}$ | 23.72±0.13$^{ab,cd}$ | 23.56±0.51$^{b,cd}$ | 23.57±0.48$^{b,c}$ | 23.65±0.14$^{b,c}$ | 23.39±0.83$^{b,cd}$ | 24.10±0.58$^{ab,c}$ | 23.44±0.46$^{ab,c}$ | 23.12±0.89$^{b,c}$ |
| 240 | 24.50±0.53$^{a,c}$ | 23.68±0.27$^{abc,cd}$ | 23.49±0.58$^{abc,de}$ | 24.21±0.82$^{ab,cd}$ | 23.11±0.87$^{c,cd}$ | 23.65±0.20$^{abc,c}$ | 23.32±0.76$^{bc,cd}$ | 23.11±0.29$^{c,cd}$ | 23.20±0.43$^{bc,c}$ | 22.60±0.26$^{c,cd}$ |
| 300 | 23.38±1.37$^{a,c}$ | 23.40±0.93$^{a,d}$ | 23.10±0.19$^{ab,de}$ | 23.01±1.07$^{ab,cd}$ | 22.51±0.38$^{ab,cde}$ | 23.64±0.40$^{a,c}$ | 22.65±0.40$^{ab,cde}$ | 21.78±0.77$^{b,de}$ | 22.47±0.66$^{ab,cd}$ | 22.46±0.56$^{ab,cd}$ |
| 360 | 23.06±0.13$^{ab,c}$ | 23.30±0.46$^{ab,d}$ | 24.00±0.50$^{a,ef}$ | 23.11±0.72$^{ab,cd}$ | 21.70±0.85$^{cd,de}$ | 22.48±1.22$^{bc,cd}$ | 22.29±0.95$^{bcd,de}$ | 21.18±0.17$^{d,ef}$ | 21.34±0.56$^{cd,cd}$ | 22.10±0.32$^{bcd,cd}$ |
| 420 | 22.90±0.92$^{a,c}$ | 23.10±0.44$^{a,d}$ | 22.63±0.46$^{a,f}$ | 21.96±0.88$^{ab,cd}$ | 21.34±0.25$^{bc,de}$ | 20.44±0.95$^{c,d}$ | 21.31±0.46$^{bc,e}$ | 20.23±0.76$^{c,f}$ | 21.09±0.26$^{bc,cd}$ | 21.10±1.00$^{bc,cd}$ |
| 480 | 22.81±0.79$^{ab,c}$ | 23.11±0.53$^{ab,d}$ | 22.34±0.13$^{c,f}$ | 21.33±0.69$^{de,d}$ | 21.57±0.49$^{cd,e}$ | 23.46±0.15$^{a,c}$ | 21.20±0.19$^{de,e}$ | 20.20±0.78$^{f,f}$ | 20.01±0.34$^{f,d}$ | 20.54±0.46$^{ef,d}$ |

*Values in a column with different letters are significant difference at ($p<0.05$).

Table 3 Efect of drying methods on the antioxidants

| | Drying methods | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Control* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ascorbic acid (mg/ml) | 4.85 | 4.83 | 4.72 | 5.29 | 5.05 | 5.35 | 4.84 | 5.45 | 6.04 | 6.96 | 6.68 |
| α-tocopherol (mg/ml) | 9.08 | 10.96 | 10.71 | 12.03 | 11.47 | 12.15 | 10.98 | 12.42 | 13.75 | 15.88 | 15.25 |

*control = fresh pomelo pell

**2. ผลการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเปลือกส้มโอ**

จากการศึกษาส่วนประกอบที่เหมาะสมในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากเปลือกส้มโอ โดยเตรียมส่วนประกอบที่แตกต่างกัน โดยทำการทดสอบการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภค ด้วยวิธีการประเมินแบบ Nine - point hedonic scale (Table 4) พบว่าการเติมน้ำตาลในปริมาณต่างๆ มีผลต่อความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยเครื่องดืมเปลือกส้มโอที่เติมน้ำตาลมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคชอบมากขึ้น ดังนั้นสูตรที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลที่ผู้บริโภคมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ น้ำตาล 3.5 กรัม โดยมีระดับความชอบโดยรวมเท่ากับ 5.94

Table 4 Effect of sugar content on sensory evaluation of pomelo tea

| Parameter | Content of adding sugar (g) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0.5 | 1.5 | 2.5 | 3.5 |
| Sensory acceptability | 4.8±1.88[b] | 5.6±1.50[ab] | 5.6±1.26[ab] | 5.9±0.93[a] |

*Values in a column with different letters are significant difference at ($p<0.05$).

## สรุปผล

จากศึกษาผลของวิธีการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (ปริมาณความชื้น และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ) และศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากเปลือกส้มโอ พบว่าวิธีการอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟร่วมกับการอบลมร้อนในการอบแห้งเปลือกส้มโอ สามารถเร่งอัตราการอบแห้งได้ อีกทั้งยังสามารถย่นระยะเวลาในการอบแห้งด้วย ซึ่งปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ภายหลังจากการอบแห้งด้วยลมร้อนอย่างเดียวนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ผู้บริโภคให้ความพึงพอใจผลิตเครื่องดื่มจากเปลือกส้มโอที่อัตราส่วนเปลือกส้มโออบแห้ง : น้ำตาล : นม คือ 1.5 : 3.5 : 15 (กรัม : กรัม : มิลลิลิตร)

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร ภายใต้ศูนย์ส่งเสริมและถ่ายทอดทอดโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2556 คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน

## เอกสารอ้างอิง

อุมาภรณ์ สุจริตทวีสุข เบญจมาส รัตนชินกร และ อนุวัตร แจ้งชัด, 2546, การลดความขมในน้ำส้มโอ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 34(4-6) (พิเศษ): 100-103.

นันทวัน เทิดไทย และ สุพิชา กระจ่างเมธีกุล, 2554, ผลของการใช้ไมโครเวฟร่วมกับการอบแห้งแบบลมร้อนต่อคุณภาพของฟักทองอบแห้ง, น. 133-140. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, กรุงเทพฯ.

สุรศักดิ์ เหมวิมล, 2547, การสกัดแอนทราควิโนนส์จากรากของต้นยอโดยการใช้คลื่นเหนือเสียงและคลื่นไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 78 น.

Benzie, F.F. and Strain, J.J., 1999, Ferric Reducing/ Antioxidant Power Assay: Direct Measure of Total antioxidant Activity of Biological Fluids and Modified Version for Simultaneous Measurement of Total Antioxidant Power and Ascorbic Acid Concentration, Methods in Enzymology, 299:15-23.

# ศักยภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์ด้วยกระบวนการหมักด้วยเชื้อแลคติกและ Bifidobacteria

# Antioxidant Potential of Cashew Apple Pulp Fermented with Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria

รัชฎาภรณ์ คะประสบ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ แฟรงก์ มาทา[2]
Kaprasob, R.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Matta, F.B.[2]

## Abstract

Fresh cashew apple (*Anacardium occidentale*) pulp is an agricultural waste from processed cashew nut. Cashew apple can be a raw substrate for the production of probiotic cashew apple juice by lactic acid bacteria (*Lactobacillus casei* and *Lactobacillus acidophilus*) and bifidobacteria (*Bifidobacterium longum*) for 0, 24, and 48 h. Changes in total phenolics, hydrolysable tannin, condensed tannins and antioxidant properties (DPPH$^{\bullet}$(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) and ABTS$^{\bullet+}$ (2,2-azino-di-[3-ethylbenzthiazoline sulphonate])) during fermentation were investigated. Results showed that the total phenolics, condensed tannins, hydrolysable tannins were decreased after 48 h of fermentation. The 24 h fermented cashew apple with *L. casei*, *L. acidophilus* and *B. longum* had the highest vitamin C content. Moreover, fermented cashew apple with *B. longum* had a high antioxidant capacity which did not differ ($p>0.05$) from that of lactic acid bacteria. Finally, *L. casei*, *L. acidophilus*, and *B. longum* are optimal probiotics for fermentation with cashew apple.

**Keywords:** cashew apple, antioxidant activity, lactic acid bacteria, bifidobacteria

## บทคัดย่อ

เนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเม็ดมะม่วงหิมพานต์ จึงได้นำเนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์เป็นสารตั้งต้นสำหรับกระบวนการผลิตโปรไบโอติกส์น้ำมะม่วงหิมพานต์ด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก (*Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus*) และบิฟิโดแบคทีเรีย (*Bifidobacterium longum*) เป็นเวลา 0, 24 และ 48 ชั่วโมง ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ไฮโดรไลซ์แทนนิน คอนเดนส์แทนนิน และประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH$^{\bullet}$ (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และ ABTS$^{\bullet+}$ (2,2-azino-di-[3-ethylbenzthiazoline sulphonate)) ในระหว่างกระบวนการหมัก พบว่าสารประกอบฟีนอลิค คอนเดนส์แทนนิน ไฮโดรไลซ์แทนนินมีปริมาณลดลงหลังจากหมักนาน 48 ชั่วโมง และที่เวลาในการหมัก 24 ชั่วโมง มะม่วงหิมพานต์ที่หมักด้วย *L. casei*, *L. acidophilus* และ *B. longum* มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด นอกจากนี้มะม่วงหิมพานต์ที่หมักด้วย *B. longum* มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งไม่แตกต่างกับมะม่วงหิมพานต์ที่หมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก ($p>0.05$) และ *L. casei*, *L. acidophilus*, และ *B. longum* เป็นโปรไบโอติกส์ที่เหมาะสมสำหรับการหมักมะม่วงหิมพานต์

**คำสำคัญ:** มะม่วงหิมพานต์ การต้านอนุมูลอิสระ แบคทีเรียกรดแลคติก บิฟิโดแบคทีเรีย

## Introduction

The cashew nuts represents only 9.5% of the total fruit weight and after harvest large amounts of cashew apples are left in the field to rot as an agricultural by-product, thus, 90.5% of this production is lost or underutilized (Silveira *et al*., 2012). Cashew apples are an excellent source of nutritions include ascorbic acid, vitamins, minerals, organic acid, phenolics (anacardic acids), carbohydrate, reducing sugars (fructose and glucose), and some amino acids (Gyedu-Akoto, 2011). Cashew apple has been shown to be suitable for fermentation, because of its unique taste, flavor, availability, high sugar and water content (moisture content),

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Soi Tientalay 25, Thakham, Bangkhuntien, Bangkok 10150
[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, Starkville MS 39762, fmatta@pss.msstate.edu

and overall chemical composition (Ward and Ray, 2006). Moreover, cashew apple is also as a good medium for cultivating probiotics despite the high level of tannin content.

The use of probiotic microorganisms to ferment food is traditional. Fermented products may be part of a daily diet, improving the health and quality of life of consumers. Lactic acid fermentation has a well-known role in improving nutritional and functional properties of many vegetable foods (Di Cagno *et al*., 2013). Most of the probiotic bacteria used in commercial products today are members of the genera *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* (Daly and Davis, 1998). Recently, numerous lactic acid bacteria such as *Lactobacillus acidophilius*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium longum* and *Bifidobacterium lactis* have been used in fruits to produce probiotic beverage (Gardner *et al*., 2001; Yoon *et al*., 2006; Kun *et al*., 2008). Therefore, the aim of this study was to characterize the antioxidant potential of cashew apple pulp fermented with lactic acid bacteria and bifidobacteria for developing a probiotic cashew apple.

## Materials and Methods

**Preparation of the cashew apple fermentation substrate:** Cashew apple was washed with water and then cut into small pieces. The edible pieces were homogenized using a Waring blender for 5 min. The cashew apple was pasteurized for 15 min at 70°C.

**Preparation of probiotic lactic acid bacteria:** *Lactobacillus casei* TISTR 390, *Lactobacillus acidophilus* TISTR 1338, and *Bifidobacterium longum* TISTR 2195 were obtained from Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Thailand. Cell cultivation was carried out statically in an incubator until the cell density spectrophotometrically determined reached 1.000 at 600 nm that corresponded to $15\times10^8$ CFU/mL, using the McFarland scale (Chapin and Lauderdale, 2003).

**Fermentation of probiotic cashew apple:** Fermentation experiments were conducted in sealed Erlenmeyer flask, each containing 20 g of pasteurized cashew apple, without supplementary nutrient or water and inoculated with *L. casei*, *L. acidophilus*, and *B. longum* (2.0 mL of inoculum). The fermentation process was performed at 37°C for 48 h. Samples were taken at 0, 24, and 48 h for chemical analyses.

**Vitamin C content:** Ascorbic acid analysis of sample extraction was done with 2,6-dichloroindolphenol according to the Official Titrimetric Method (AOAC, 2000). Vitamin C content was expressed as gram ascorbic acid equivalents (AAE)/ kg dry weight (DW).

**Determination of condensed tannin content:** Condensed tannins or proantrocyanidins were measured using the modified Vanillin Assay described by Sun *et al.* (1998). Results were expressed as mg (+)-catechin equivalent / 100g dry weight (DW).

**Determination of hydrolysable tannin content:** Hydrolysable tannins were determined according to the method of Saad *et al.* (2012). Results were expressed as mg tannic acid equivalent (TAE)/ 100 g dry weight (DW).

**Determination of total phenolic content:** Total phenolic content was measured using the Folin–Ciocalteu colorimetric method (Huang *et al*., 2005). Results were expressed as gram gallic acid equivalents (GAE)/ 100g dry weight (DW).

**Methods to estimate antioxidant capacity**

**1) DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging efficiency:** The scavenging effect was measured according to the modify method of Bersuder *et al.* (1998).

**2) ABTS (2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic) radical scavenging activity:** The scavenging activity was measured according to Shan *et al.* (2005).

## Results and Discussion

The antioxidant contents (ascorbic acid, total phenolic, condensed tannin and hydrolysable tannin) of fermented cashew apple during fermentation are presented in Table 1 and Figure 1. It was observed that vitamin C content sharply increased after ferment for 24 h, and then decreased until 48 h of fermentation. The highest ascorbic acid of fermented cashew apple with *L. casei*, *L. acidophilus*, and *B. longum* at 24 h fermentation was 18.11, 17.79, and 18.29 g AAE/100 g DW, respectively. The total phenolic content of fermented cashew apple with lactic acid bacteria (*L. acidophilus* and *L. casei*) at the fermentation time of 0 to 24 h decreased slightly and then increased after 48 h, which was not different than those of the control. Meanwhile, the total phenolic content of fermented cashew apple with *B. longum* significantly decreased ($p \leq 0.05$) during fermentation (Table 1). The condensed tannins of fermented cashew apple with lactic acid bacteria (*L. casei* and *L. acidophilus*) at the fermentation time of 0 to 24h was sharply increased and then decreased after 48h. However, condensed tannins of fermented cashew apple with *B. longum* for 48 h slightly increased. Meanwhile, the hydrolysable tannins content of fermented cashew apple with lactic acid bacteria (*L. acidophilus* and *L. casei*) was sharply decreased at fermentation time of 0 to 24 h from an initial value of 18.83 to 14.98 mg TAE/ 100 g DW and remained steady until 48 h fermentation (Figure 1). The decrease in hydrolysable tannins content of fermented cashew apple with *B. longum* was significantly different ($p \leq 0.05$) from that with *L. casei* and *L. plantarum* during 48 h of fermentation. Moreover, the decrease in antioxidant activity of fermented cashew apple with *B. longum* did not differ ($p > 0.05$) from that with *L. casei* and *L. plantarum* during 48 h of fermentation. A decrease in antioxidant activity throughout fermentation (48 h) could be due to oxidation or degradation of compounds with antioxidant (Johnson *et al*., 2011).

## Summary

Fermentation of cashew apple with 10% of *L. casei*, *L. acidophilus*, and *B. longum* are the optimal probiotics for the production of a health beverage.

## Acknowledgements

This work was supported by the Royal Golden Jubilee Ph.D Program and Heritage Grower Corporation, Ltd.

## Literature Cited

AOAC, 2000, Association of Official Analytical Chemists, 14, Washington D.C.

Bersuder, P., Hole, M. and Smith, G., 1998, Antioxidants from a Heated Histidine-Glucose Model System. I: Investigation of the Antioxidant Role of Histidine and Isolation of Antioxidants by High-Performance Liquid Chromatography, JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society, 75(2): 181-187.

Chapin, K.C. and Lauderdale, T., 2003, Reagents, Stains, and Media: Bacteriology, In Manual of Clinical Microbiology. Murray, P.R., Baron, E.J., Jorgensen, J.H., Pfaller, M.A. and Yolken, R.H., ASM Press, Washington, D.C., pp 358.

Daly, C. and Davis, R., 1998, The Biotechnology of Lactic Acid Bacteria with Emphasis on Applications in Food Safety and Human Health, Agricultural and Food Science, 7(2): 251-265.

Di Cagno, R., Coda, R., De Angelis, M. and Gobbetti, M., 2013, Exploitation of Vegetables and Fruits through Lactic Acid Fermentation, Food Microbiology, 33(1): 1-10.

Gardner, N.J., Savard, T., Obermeier, P., Caldwell, G. and Champagne, C.P., 2001, Selection and Characterization of Mixed Starter Cultures for Lactic Acid Fermentation of Carrot, Cabbage, Beet and Onion Vegetable Mixtures, International Journal of Food Microbiology, 64(3): 261-275.

Gyedu-Akoto, E., 2011, Utilization of Some Cashew by-Products, Nutrition and Food Science, 41(6): 393-400.

Huang, D., Ou, B. and Prior, R.L., 2005, The Chemistry Behind Antioxidant Capacity Assays, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 1841-1856.

Johnson, M.H., Lucius, A., Meyer, T. and Gonzalez De Mejia, E., 2011, Cultivar Evaluation and Effect of Fermentation on Antioxidant Capacity and in Vitro Inhibition of A-Amylase and A-Glucosidase by Highbush Blueberry (*Vaccinium Corombosum*), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(16): 8923-8930.

Kun, S., Rezessy-Szabó, J.M., Nguyen, Q.D. and Hoschke, Á., 2008, Changes of Microbial Population and Some Components in Carrot Juice During Fermentation with Selected Bifidobacterium Strains, Process Biochemistry, 43(8): 816-821.

Saad, H., Charrier-El Bouhtoury, F., Pizzi, A., Rode, K., Charrier, B. and Ayed, N., 2012, Characterization of Pomegranate Peels Tannin Extractives, Industrial Crops and Products, 40(1): 239-246.

Shan, B., Cai, Y.Z., Sun, M. and Corke, H., 2005, Antioxidant Capacity of 26 Spice Extracts and Charactrization of Their Phenolic Constituents, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 7749-7759.

Silveira, M.S., Fontes, C.P.M.L., Guilherme, A.A., Fernandes, F.A.N. and Rodrigues, S., 2012, Cashew Apple Juice as Substrate for Lactic Acid Production, Food and Bioprocess Technology, 5(3): 947-953.

Sun, B., Ricardo-da-Silva, J.M. and Spranger, I., 1998, Critical Factors of Vanillin Assay for Catechins and Proanthocyanidins, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(10): 4267-4274.

Ward, O.P. and Ray, R.C., 2006, Microbial Biotechnology in Horticulture an Overview, In Microbial Biotechnology in Horticulture. Ray, R.C. and Ward, O.P., Science Publishers, Enfield, NH, pp 566.

Yoon, K.Y., Woodams, E.E. and Hang, Y.D., 2006, Production of Probiotic Cabbage Juice by Lactic Acid Bacteria, Bioresource Technology, 97(12): 1427-1430.

**Table 1** Changes in total phenolic and vitamin C contents during fermentation of cashew apple

| Fermentation | time | Total phenolic content (mg GAE/ 100 g DW) | vitamin C (g/ kg DW) |
|---|---|---|---|
| Non-microbial | 0 | 94.83 ± 6.49$^{abc}$ | 15.97 ± 0.33$^{b}$ |
| | 24 | 90.96 ± 2.73$^{abc}$ | 14.64 ± 0.36$^{cd}$ |
| | 48 | 92.12 ± 1.75$^{abc}$ | 8.83 ± 0.83$^{e}$ |
| *L. casei* | 0 | 93.51 ± 3.92$^{abc}$ | 15.19 ± 0.36$^{bcd}$ |
| | 24 | 88.02 ± 3.74$^{c}$ | 18.11 ± 0.82$^{a}$ |
| | 48 | 97.71 ± 3.57$^{a}$ | 8.37 ± 1.00$^{e}$ |
| *L. acidophilus* | 0 | 96.55 ± 1.78$^{a}$ | 15.82 ± 0.49$^{bc}$ |
| | 24 | 88.44 ± 3.42$^{bc}$ | 17.79 ± 0.71$^{a}$ |
| | 48 | 95.04 ± 4.84$^{ab}$ | 8.52 ± 0.80$^{e}$ |
| *B. longum* | 0 | 96.27 ± 3.84$^{a}$ | 15.50 ± 1.15$^{bcd}$ |
| | 24 | 80.99 ± 2.50$^{d}$ | 18.29 ± 0.42$^{a}$ |
| | 48 | 78.48 ± 6.72$^{d}$ | 14.37 ± 0.56$^{d}$ |
| F-test | | ** | ** |
| LSD | | 6.86 | 1.19 |
| C.V. (%) | | 4.47 | 4.93 |

The results are expressed as means ± standard deviation (SD) with three replications. Values with different superscript letters in a column are significantly different at *p*<0.05.

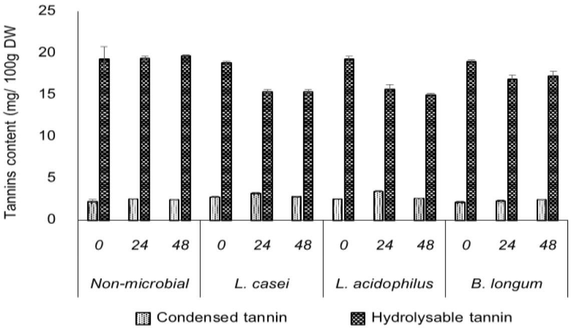



**Figure 1** Condensed and hydrolysable tannins content of fermented cashew apple for 0, 24 and 48 h fermentation

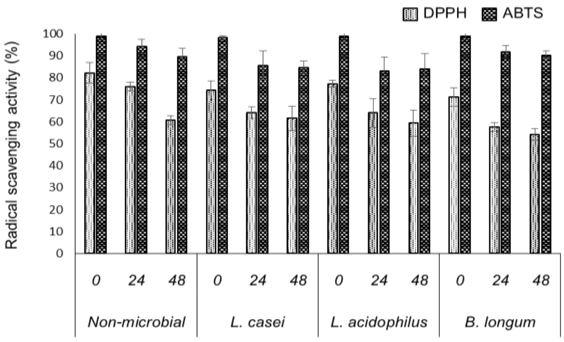



**Figure 2** Antioxidant capacity (DPPH and ABTS) of fermented cashew apple for 0, 24 and 48 h fermentation.

# การขยายพันธุ์เอื้องช้างน้าวด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

## *In vitro* Propagation of *Dendrobium pulchellum* Roxb. ex Lindl

**อารยา อาจเจริญ เทียนหอม[1] ธีรภรณ์ ตุ้มน้อย[2] ปรัชญา เตวิยะ[2] และ วิทยา แก้วศรี[3]**

Theanhom, (Arjcharoen) A.[1], Tumnoi, T.[2], Taywiya, P.[2] and Kaesri, W.[3]

### Abstract

*Dendrobium pulchellum* Roxb. ex Lindl was found at Mahidol University, Kanchanaburi campus, however, it has decreased in number. Micropropagation is an excellent method to conserve and increase the number of this species. A completely randomized design (CRD) was used in this experiment to find the appropriate medium for shoot induction of this orchid. There were 5 treatments with 10 replication and data were recorded every 14 day until 42 days. Results showed that Murashige and Skoog (MS) was a suitable medium for shoot induction. Maximum number of leaves generated was 6 and average height of shoots was 2.51 cm. MS medium also induce the highest numbers of shoots. In addition, results showed that ½ MS was the appropriate medium for root induction and resulted in the highest root number of 13 and the highest root length of 1.20 cm.

**Keywords:** micropropagation, MS, VW, shoot induction

### บทคัดย่อ

เอื้องช้างน้าว เดิมเคยพบในพื้นที่มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี แต่ปัจจุบันมีจำนวนลดลง จึงเลือกใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อเพิ่มจำนวนต้นกล้วยไม้สายพันธุ์นี้ให้มากขึ้นโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ (CRD) ทั้งหมด 5 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำ บันทึกผลการทดลองทุกๆ 14 วัน รวมเป็นเวลา 42 วัน และ จากการศึกษาพบว่าสูตรอาหาร MS มีการเจริญเติบโตของยอดดีที่สุดโดยมีจำนวนใบของต้นอ่อนมากสุด( 6 ใบ) ขนาดความสูงเฉลี่ยของต้นสูงที่สุด (2.51 เซนติเมตร) อีกทั้งยังทำให้ช้างน้าวแตกหน่อได้มากที่สุด นอกจากนี้ยังศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดราก พบว่าสูตรอาหาร ½ MS มีการเจริญเติบโตของรากดีที่สุด โดยมีจำนวนรากเฉลี่ยเท่ากับ 13 ราก และความยาวรากมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.20 เซนติเมตร

**คำสำคัญ**: การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ อาหารสูตร MS อาหารสูตร VW การชักนำยอด

### คำนำ

กล้วยไม้เป็นไม้ดอกที่เป็นที่ชื่นชอบของคนทั่วโลก มีทั้งพันธุ์ที่เกิดขึ้นในสภาพธรรมชาติ และลูกผสมที่เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์โดยมนุษย์ (Lauzer และคณะ, 1994) เอื้องช้างน้าวหรือเอื้องคำตาควายเป็นกล้วยไม้อิงอาศัย (epiphytic orchid) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Dendrobium pulchellum* Roxb. ex Lindl สีดอกสวยงามทั้งกลีบเลี้ยงและ กลีบดอกสีครีมขอบกลีบสีชมพู กลีบปากมีแต้มสีแดง แกมเลือดหมูที่โคนด้านในทั้งสองข้าง ดอกบานเต็มที่ กว้าง 7 เซนติเมตร พบในแถบอินเดีย เนปาล เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และไทย ตามป่าผลัดใบ หรือป่าดิบแล้ง ที่ระดับ ความสูง 200-1,500 เมตร (Avila-Daz และคณะ, 2009; Kananont, 2009) จากความสวยงามที่กล่าวมาจึงมีผู้นำกล้วยไม้ชนิดนี้จากป่ามาปลูกเลี้ยงเป็นจำนวนมาก เดิมในพื้นที่มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี มีการกระจายของเอื้องช้างน้าวอยู่ทั่วไป แต่มักมีชาวบ้านลักลอบเข้ามาเก็บของป่าและกล้วยไม้ป่าชนิดต่างๆ ทำให้ปริมาณกล้วยไม้เอื้อช้างน้าวภายในวิทยาเขตลดลงอย่างรวดเร็วและใกล้สูญหายจากพื้นที่ จึงมีการนำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาใช้ในการเพิ่มปริมาณและช่วยในการอนุรักษ์พันธุ์พืชเหล่านี้ ในการเพิ่มปริมาณกล้วยไม้จำเป็นต้องศึกษาหาสูตรอาหารที่เหมาะสม โดยมีผู้ศึกษาในกล้วยไม้

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี 199 ต.ลุ่มสุ่ม อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี 71150

[2] Agricultural Science Program, Mahidol University, Kanchanaburi campus 71150

[3] สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตอำนาจเจริญ 259 ม.13 ถ.ชยางกูร ต.โนนหนามแท่ง อ.เมือง จ.อำนาจเจริญ 37000

[3] Agricultural Science Program, Mahidol University, Amnatcharoen Campus 37000

ชนิดต่างๆ Li และ Li (2009) รายงานว่าเมื่อเพาะเมล็ดกล้วยไม้ *R. gigantea* พันธุ์กลายดอกสีขาว บนอาหาร ½ MS ที่เติม 6-BA 0.05 มก /ล. ร่วมกับ NAA 0.2 มก. /ล. เป็นเวลา 70 วัน จะเกิดการพัฒนาเป็นโปรโตคอร์ม และเมื่อนำโปรโตคอร์มที่ได้ มาชักนำยอดบนอาหาร ½ MS ที่เติมกล้วยบด 100 ก. /ล. พบว่ายอดสามารถเจริญเติบโตได้ดี และสามารถชักนำให้เกิดรากได้ Bhadra และคณะ (2003) ได้ชักนำให้ *Geodorum densiflorum* (Lam.) Schltr. เกิดยอดบนอาหาร MS ที่เติม BAP 2 มก./ล. และกระตุ้นให้เกิดตายอดสูงสุด แต่ในเอื้องช้างน้าวยังไม่มีผู้ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากของเอื้องช้างน้าวในสภาพปลอดเชื้อ ดังนั้นผลที่ได้จากการวิจัยนี้คาดหวังว่าสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการขยายพันธุ์

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเตรียมโปรโตคอร์มเอื้องช้างน้าวโดยฝักกล้วยไม้อายุ 6 เดือน นำมาล้างทำความสะอาดทำการตัดแต่งฝักกล้วยไม้ จากนั้นนำไปผ่านไฟให้ลุกท่วมทั้งฝักเพื่อทำการฆ่าเชื้อสองรอบ ใช้มีดผ่าตัดขูดเมล็ดของเอื้องช้างน้าวออก เลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร Murashige และ Skoog (1962) (MS) เมื่อโปรโตคอร์มกล้วยไม้อายุ 5 เดือน คัดเลือกต้นที่สมบูรณ์นำไปเลี้ยงในอาหารแข็ง 5 สูตร คือ MS MS ร่วมกับ 6-benzyladenine (BA) 1 มิลลิกรัมต่อลิตร Vacin และ Went 1949 (VW) และ VW ร่วมกับ BA 1 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ วางแผนการทดลองการสุ่มแบบสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) ทั้งหมด 5 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำ บันทึกผลการทดลองทุกๆ 14 วัน รวมทั้งสิ้น 42 วัน จากนั้นนำยอดที่ได้ไปชักนำให้เกิดราก โดยคัดเลือกต้นที่สมบูรณ์เลี้ยงบนอาหารทั้ง 6 สูตร ได้แก่ MS ½ MS MS ร่วมกับ 1-naphthylacetic acid (NAA) 1 มิลลิกรัมต่อลิตร VW ½ VW และ VW ร่วมกับ 1-naphthylacetic acid (NAA) 1 มิลลิกรัมต่อลิตร วางแผนการทดลองการสุ่มแบบสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) ทั้งหมด 6 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำ บันทึกผลการทดลองทุกๆ 7 วัน รวมทั้งสิ้น 21 วัน อาหารทุกสูตรเติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร วุ้น 7 กรัมต่อลิตร ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในอาหารสูตร MS และ VW เท่ากับ 5.7 และ 5.1 ตามลำดับ นำไปเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยให้ความเข้มแสง 2500-3000 ลักซ์ เปิดไฟนาน 16 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพันธ์ 80 – 85 เปอร์เซ็นต์

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อนำโปรโตคอร์มกล้วยไม้อายุ 5 เดือน ที่ได้จากการเพาะเมล็ดเอื้องช้างน้าวมาทำการทดลอง พบว่าสูตรอาหาร MS สามารถชักนำให้เกิดยอดเฉลี่ยได้ดีที่สุด เท่ากับ 4.1 ยอดและมีขนาดต้นสูงที่สุด 3.37 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างจากสูตรอาหารอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ อาหารสูตร MS ที่เติม BA 3 ppm สามารถเพิ่มการเจริญของขนาดความกว้างทรงพุ่มได้มากที่สุด เท่ากับ 2.94 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างจากสูตรอาหารอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่สูตรอาหาร VW ที่เติม BA 3 ppm สามารถเพิ่มจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 6.7 ใบ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากสูตรอาหารอื่นๆ (Table 1) (Figure 1) และเมื่อนำต้นกล้วยไม้มาชักนำให้เกิดราก พบว่าอาหารสูตร ½ MS สามารถชักนำให้เกิดรากได้ดีที่สุด ซึ่งมีขนาดความยาวราก เท่ากับ 1.20 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างจากสูตรอาหารอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้พบว่าอาหารสูตร ½ MS สามารถเพิ่มจำนวนรากเฉลี่ยได้มากที่สุด เท่ากับ 13 รากแต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากสูตรอาหารอื่นๆ (Table 2) (Figure 2)

จากผลจากทดลองเมื่อชักนำให้เอื้องช้างน้าวเกิดยอดและราก พบว่าเมื่อเลี้ยงเอื้องช้างน้าวบนอาหารสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต มีการแตกหน่อได้ดีกว่าอาหารเพาะเลี้ยงที่เติม BA เพียงอย่างเดียว คาดว่าเป็นผลมาจากพืชที่เลี้ยงบนอาหารที่ไม่มีการเติมสารควบคุมเจริญเติบโต มีปริมาณ auxin และ cytokinin ที่เกิดจากพืชสร้างเองในสัดส่วนที่เหมาะสมมากกว่า อาหารที่มีการเติมสารในกลุ่ม cytokinin เพียงอย่างเดียว ซึ่งสารทั้งสองกลุ่มนี้มีผลส่งเสริมซึ่งกันและกันในเรื่องการแบ่งเซลล์ และการพัฒนาของเนื้อเยื่อ ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่ม auxin ร่วมกับ cytokinin ในการชักนำและการพัฒนาของกล้วยไม้เอื้องช้างน้าว

## สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าอาหารสูตร MS มีความเหมาะสมมากที่สุดในการชักนำให้เกิดยอดในเอื้องช้างน้าวทั้งในด้านจำนวนและความสูงยอด และก่อนนำออกปลูกควรนำยอดที่ได้ไปชักนำให้เกิดรากอาหารสูตร ½ MS จะสามารถชักนำทำให้เกิดจำนวนรากมากที่สุดและมีความยาวของรากมากที่สุด

**คำขอบคุณ**

ขอขอบคุณ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

**เอกสารอ้างอิง**

Avila-Daz, I., Oyama, K., Gomez-Alonso, C. and Salgado-Garciglia, R., 2009, *In vitro* Propagation of the Endangered Orchid Laelia speciosa, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 99: 335–343.

Bhadra, S.K. and Hossain, M.M., 2003, *In vitro* Germination and Micropropagation of *Geodorum densiflorum* (Lam.) Schltr., an Endangered Orchid Species, Plant Tissue Culture, 13(2):165-171

Kananont, N., 2009, Chitosan Specificity for the *in vitro* Seed Germination of Two *Dendrobium* Orchids. Scientia Horticulturae, 124: 239-247

Lauzer, D., St-Arnaud, M. and Barbara, D., 1994, Tetrazolium Staining and *in vitro* Germination of Mature Seeds of Cypripedium acaule (Orchidaceae). Lindleyana, 9: 197–204.

Li, Z.Y. and Li, X., 2009, *In vitro* Propagation of Whiteflower Mutant of *Rhynchostylis gigantea* (Lindl.) Ridl. Through Immature Seed-derived Protocorm-like Bodies, Journal of Horticulture and Forestry, 6: 93-97.

**Table 1** *D. pulchellum* shoot induction at 42 days under light condition

| media | No. of shoot | No. of leaf | Height (cm.) | Canopy (cm.) |
|---|---|---|---|---|
| MS | $4.1^{a}$±1.45 | 4.9±1.10 | $3.37^{a}$±1.06 | $2.93^{a}$±0.77 |
| MS+BA 3 mg/L | $2.5^{b}$±1.08 | 5.7±1.42 | $2.40^{b}$±0.49 | $2.94^{a}$±0.40 |
| VW | $1.5^{c}$±0.53 | 5.5±2.07 | $2.26^{b}$±0.39 | $2.21^{b}$±0.27 |
| VW+BA 1 mg/L | $2.7^{b}$±1.16 | 6.2±0.92 | $2.27^{b}$±0.22 | $2.52^{ab}$±0.47 |
| VW+BA 3 mg/L | $2.2^{bc}$±0.79 | 6.7±1.89 | $2.29^{b}$±0.40 | $2.69^{a}$±0.41 |
| F-test | * | ns | * | * |
| C.V.(%) | 25.48 | 38.69 | 23.43 | 17.57 |

ns and * indicatenon-significant and significantly different at P<0.05., respectively.

**Table 2** *D. pulchellum* root induction at 21 days under light condition

| Type of media | No. of root | Root length (cm.) |
|---|---|---|
| MS | 7.8±2.78 | $0.85^{d}$±0.09 |
| ½ MS | 13.0±4.37 | $1.20^{a}$±0.15 |
| MS+NAA 1 mg/L | 11.1±4.09 | $0.90^{cd}$±0.18 |
| VW | 9.1±3.41 | $1.04^{bc}$±0.07 |
| ½ VW | 11.3±5.27 | $0.98^{bcd}$±0.19 |
| VW+NAA 1 mg/L | 10.0±5.89 | $1.10^{ab}$±0.25 |
| F-test | ns | * |
| C.V.(%) | 41.43 | 15.02 |

ns and * indicatenon-significant and significantly different at P<0.05., respectively.

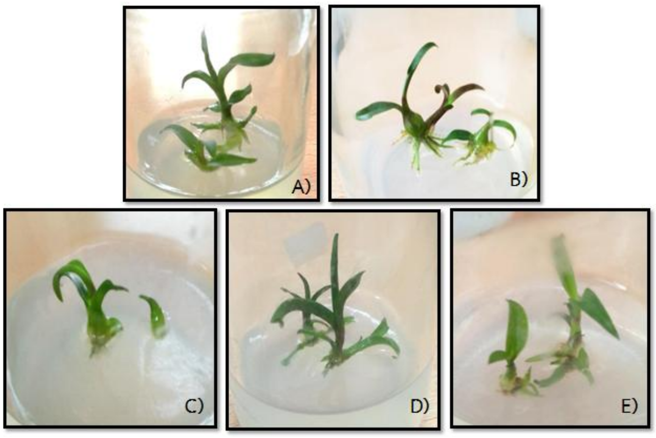



**Figure 1** *D. pulchellum* at 42 days after culture on various media A) MS B) MS+BA 3 mg/L C) VW D) VW+BA 1 mg/L E) VW+BA 3 mg/L

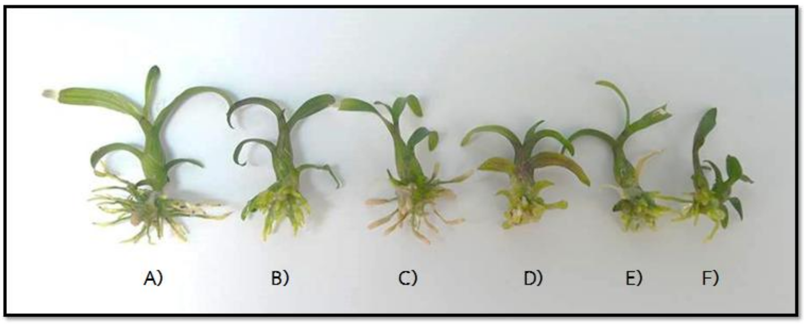



**Figure 2** Root induction of *D. pulchellum* on various media A) MS B) ½ MS C) MS+NAA 1 mg/L D) VW E) ½ VW F) VW+NAA 1 mg/L

# ความสัมพันธ์ของเครื่องหมาย RAPD กับสาร β-Asarone ในว่านน้ำ

Correlation between RAPD Markers and β-Asarone in *Acorus calamus*

**บวร ตันติวรชัย[1] มนตรี แก้วดวง[1] ศิริเพ็ญ จริเกษม[1] และ สายันต์ ตันพานิช[1]**

Tontiworachai, B.[1], Kearudoung, M.[1], Jarikasem, S.[1] and Tanpanich, S.[1]

## Abstract

A study of the genetic relationships between random amplification of polymorphic DNA (RAPD) marker and β-asarone content in *Acorus calamus* was conducted. Increase DNA content by RAPD and extracted essential oil consisting β-asarone from *A. calamus* were studied by the Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA). The study showed that the genetic diversity within populations was 0.0560 and among population was 0.6543. The Dendrogram generated by UPGMA showed that *A. calamus* was in two groups; Prachin Buri province, and Suphan Buri and Nakhon Ratchasima. By segmenting, the population is consistent with the level of β-asarone. The level of β-asarone in *A. calamus* from Suphan Buri and Nakhon Ratchasima was higher compared to β-asarone levels in Prachin Buri.

**Keywords:** *Acorus calamus*, RAPD, β-asarone

## บทคัดย่อ

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย RAPD กับปริมาณสาร β-asarone ของว่านน้ำ โดยสกัดดีเอ็นเอจากใบว่านน้ำ ทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค RAPD และสกัดสาระสำคัญจากว่านน้ำ โดยมีสาร β-asarone เป็นองค์ประกอบหลัก ทำการวิเคราะห์ข้อมูล RAPD โดยนำผลที่ได้ไปสร้างความสัมพันธ์ด้วยวิธี UPGMA จากผลการศึกษาพบความหลากหลายทางพันธุกรรมระหว่างภายในประชากรและระหว่างประชากรของว่านน้ำมีค่าเท่ากับ 0.0560 และ 0.6543 ตามลำดับ จากการสร้างแผนผังต้นไม้ด้วยวิธี UPGMA สามารถแบ่งว่านน้ำได้เป็น 2 กลุ่มโดยกลุ่มที่ 1 คือว่านน้ำจากจังหวัดปราจีนบุรี ส่วนกลุ่มที่ 2 คือว่านน้ำจากจังหวัดสุพรรณบุรีและนครราชสีมา ซึ่งการแบ่งกลุ่มประชากรมีความสอดคล้องกับปริมาณของสาร β-asarone โดยพบว่าว่านน้ำจากจังหวัดสุพรรณบุรีและนครราชสีมามีปริมาณสาร β-asarone สูงกว่าจากจังหวัดปราจีนบุรี

**คำสำคัญ**: ว่านน้ำ RAPD β-asarone

## คำนำ

ว่านน้ำ (*Acorus calamus*) เป็นพืชที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการกับโรคและแมลงศัตรูพืชทางการเกษตร เนื่องจากว่านน้ำสามารถผลิตน้ำมันหอมระเหยจากกระบวนการ secondary metabolism ได้โดยสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยของว่านน้ำจะมีสาร β-asarone เป็นองค์ประกอบหลัก (Bjornstad และคณะ, 2009) ซึ่งสารดังกล่าวเป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้สารสกัดจากว่านน้ำมีฤทธิ์ควบคุมโรคพืชและแมลงบางชนิดได้ ดังนั้นการคัดเลือกว่านน้ำที่สามารถสร้างสารดังกล่าวได้ในปริมาณมากจึงมีความน่าสนใจ ตัวอย่างดังงานวิจัยของ Khanuja และคณะ, (2005) ทำการศึกษาน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ที่มีสาร Citral เป็นองค์ประกอบหลักร่วมกับการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธี RAPD พบว่าตะไคร้จากแต่ละแหล่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณสาร Citral และงานวิจัยของ Ginwal และคณะ, (2011) ทำการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของว่านน้ำด้วยเทคนิค RAPD ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มประชากรว่านน้ำที่ศึกษาออกจากกันได้ จะเห็นได้ว่าพันธุกรรมมีความสัมพันธ์กันกับปริมาณสารสำคัญที่พืชสร้างขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมของว่านน้ำด้วยวิธี RAPD และวิเคราะห์ปริมาณสาร β-asarone ในว่านน้ำ

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ปทุมธานี 12120

[1] Agricultural Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research(TISTR), Pathum Thani 12120

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาว่านน้ำ 3 แหล่งประกอบด้วยว่านน้ำจากจังหวัดปราจีนบุรี สุพรรณบุรี และนครราชสีมา โดยนำใบว่านน้ำจากแต่ละแหล่งมาสกัดดีเอ็นเอโดยใช้วิธีการสกัดของ Dellaporta (1983) และเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยา PCR โดยเทคนิค RAPD ลำดับเบสของไพรเมอร์อ้างอิงจาก Ginwal และคณะ, (2011) และ Viccini และคณะ, (2004) ตรวจสอบแถบดีเอ็นเอด้วยวิธี Electrophoresis บันทึกขนาดของแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นในแต่ละตัวอย่าง วิเคราะห์ผลโดยการแปลข้อมูลแถบดีเอ็นเอที่ได้จากการเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นในแต่ละตัวอย่าง นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ค่า Genetic distance, The number of Polymorphism bands, Percentage of Polymorphic bands และสร้างแผนผังต้นไม้แสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมโดยวิธี UPGMA ด้วยโปรแกรม Popgene v.1.32 (Yeh และคณะ, 1999) วิเคราะห์สาร β-asarone จากเหง้าและใบของว่านน้ำด้วยวิธี TLC Chromatogram

## ผลการทดลอง

ผลการตรวจสอบแถบดีเอ็นเอด้วยวิธี Electrophoresis พบว่ามี 8 ไพรเมอร์จากไพรเมอร์ที่ทำการศึกษาทั้งหมด 34 ไพรเมอร์ที่แสดงแถบดีเอ็นเอแตกต่างกันอย่างชัดเจนได้แก่ OPA04, OPA14, OPA18, OPB07, OPB11, OPK14, OPBG03 และ M119 แปลผลข้อมูลแถบดีเอ็นเอที่ได้ไปเป็นข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ค่าความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากรว่านน้ำได้เท่ากับ 0.0560 และค่าความหลากหลายทางพันธุกรรมระหว่างประชากรมีค่าเท่ากับ 0.6543 จำนวน Polymorphism bands พบทั้งหมด 24 แถบจากแถบดีเอ็นเอที่พบทั้งหมด 59 แถบและ Percentage of Polymorphic bands มีค่าเท่ากับ 40.68 เปอร์เซ็นต์ สรุปผลการวิเคราะห์ทั้งหมดแสดงไว้ดัง Table 1 ทำการวิเคราะห์เหง้าและใบของว่านน้ำด้วยวิธี TLC Chromatogram พบปริมาณสาร β-asarone ในเหง้าว่านน้ำจากจังหวัดนครราชสีมาและสุพรรณบุรีมีปริมาณสาร β-asarone สูงกว่าเหง้าว่านน้ำจากจังหวัดปราจีนบุรีดัง Figure 1 โดยข้อมูลในรูปหมายเลข 1,2 และ 3 คือปริมาณสาร β-asarone ที่ตรวจวัดจากเหง้าว่านน้ำจังหวัดสุพรรณบุรี ปราจีนบุรีและนครราชสีมาตามลำดับ ส่วนหมายเลข 4, 5 และ 6 คือปริมาณสาร β-asarone ที่ตรวจวัดจากเหง้าว่านน้ำจังหวัดนครราชสีมา ใบจากจังหวัดปราจีนบุรีและสุพรรณบุรีตามลำดับ หมายเลข 7 และ 8 คือตัวอย่างแถบของสาร α-asarone และ β-asarone ที่มาตรฐาน

## วิจารณ์ผล

ศึกษาความสัมพันธ์จากระยะห่างทางพันธุกรรมและวิเคราะห์ผลด้วยวิธี UPGMA ผลดัง Figure 2 จากรูปแสดงความสัมพันธ์ของว่านน้ำจังหวัดปราจีนบุรีมีระยะห่างทางพันธุกรรมเท่ากับ 0.1109 เมื่อเทียบกับจังหวัดนครราชสีมาและสุพรรณบุรีจัดเป็นประชากรกลุ่มที่ 1 ส่วนว่านน้ำจากจังหวัดนครราชสีมาและสุพรรณบุรีมีความใกล้ชิดกันโดยมีระยะห่างทางพันธุกรรมระหว่างกันเท่ากับ 0.0401 และทั้งสองจังหวัดมีระยะห่างทางพันธุกรรมเมื่อเทียบกับจังหวัดปราจีนบุรีเท่ากับ 0.0708 จัดเป็นประชากรกลุ่มที่ 2 ผลดังกล่าวสอดคล้องกับปริมาณสาร β-asarone จากเหง้าของว่านน้ำที่วิเคราะห์ด้วยวิธี TLC Chromatogram โดยผลการทดลองพบว่าเหง้าของว่านน้ำจากจังหวัดนครราชสีมาและสุพรรณบุรีมีปริมาณสาร β-asarone มากกว่าเหง้าของว่านน้ำจากปราจีนบุรี สอดคล้องกับผลการแบ่งกลุ่มประชากรที่ได้จากแผนภูมิต้นไม้ที่สร้างด้วยวิธี UPGMA ดังกล่าว ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Angioni และคณะ (2004) และ Echeverrigaray และคณะ (2001) ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของประชากรด้วยเทคนิค RAPD ร่วมกับการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญที่พืชสร้างขึ้นผลจากการวิจัยพบว่ามีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันระหว่างการแบ่งกลุ่มประชากรกับปริมาณสารสำคัญ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการคัดเลือกว่านน้ำที่สามารถผลิตสาร β-asarone ได้ในปริมาณมากสามารถนำความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ได้จากการศึกษาด้วยวิธี RAPD มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกว่านน้ำที่มีคุณลักษณะที่ต้องการได้

## สรุปผล

ทำการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมจากว่านน้ำ 3 จังหวัดด้วยวิธี RAPD ร่วมกับการวิเคราะห์ปริมาณสาร β-asarone ผลการทดลองพบว่ามี 8 ไพรเมอร์จากทั้งหมด 34 ไพรเมอร์ที่แสดงแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน พบ Polymorphism bands ทั้งหมด 24 แถบ ความหลากหลายทางพันธุกรรมระหว่างภายในประชากรและระหว่างประชากรว่านน้ำมีค่าเท่ากับ 0.0560 และ 0.6543 ตามลำดับ สร้างแผนภูมิต้นไม้ด้วยวิธี UPGMA พบความสัมพันธ์ของประชากรว่านน้ำที่ศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือจังหวัดปราจีนบุรีเป็นกลุ่มที่ 1 และจังหวัดนครราชสีมากับสุพรรณบุรีเป็นกลุ่มที่ 2 ซึ่งผลการแบ่งกลุ่มประชากรมีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับปริมาณสาร β-asarone ที่พบในเหง้าของว่านน้ำ

แสดงว่าการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยเทคนิค RAPD สามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในว่านน้ำได้ ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกว่านน้ำที่สามารถผลิตสาร β-asarone ได้ปริมาณมาก ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้สาร β-asarone ที่ว่านน้ำผลิตได้ในการควบคุมโรคพืชและแมลงทางการเกษตรต่อไป

## เอกสารอ้างอิง


Angioni, A., Barra, A., Cereti, E., Barile, D., Coisson, J. D., Arlorio, M., Dessi, S., Coroneo, V. and Cabras, P., 2004, Chemical Composition, Plant Genetic Differences, Antimicrobial and Antifungal Activity Investigation of the Essential oil of *Rosmarinus officinalis* L., Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 3530-3535.

Bjornstad, K., Helander, A., Hulten, P. and Beck, O., 2009, Bioanalytical Investigation of Asarone in Connection with *Acorus calamus* Oil Intoxications, Journal of Analytical Toxicology, 33: 604-609.

Dellaporta, S.L., Wood, J. and Hicks, J.B., 1983, A Plant DNA Minipreparation: Version II, Plant Molecular Biology Reporter, 4: 19-21.

Echeverrigaray, S., Agostini, G., Sertini, L.A., Paroul, N., Pauletti, G. F. and Santos, A.C.A., 2001, Correlation between the Chemical and Genetic Relationships among Commercial Thyme Cultivars, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 4220-4223.

Ginwal, H.S., Mittal, N., Tomar, A. and Varshney, V.K., 2011, Population Genetic Structure and Diversity of High Value Vulnerable Medicinal Plant *Acorus calamus* in India using RAPD and Chloroplast Microsatellite Markers, Journal of Forest Research, 22: 367-377.

Khanuja, S.P.S., Shasany, A.K., Pawar, A., Lal, P.K., Darakar, M.P., Naqvi, A. A., Rajkumar, S., Sundaresan, V., Lal, N. and Kumar, S., 2005, Essential Oil Constituents and RAPD Markers to Establish Species Relationship in *Cymbopogon* Spreng. (Poaceae), Biochemical Systematics and Ecology, 33: 171-186.

Viccini, L.F., Costa, D.C.S., Machado, M.A. and Campos, A.L., 2004, Genetic Diversity among Nine Species of *Lippia* (Verbenaceae) base on RAPD Markers, Plant Systematics and Evolution, 246: 1-8.

Yeh, F.C., Yang, R.C. and Boyle, T., 1999, POPGENE (Microsoft window-based freeware for population genetic analysis) version 1.31, Molecular Biology and Biotechnology Centre, University of Alberta, Canada.

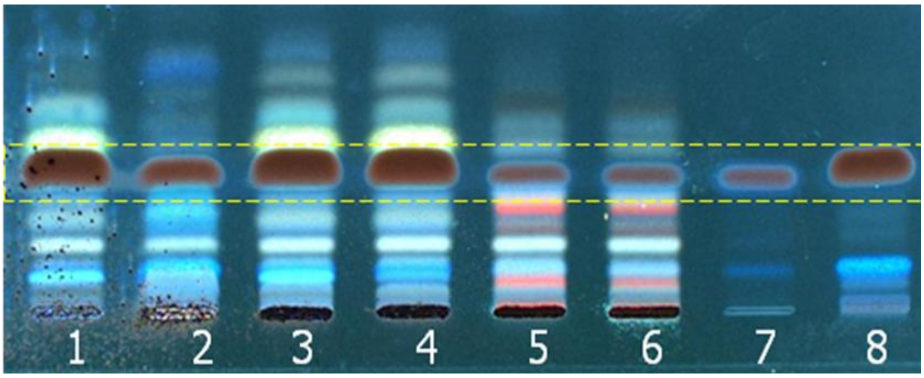




**Figure 1** TLC Chromatogram analysis of *A. calamus*

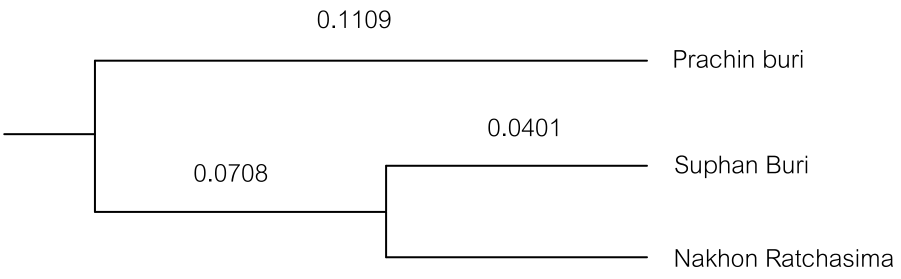



**Figure 2** Dendrogram of the *A. calamus* species constructed using UPGMA method.

**Table 1** Code and sequence of primer, the number of Total DNA bands, the number of Polymorphism bands and the percentage of Polymorphic bands resulted from RAPD analysis of *A. calamus*

| Code of Primer | Sequence of primer | No. of Total DNA bands | No. of Polymorphism bands | Percentage of Polymorphic bands |
|---|---|---|---|---|
| OPA04 | AATCGGGCTG | 9 | 3 | 33.333 |
| OPA14 | TCTGTGCTGG | 6 | 2 | 33.333 |
| OPA18 | AGGTGACCGT | 9 | 2 | 22.222 |
| OPB07 | GGTGACGCAG | 8 | 2 | 25.000 |
| OPB11 | GTAGACCCGT | 6 | 3 | 50.000 |
| OPBG03 | GTGCCACTTC | 8 | 4 | 50.000 |
| OPK14 | CCCGCTACAC | 7 | 4 | 57.143 |
| M119 | ATTGGGCGAT | 6 | 4 | 66.666 |
| Total | | 59 | 24 | - |
| Average | | 7.375 | 3 | 40.68 |

# ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของไผ่โดยใช้ลำดับเบสบริเวณ *ITS2* และ *psbA-trnH*

## Genetic Relationships in The Bamboo Inferred from the *ITS2* and *psbA-trnH* Sequences Region

**บวร ตันติวรชัย[1] ชุติมา สาตรจีนพงษ์[1] มนตรี แก้วดวง[1] และ สายันต์ ตันพานิช[1]**

Tontiworachai, B.[1], Satjeenpong, C.[1], Kearudoung, M.[1] and Tanpanich, S.[1]

### Abstract

A study of the genetic relationship of bamboo by analyzing the sequences in *ITS2* and *psbA-trnH* from six local sources was conducted. Samples were investigated by increasing the level of DNA for PCR reactions in *ITS2* and *psbA-trnH*. Results showed DNA band size of 500 and 700 base-pairs. Sequencing analysis was compared with the GenBank and phylogenetic tree by the Neighbour-joining method. The study showed that bamboo can be classified into two groups. The first group is bamboo from Sakon Nakhon, Dan sai, Lam Takong, Nong Don and Trat which are from the Bambusa genus and the second is bamboo from Chiang Mai which can possibility be classified by *ITS2* and *psbA-trnH* as being from the *Dendrocalamus* or Bambusa genus.

**Keywords:** bamboo, *ITS2* region, *psbA-trnH* region

### บทคัดย่อ

ศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของไผ่ด้วยการวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณ *ITS2* และ *psbA-trnH* เพื่อการจำแนกไผ่จาก 6 แหล่งภายในประเทศ โดยสกัดดีเอ็นเอจากใบไผ่และเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยา PCR บริเวณ *ITS2* และ *psbA-trnH* พบแถบดีเอ็นเอขนาด 500 และ 700 คู่เบสตามลำดับ วิเคราะห์หาลำดับเบสแล้วนำลำดับเบสที่ได้ไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank และสร้างแผนภูมิต้นไม้ด้วยวิธี Neighbour-joining ผลการศึกษาพบว่าสามารถจำแนกไผ่ได้เป็น 2 กลุ่มโดยกลุ่มที่ 1 จัดอยู่ในจีนัส *Bambusa* ประกอบด้วยไผ่บงหวานสกลนคร ไผ่หวานด่านซ้าย ไผ่บงหวานลำตะคอง ไผ่หวานหนองโดนและไผ่มันตราด ส่วนกลุ่มที่ 2 คือไผ่หวานเชียงใหม่ ซึ่งผลการจำแนกด้วยบริเวณ *ITS2* และ *psbA-trnH* ยังไม่ชัดเจนอาจเป็นจีนัส *Dendrocalamus* หรือ *Bambusa*

**คำสำคัญ:** ไผ่ บริเวณ *ITS2* บริเวณ *psbA-trnH*

### คำนำ

ไผ่เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวในวงศ์ Gramineae มนุษย์นำไผ่มาใช้ประโยชน์หลายด้านเช่นหน่อใช้เป็นอาหาร ลำต้นใช้ในงานหัตถกรรมเป็นต้น โดยสามารถจำแนกชนิดของไผ่ในเบื้องต้นได้ด้วยลักษณะภายนอกที่ปรากฏบางลักษณะเช่น ลักษณะของใบ ความยาวปล้อง ขนาดของลำต้น ตาปล้อง สีของลำต้น และความหนาของลำเป็นต้น แต่ลักษณะดังกล่าวก็ยังไม่สามารถจำแนกชนิดของไผ่ได้ถูกต้องนักยังต้องอาศัยการเจริญเติบโตของเหง้า ลักษณะของกาบหุ้มลำต้นและส่วนต่างๆ ของดอกเป็นเกณฑ์ (กลุ่มสำรวจทรัพยากรป่าไม้, 2555) จากเหตุผลดังกล่าวทำให้การจำแนกชนิดของไผ่จากลักษณะภายนอกทำได้ยากต้องใช้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญสูง ดังนั้นจึงนำเทคนิคทางพันธุศาสตร์โมเลกุลมาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาการจำแนกชนิดของไผ่ เนื่องจากข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องและแม่นยำ สามารถระบุชนิดของพืชได้ชัดเจนมากกว่าข้อมูลทางสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียว แต่จากการศึกษาดีเอ็นเอบาร์โค้ดในพืชยังไม่มีตำแหน่งของลำดับเบสที่สามารถใช้เป็นบาร์โค้ดในการจำแนกชนิดได้อย่างชัดเจนเหมือนในสัตว์และจุลินทรีย์ จึงนิยมศึกษาจากลำดับเบสมากกว่า 1 ตำแหน่ง โดยนิยมศึกษาจากลำดับเบสใน Nuclear DNA ร่วมกับใน Chloroplast DNA (Kress และคณะ, 2005; Goh และคณะ, 2010) ดังนั้นจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการจำแนกไผ่ที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกคล้ายคลึงกัน ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคทางพันธุศาสตร์โมเลกุลในการวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณ *ITS2* ใน Nuclear DNA และลำดับเบสบริเวณ *psbA-trnH* ใน Chloroplast DNA ของไผ่

---

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ปทุมธานี 12120

[1] Agricultural Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Pathum Thani 12120

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาตัวอย่างไผ่ 6 จังหวัดประกอบด้วยไผ่บงหวานจากสกลนคร ไผ่หวานหนองโดนจากหนองบัวลำภู ไผ่หวานด่านซ้ายจากเลย ไผ่บงหวานลำตะคองจากนครราชสีมา ไผ่มันจากตราดและไผ่หวานจากเชียงใหม่ โดยนำใบไผ่มาสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธีการของ Dellaporta (1983) เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค PCR บริเวณ *ITS2* ด้วยไพรเมอร์ *ITS2*-F (5'-ATGCGATACTTGGTGTGAAT-3'), *ITS2*-R (5'-GACGCTTCTCCAGACTACAAT-3') อ้างอิง Chen และคณะ (2010) และ *psbA-trnH*-F (5'-GTTATGCATGAACGTAATGCTC-3'), *psbA-trnH*-R (5'-CGCGCATGGTGGATTCACAAATC-3') สำหรับบริเวณ *psbA-trnH* อ้างอิง Sang และคณะ (1997) ตรวจสอบผลจากปฏิกิริยา PCR ด้วยวิธี Electrophoresis สกัด PCR product ให้บริสุทธิ์เพื่อนำไปวิเคราะห์หาลำดับเบสของตำแหน่งที่ศึกษาดังกล่าว นำข้อมูลลำดับเบสที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank ร่วมกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี Neighbour-joining โดยโปรแกรม MEGA6 (Tamura และคณะ, 2013) ทดสอบความเชื่อมั่นทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ Bootstrap จำนวน 1000 ซ้ำ

## ผลการทดลอง

สกัดดีเอ็นเอจากใบไผ่ได้ Genomic DNA สำหรับใช้เป็นดีเอ็นเอต้นแบบในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยา PCR จากลำดับเบส 2 ตำแหน่งได้แก่บริเวณ *ITS2* พบ PCR product ขนาด 500 คู่เบสและบริเวณ *psbA-trnH* พบ PCR product มีขนาด 700 คู่เบสดัง Figure 1 สกัด PCR product ให้บริสุทธิ์เพื่อนำไปวิเคราะห์หาลำดับเบสทำการเปรียบเทียบลำดับเบสบริเวณ *ITS2* และ *psbA-trnH* กับฐานข้อมูล GenBank พบว่าไผ่ 5 แหล่งประกอบด้วย ไผ่บงหวานสกลนคร, ไผ่หวานหนองโดนหน่อใหญ่, ไผ่หวานด่านซ้าย, ไผ่บงหวานลำตะคอง และไผ่มันตราดมีลำดับเบสบริเวณ *ITS2* คล้ายคลึงกันกับไผ่ 3 ชนิดในฐานข้อมูลได้แก่ไผ่ *Bambusa Valida*, *Bambusa Surrecta* และ *Bambusa sinospinosa* โดยค่า Bit-score, E-value และ %Identity มีค่าเท่ากัน ส่วนลำดับเบสบริเวณ *psbA-trnH* มีความเหมือนกันกับไผ่ *Bambusa vulgaris* จากผลการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลทำให้สามารถจำแนกไผ่ทั้ง 5 แหล่งข้างต้นได้ในระดับจีนัสโดยจัดอยู่ในจีนัส *Bambusa* สำหรับลำดับเบสบริเวณ *ITS2* ของไผ่หวานเชียงใหม่เมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank พบว่าบริเวณ *ITS2* มีความเหมือนกันกับไผ่ *Dendrocalamus latiflorus* และ *Bambusa oldhamii* โดยค่า Bit-score, E-value และ %Identity มีค่าเท่ากัน ส่วนลำดับเบสบริเวณ *psbA-trnH* มีความเหมือนกันกับไผ่ *Dendrocalamus pachystachys* จากข้อมูลดังกล่าวไผ่หวานเชียงใหม่จึงอาจอยู่ในจีนัส *Dendrocalamus* หรือ *Bambusa* ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจน นำลำดับเบสบริเวณ *ITS2* มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี Neighbor-joining ด้วยโปรแกรม MEGA6 ได้ผลดัง Figure 2 สามารถแบ่งประชากรไผ่ออกเป็น 2 กลุ่มโดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย Sakon Nakhon (ไผ่บงหวานสกลนคร), Dan sai (ไผ่หวานด่านซ้าย), Lam Takong (ไผ่บงหวานลำตะคอง), Nong Don (ไผ่หวานหนองโดน) และ Trat (ไผ่มันตราด) โดยใช้ลำดับเบสของ *Bambusa valida* AY839716.1 จากฐานข้อมูล GenBank ในการเปรียบเทียบกับไผ่ 5 แหล่งในกลุ่ม 1 วิเคราะห์ค่า Bootstrap ได้เท่ากับ 98 เปอร์เซ็นต์ส่วนกลุ่มที่ 2 คือ Chang Mai (ไผ่หวานเชียงใหม่) ใช้ *Dendrocalamus latiflorus* AY839713.1 ในการเปรียบเทียบกับไผ่หวานเชียงใหม่ จากการวิเคราะห์ Bootstrap ได้ค่าเท่ากับ 63 เปอร์เซ็นต์ และทำการตรึงรากโดยใช้ *Thyrsostachys siamensis* DQ131511.1 เป็น Out Group สำหรับการวิเคราะห์ผลตำแหน่ง *psbA-trnH* ด้วยวิธี Neighbor-joining ได้ผลดัง Figure 3 จากการศึกษาพบว่าลำดับเบสบริเวณ *psbA-trnH* มีความคล้ายคลึงกันสูงในไผ่ทั้ง 6 แหล่ง ทำให้ไม่สามารถจัดจำแนกกลุ่มประชากรไผ่โดยการวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณ *psbA-trnH* ได้แสดงถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ต่ำบริเวณ *psbA-trnH* ในไผ่ที่ศึกษา

## วิจารณ์ผล

จากการศึกษาพบว่าลำดับเบสบริเวณ *ITS2* มีอัตราการกลายพันธุ์ที่รวดเร็วกว่าบริเวณ *psbA-trnH* สามารถใช้ตำแหน่งดังกล่าวในการจำแนกไผ่ได้ในระดับจีนัสสอดคล้องกับงานวิจัยของ Song และคณะ (2012) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ของไผ่ในเผ่าย่อย Bambusinae โดยใช้ลำดับเบสบริเวณ *ITS2* ซึ่งผลการเปรียบเทียบลำดับเบสบริเวณ *ITS2* กับฐานข้อมูล GenBank มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับแผนภูมิต้นไม้ที่สร้างด้วยวิธี Neighbor-joining โดยพบว่าไผ่ 5 แหล่งที่ศึกษาอยู่ในจีนัส *Bambusa* จึงสรุปได้ว่าการวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณ *ITS2* สามารถใช้ในการจำแนกไผ่ได้ในระดับจีนัส แต่บริเวณ *psbA-trnH* ในไผ่มีลำดับเบสคล้ายคลึงกันมากไม่สามารถใช้บริเวณดังกล่าวในการจำแนกไผ่ได้ ควรจะ

ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยการวิเคราะห์ลำดับเบสตำแหน่งอื่นๆ ทั้งใน Nuclear DNA และ Chloroplast DNA ของไผ่เพื่อหาตำแหน่งที่มีอัตราการกลายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการจำแนกพันธุ์ไผ่ต่อไป

## สรุปผล

ศึกษาการจำแนกไผ่ด้วยการวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณ *ITS2* และ *psbA-trnH* พบว่าไผ่ 5 แหล่งประกอบด้วยไผ่บงหวานสกลนคร ไผ่หวานหนองโดน ไผ่หวานด่านซ้าย ไผ่บงหวานลำตะคองและไผ่มันตราดจัดอยู่ในจีนัส *Bambusa* แต่ไผ่หวานเชียงใหม่อาจอยู่ในจีนัส *Dendrocalamus* หรือ *Bambusa* ซึ่งจากการศึกษาพบว่าบริเวณ *ITS2* มีอัตราการกลายพันธุ์ที่รวดเร็วกว่า *psbA-trnH* สามารถใช้ลำดับเบสบริเวณ *ITS2* ในการจำแนกไผ่ได้ในระดับจีนัส งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมและการจำแนกสายพันธุ์ไผ่ด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุลต่อไป

## เอกสารอ้างอิง


กลุ่มสำรวจทรัพยากรป่าไม้, 2555, การสำรวจไม้ไผ่ของประเทศไทย, สำนักฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่อนุรักษ์ [สืบค้น], http://www.dnp.go.th/inventory/download/รายงานไผ่ทั่วประเทศ.pdf. [17/February/2015]

Chen, S., Yao, H., Han, J., Liu, C., Song, J., Shi, L., Zhu, Y., Ma, X., Gao, T., Pang, X. and Luo, K., 2010, Validation of the ITS2 Region as a Novel DNA Barcode for Identifying Medicinal Plant Species, PLOS ONE, 5(1): e8613 (1-8).

Dellaporta, S.L., Wood, J. and Hicks, J.B., 1983, A Plant DNA Minipreparation: Version II. Plant Molecular Biology Reporter, 4: 19-21.

Goh, W.L., Chandran, S., Lin, R.S., Xia, N.H. and Wong, K.M., 2010, Phylogenetic Relationships among Southeast Asian climbing Bamboos (Poaceae: Bambusoideae) and the Bambusa Complex, Biochemical Systematics and Ecology, 764-773.

Kress, W.J., Wurdack, K.J., Zimmer, E.A., Weight L.A. and Janzen, D.H., 2005, Use of DNA Barcodes to Identify Flowering Plants, PNAS, 102(23): 8369-8374.

Sang, T., Crawford D.J. and Stuessy, T.F., 1997, Chloroplast DNA Phylogeny, Reticulate Evolution, and Biogeography of Paeonia (Paeoniaceae), American Journal of Botany, 84(9): 1120-1136.

Song, H.X., GAO, S.P., Jiang, M.Y., Liu, G.L., Yu, X.F. and Chen, Q.B., 2012, The Evolution and Utility of Ribosomal ITS Sequences in Bambusinae and Related Species: Divergence, Pseudogenes and Implication for Phylogeny, Journal of Genetics. 91: 129-139.

Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A. and Kumar, S., 2013, MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0, Molecular Biology and Evolution, 30: 2725-2729.

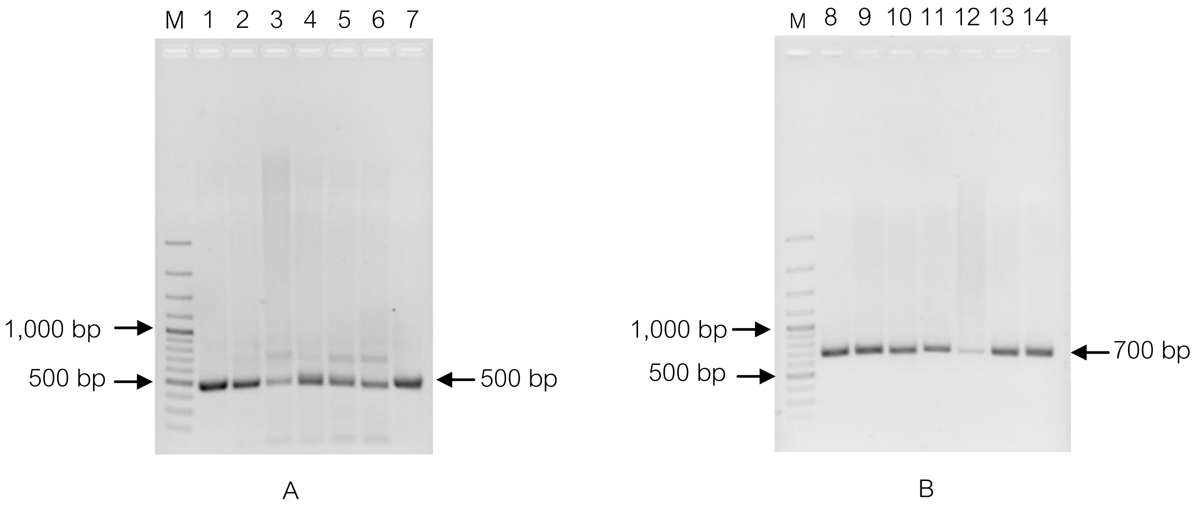



**Figure 1** DNA bands of *ITS 2*(A) and *psbA-trnH*(B) regions from Bamboo (M=100 bp DNA ladder/ 1,8,9=Sakon Nakhon/ 2,3,10= Lam Takong/ 4,5,13=Chang Mai/ 6,7,14=Trat/ 11,12=Nong Don)

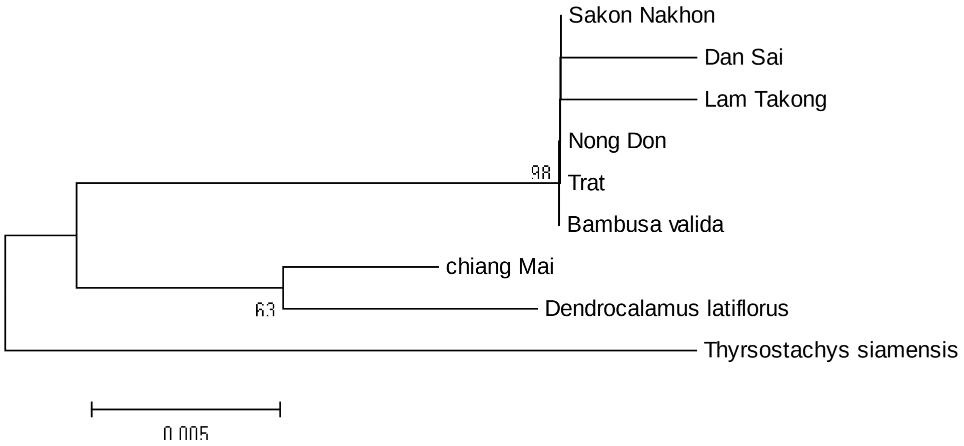



**Figure 2** Neighbor-joining gene tree inferred from *ITS2* sequences

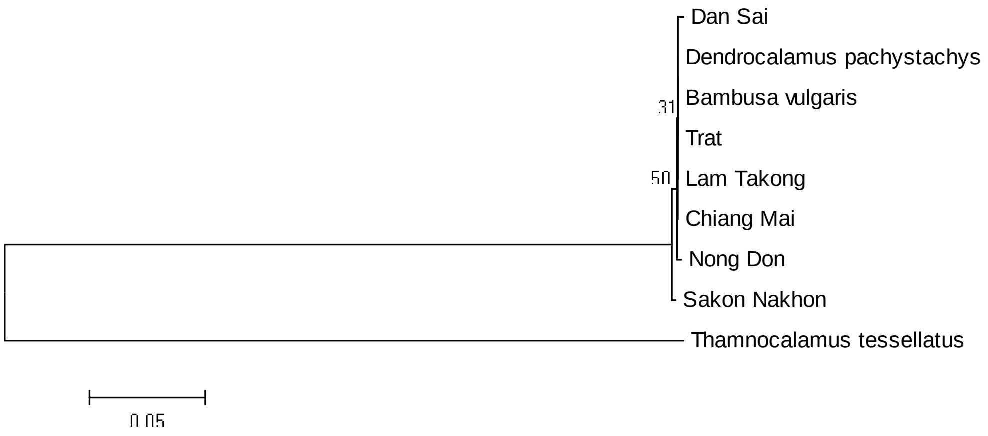



**Figure 3** Neighbor-joining gene tree inferred from *psbA-trnH* sequences

# การตรวจสอบการถดถอยทางพันธุกรรมในมะละกอ โดยการทดสอบความมีชีวิต และความงอกของละอองเกสร

# A Study on Inbreeding Depression in Papaya by Testing of Pollen Viability and Germinability

ณิชาดา ศรีจันทร์โฉม[1] ธีร์ หะวานนท์[1] และ เกรียศักดิ์ ไทยพงษ์[1, 2]

Srijanchom, N.[1], Hawananda, T.[1] and Thaipong, K.[1, 2]

## Abstract

Papaya is an outcrossing species, thus, inbreeding may have a negative effects on some reproductive traits including pollen vigor. Therefore, pollen from elongata type flowers in $S_0$, $S_1$ and $S_2$ generations of 'Koko No.1' and No.3 was investigated for viability and germinability to indicate the existence of inbreeding depression in papaya. Viability was tested by the staining method using 1% acetocarmine, and germinability was recorded using the hanging drop technique in 5% sucrose pollen media. Results showed that pollen viability and germinability both in 'Koko No.1' and No.3 were decreased with increasing selfing generations. In 'Koko No.1', one selfing generation resulted in a decrease of 1.86% pollen viability and 4.62% pollen germinability. For 'Koko No.3', one selfing generation resulted in a decrease of 6.09% pollen viability and 7.71% pollen germinability. Therefore, the effects of inbreeding depression should be of concern in inbred line selection in papaya.

**Keywords:** papaya breeding, self-pollination, inbred line

## บทคัดย่อ

มะละกอเป็นพืชผสมข้าม จึงอาจเกิดการถดถอยทางพันธุกรรม และอาจส่งผลให้หลายลักษณะรวมทั้งละอองเกสรมีความแข็งแรงลดลง การตรวจสอบการถดถอยทางพันธุกรรมในมะละกอพันธุ์โกโก้เบอร์ 1 และโกโก้เบอร์ 3 รุ่น $S_0$, $S_1$ และ $S_2$ โดยนำละอองเกสรจากดอกสมบูรณ์เพศชนิดอีลองกาต้ามาทดสอบความมีชีวิตด้วยการย้อมสีอะซิโตคาร์มีนความเข้มข้น 1% และทดสอบความงอกด้วยเทคนิคหยดแขวนในอาหารสังเคราะห์ความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 5% พบว่า ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมะละกอทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มลดลงตามชั่วรุ่นผสมตัวเองที่เพิ่มขึ้น โดยพันธุ์โกโก้เบอร์ 1 เมื่อผสมตัวเองเพิ่มขึ้น 1 รุ่น ส่งผลให้ความมีชีวิตลดลง 1.86% และความงอกลดลง 4.62% ส่วนพันธุ์โกโก้เบอร์ 3 เมื่อผสมตัวเองเพิ่มขึ้น 1 รุ่น ความมีชีวิตลดลง 6.09% และความงอกลดลง 7.71% ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์มะละกอเพื่อให้ได้พันธุ์แท้ จึงควรพิจารณาถึงผลของการเกิดการถดถอยทางพันธุกรรมร่วมด้วย

**คำสำคัญ**: การปรับปรุงพันธุ์มะละกอ การผสมตัวเอง สายพันธุ์แท้

## คำนำ

สถานการณ์การผลิตมะละกอในปัจจุบันเกษตรกรต้องเผชิญกับปัญหาโรคไวรัสใบด่างจุดวงแหวน นอกจากนี้ยังเกิดปัญหาเรื่องพันธุ์ค่อนข้างมาก เนื่องจากมะละกอจัดเป็นพืชผสมข้าม เมื่อปลูกใกล้ๆ กับพันธุ์อื่นๆ จึงมีโอกาสเกิดการกลายพันธุ์ได้ค่อนข้างมาก ทางภาครัฐพยายามปรับปรุงพันธุ์มะละกอให้ได้สายพันธุ์แท้ที่มีคุณภาพแต่ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร (สิริกุล, 2557) ดังนั้นทางโครงการปรับปรุงพันธุ์มะละกอ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน มีความพยายามในการปรับปรุงพันธุ์ ให้ได้มะละกอสายพันธุ์แท้ที่มีความคงตัวทางพันธุกรรมสูง โดยการควบคุมให้เกิดการผสมตัวเอง ซึ่งในระหว่างการดำเนินการพบปัญหา คือ เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงในรุ่นผสมตัวเองที่เพิ่มขึ้นในมะละกอกลุ่มผลใหญ่ เช่น พันธุ์โกโก้ ซึ่งตรงกันข้ามกับมะละกอกลุ่ม ผลเล็ก

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

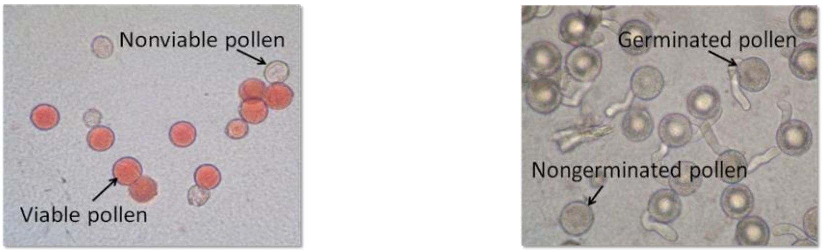
[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[2] Tropical Fruit Research and Development Center, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

เช่น พันธุ์ซันไรส์ ไม่พบว่าเมล็ดที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงในรุ่นผสมตัวเองที่เพิ่มขึ้น สันนิษฐานว่าเกิดการถดถอยทางพันธุกรรม (Inbreeding depression) ในมะละกอกลุ่มผลใหญ่ การถดถอยทางพันธุกรรมส่งผลให้ลักษณะทางคุณภาพที่ไม่ดีต่างๆ แสดงออกมา ตลอดจนทำให้ความแข็งแรงของพืช ผลผลิต และลักษณะอื่นๆ ลดลง (สุทัศน์, 2553) รวมทั้งละอองเกสรอาจมีความสมบูรณ์แข็งแรงลดลงด้วย โดยปกติแล้วการคัดเลือกพันธุ์จะพิจารณาจากลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญเป็นส่วนใหญ่ เช่น ขนาดผล ดังนั้นถ้าหากนำลักษณะที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ เช่น ขนาดผลเล็ก มาใช้ตรวจสอบการถดถอยทางพันธุกรรม อาจให้ผลการตรวจสอบที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ในขณะที่ลักษณะความสมบูรณ์และความแข็งแรงของละอองเกสรมักไม่ถูกเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาสำหรับการคัดเลือกพันธุ์ ดังนั้นจึงได้นำวิธีการการทดสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร มาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบการถดถอยทางพันธุกรรมในมะละกอ

## อุปกรณ์และวิธีการ

คลุมดอกมะละกอชนิด Elongata ด้วยถุงกระดาษในระยะก่อนดอกบาน 1 วัน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของละอองเกสรจากพันธุ์หรือรุ่นอื่น ๆ ในมะละกอพันธุ์โกโก้เบอร์ 1 และพันธุ์โกโก้เบอร์ 3 ในประชากรเริ่มต้น ($S_0$) รุ่นผสมตัวเองชั่วรุ่นที่ 1 ($S_1$) และ รุ่นผสมตัวเองชั่วรุ่นที่ 2 ($S_2$) จากนั้นเก็บดอกมะละกอในรุ่นต่างๆ ของทั้ง 2 พันธุ์ ในระยะดอกบานช่วงเวลา 8.30 – 9.00 นาฬิกา มาทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสรด้วยวิธีการย้อมสี (staining method) ด้วยสีอะซีโตคาร์มีนความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ละอองเกสรติดสีดีขึ้น ละอองเกสรที่ย้อมติดสีแดงเข้ม รูปร่างกลมโต ผิวเรียบ ไม่บิดเบี้ยว จัดเป็นละอองเกสรที่มีชีวิต (Figure 1A) และทดสอบความงอกด้วยเทคนิคหยดแขวน (hanging drop) โดยใช้อาหารสังเคราะห์สำหรับเลี้ยงละอองเกสรสูตร Brewbaker และ Kwack (1963) ที่มีความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 5% เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ละอองเกสรที่จะนับว่างอกได้ต้องมีลักษณะของหลอดละอองเกสรสมบูรณ์ โดยมีความยาวของหลอดละอองเกสรมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของละอองเกสร (Figure 2A) โดยทำการทดสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมะละกอทั้งหมด 10 ซ้ำ และสุ่มนับการติดสีและการงอกของละอองเกสรมะละกอ 3 บริเวณต่อ 1 สไลด์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณความมีชีวิตและความงอก มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์




(A) (B)

**Figure 1** Pollen viability tested with 1% acetocarmine (A) and pollen germination tested with 5% sucrose media (B) of papaya

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การตรวจสอบการถดถอยทางพันธุกรรมในมะละกอ พบว่า ความมีชีวิตของละอองเกสรมีแนวโน้มลดลงในรุ่นผสมตัวเองที่เพิ่มขึ้น โดยเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสรในรุ่น $S_0$, $S_1$ และ $S_2$ ของพันธุ์โกโก้เบอร์ 1 มีค่าเท่ากับ 84.62, 85.42 และ 80.90% ตามลำดับ (Table 1) และในพันธุ์โกโก้เบอร์ 3 มีค่าเท่ากับ 90.31, 81.79 และ 78.13% ตามลำดับ (Table 2) ส่วนผลการทดสอบความงอก พบว่า เปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสรมะละกอ ของทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสร โดยเปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสรในรุ่น $S_0$, $S_1$ และ $S_2$ ของพันธุ์โกโก้เบอร์ 1 มีค่าเท่ากับ 50.99, 45.28 และ 41.74% ตามลำดับ (Table 1) และพันธุ์โกโก้เบอร์ 3 มีค่าเท่ากับ 53.14, 47.82, 37.73% ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตมีค่าสูงกว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกเช่นเดียวกันในมะละกอทั้ง 2 พันธุ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากละอองเกสรที่มีชีวิตนั้นในบางครั้งในสภาพความเป็นจริงละอองเกสรไม่สามารถงอกได้ แต่ยังมีระดับขององค์ประกอบทางเคมีที่สูงพอที่จะทำให้เกิดการติดสีได้ (รวี, 2535) ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดในการ

ตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเกสร ควรใช้การทดสอบความงอก เพราะให้ผลที่น่าเชื่อถือ และถูกต้องมากกว่าการย้อมสี (Stanley และ Linskens, 1974)

**Table 1** Pollen viability and pollen germination of 3 generations of 'Koko No.1'

| Generation | Pollen Viability (%) | Pollen Germination (%) |
|---|---|---|
| $S_0$ | 84.62 ± 6.88 | 50.99 ± 15.92 |
| $S_1$ | 85.42 ± 7.25 | 45.28 ± 22.68 |
| $S_2$ | 80.90 ± 7.67 | 41.74 ± 9.61 |
| *P* – Value | 0.348 | 0.478 |

**Table 2** Pollen viability and pollen germination of 3 generations of 'Koko No.3'

| Generation | Pollen Viability (%) | Pollen Germination (%) |
|---|---|---|
| $S_0$ | 90.31 ± 6.52 a[1/] | 53.14 ± 11.66 |
| $S_1$ | 81.79 ± 5.60 b | 47.82 ± 15.85 |
| $S_2$ | 78.13 ± 8.48 b | 37.73 ± 17.77 |
| *P* – Value | 0.002 | 0.065 |

[1/] Generation means in the same column with the different letters are significantly different at P < 0.05 by Duncan’s New Multiple Range Test

การวิเคราะห์การถดถอยทางพันธุกรรมด้วยการวิเคราะห์การถดถอย ระหว่างรุ่นในประชากรเริ่มต้น ($S_0$) รุ่นผสมตัวเองชั่วรุ่นที่ 1 ($S_1$) และรุ่นผสมตัวเองชั่วรุ่นที่ 2 ($S_2$) ของมะละกอ 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์โกโก้เบอร์ 1 และพันธุ์โกโก้เบอร์ 3 ในความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันมีค่าเป็นลบ แสดงผลให้เห็นทั้งในการทดสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร ซึ่งมะละกอแต่ละพันธุ์มีการถดถอยของลักษณะความสมบูรณ์แข็งแรงของละอองเกสรที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์โกโก้เบอร์ 3 เกิดการถดถอยทางพันธุกรรมในระดับที่สูงกว่าพันธุ์โกโก้เบอร์ 1 ในทั้งการทดสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร โดยพันธุ์โกโก้เบอร์ 1 เมื่อผสมตัวเองเพิ่ม 1 รุ่น ส่งผลให้ความมีชีวิตลดลง 1.86% และความงอกลดลง 4.62% (Table 3) ส่วนพันธุ์โกโก้เบอร์ 3 เมื่อผสมตัวเองเพิ่ม 1 รุ่น ส่งผลให้ความมีชีวิตลดลง 6.09% และความงอกลดลง 7.71% (Table 4) สอดคล้องกับ สามารถ (2550) ที่กล่าวว่าผลกระทบจากการผสมตัวเองจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ และลักษณะที่ทำการศึกษา

จากการเกิดการถดถอยทางพันธุกรรมในมะละกอพันธุ์โกโก้เบอร์ 1 และพันธุ์โกโก้เบอร์ 3 ที่เป็นพันธุ์ในกลุ่มมะละกอผลใหญ่ ไม่สอดคล้องกับการรายงานของ Hamilton (1954) ที่ว่าการผสมตัวเองในมะละกอไม่ปรากฏผลของการถดถอยถอยทางพันธุกรรม ในสายพันธุ์ Gynodioecious โดยพบว่าอับละอองเกสรในมะละกอกลุ่มผลใหญ่อยู่ในตำแหน่งต่ำกว่ายอดเกสรเพศเมีย จึงมีโอกาสเกิดการผสมข้าม นอกจากนั้นยังเป็นกลไกป้องกันการผสมตัวเองอย่างหนึ่ง เพื่อไม่ให้เกิดหรือลดโอกาสเกิดการถดถอยทางพันธุกรรม

ผลของการเกิดการถดถอยทางพันธุกรรม นอกจากมีผลไปลดเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรแล้ว ยังสอดคล้องกับผลการทดลองของ Martínez-García และคณะ (2012) ที่พบว่าการถดถอยทางพันธุกรรมในอัลมอนด์ (*Prunus dulcis*) แสดงให้เห็นโดยมีผลไปชะลอการพัฒนาของเมล็ด ซึ่งในสภาพความเป็นจริงในมะละกอ อาจไปมีผลต่อการสร้างและการพัฒนาของเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ เป็นสาเหตุสำคัญของการลดลงของเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดมะละกอในพันธุ์โกโก้เบอร์ 1 และพันธุ์โกโก้เบอร์ 3 ในรุ่นผสมตัวเองที่เพิ่มขึ้น

**Table 3** Regression coefficient (b), Intercept, Coefficient of Determination ($R^2$) and Standard error of the mean (S.E.) of Pollen viability (%) in $S_0$, $S_1$ and $S_2$ generations of 'Koko No.1' and 'Koko No.3'

| | 'Koko' No.1 | 'Koko' No.3 |
|---|---|---|
| Intercept | 85.50 ± 2.10 | 89.50 ± 2.01 |
| b | - 1.86 ± 1.62 | - 6.09 ± 1.55 |
| $R^2$ | 0.045 | 0.354 |

**Table 4** Regression coefficient (b), Intercept, Coefficient of Determination ($R^2$) and Standard error of the mean (S.E.) of Pollen germination (%) in $S_0$, $S_1$ and $S_2$ generations of 'Koko No.1' and 'Koko No.3'

| | 'Koko No.1' | 'Koko No.3' |
|---|---|---|
| Intercept | 50.63 ± 4.80 | 53.93 ± 4.04 |
| b | - 4.62 ± 3.72 | - 7.71 ± 3.13 |
| $R^2$ | 0.052 | 0.175 |

## สรุปผล

จากการทดสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมะละกอพันธุ์โกโก้เบอร์ 1 และเบอร์ 3 ในรุ่น $S_0$ $S_1$ และ $S_2$ เพื่อตรวจสอบการถดถอยทางพันธุกรรมสามารถสรุปได้ว่า

1. สามารถใช้ค่าความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมาตรวจสอบค่าการถดถอยทางพันธุกรรมในมะละกอได้ โดยค่าความงอกให้ผลการตรวจสอบที่ถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากกว่าค่าความมีชีวิต

2. มะละกอเป็นพืชที่เกิดการถดถอยทางพันธุกรรมเมื่อมีการผสมตัวเองเพิ่มขึ้น และพบว่าระดับของการถดถอยทางพันธุกรรมมีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ โดยพันธุ์โกโก้เบอร์ 3 เกิดการถดถอยทางพันธุกรรมมากกว่าพันธุ์โกโก้เบอร์ 1 ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์มะละกอให้ได้สายพันธุ์แท้จึงควรพิจารณาถึงผลของการถดถอยทางพันธุกรรมร่วมด้วย

## เอกสารอ้างอิง

รวี เสรฐภักดี, 2535, สัณฐานวิทยาของละอองเกสรและการทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสร, เอกสารประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 2 วิชา 007471 หลักการปรับปรุงพันธุ์พืชสวน, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สามารถ จันสน, 2550, การถดถอยในลักษณะทางการเกษตรของอ้อยจากการผสมตัวเอง 2 ชั่ว, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สิริกุล วะสี, 2557, มะละกอพืชความหวังใหม่ของเกษตรกร, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์, 2553, การปรับปรุงพันธุ์พืช, ครั้งที่ 3, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Brewbaker, J.L. and Kwack, B.H., 1963, The Essential Role of Calcium Ion in Pollen Germination and Pollen Tube Growth, American Journal of Botany, 1:859-865.

Hamilton, R.A, 1954, A Quantitative Study of Growth and Fruiting in Inbred and Crossbred Progenies from Two Solo Papaya Strains, Hawaii Agricultural Experiment Station, Technology Bulletin, 20:146

Martínez-García, P.J., Dicenta, F. and Ortega, E., 2012, Anomaious Embryo Sac Development and Fruit Abortion caused by Inbreeding Depression in Almond (*Prunus dulcis*), Horticultural Science, 133:23-30

Stanley, R.G. and Linskens, H.F., 1974, Pollen: Biology, Biochemistry and Management, Springer – Verlag, Berlin, 310 p.

# สัณฐานวิทยา ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่งพันธุ์ต้นแคระ

## Morphology, Viability and Germinability of Dwarf Guava Pollen

นพวรรณ หนองใหญ่[1] ดรุณี ถาวรเจริญ[1] และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์[1, 2]

Nongyai, N.[1], Thaworncharoen, D.[1] and Thaipong, K.[1, 2]

### Abstract

Information of pollen biology is an important basic knowledge for plant breeding. The objective of this experiment was to investigate the morphology, viability and germination of guava pollen in eight dwarf cultivars which are 'Keynok Khrae', 'KU Green No.1', 'KU Komain No.1', 'KU Komain No.2', 'KU Komain No.3', 'KU Komain No.5', 'KU Komain No.6' and 'KU Komain No.9', incomparison with 'Wan Pirun' which is a normal plant size commercial cultivar. The shape, size, viability and germination of pollen were investigated under light microscope. The viability test was done by a staining method using 1% acetomarmine, whereas the germination test was done by the hanging drop technique with 10% of sucrose. The results showed that the pollen shape of all cultivars was triangle. The averaged pollen size was 22.70 μm with ranged between 20.01 μm to 25.54 μm in 'KU Komain No.9'. The averaged pollen viability was 92.03% with ranged between 86.55% to 98.73% in 'KU Komain No.2'. The averaged pollen germination was 44.15% with ranged between 25.11% to 58.58%. The presented pollen biology information will be useful in further ornamental guava breeding program.

**Keywords:** ornamental guava tree, pollen, plant breeding

### บทคัดย่อ

ข้อมูลชีววิทยาของละอองเกสรเป็นความรู้พื้นฐานสำคัญสำหรับงานปรับปรุงพันธุ์พืช งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัณฐานวิทยาความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่งแคระ 8 พันธุ์ คือ 'ขี้นกแคระ' 'เคยูกรีนเบอร์ 1' 'เคยูโกเมนเบอร์ 1' 'เคยูโกเมนเบอร์ 2' 'เคยูโกเมนเบอร์ 3' 'เคยูโกเมนเบอร์ 5' 'เคยูโกเมนเบอร์ 6' และ 'เคยูโกเมนเบอร์ 9' เปรียบเทียบกับพันธุ์ 'หวานพิรุณ' ซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่มีขนาดต้นปกติ โดยศึกษารูปร่าง ขนาด ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ทดสอบความมีชีวิตด้วยการย้อมสี acetocarmine ความเข้มข้น 1% และทดสอบความงอกด้วยเทคนิคหยดแขวนในอาหารสังเคราะห์ความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 10% พบว่า ละอองเกสรฝรั่งทุกพันธุ์มีรูปร่างสามเหลี่ยม ขนาดของละอองเกสรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.7 μm โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 20.01 μm ถึง 25.54 μm ความมีชีวิตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 92.03% โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 86.55% ถึง 98.73% ความงอกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44.15% โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 25.11% ถึง 58.58% ข้อมูลชีววิทยาของละอองเกสรที่ได้ในครั้งนี้จะนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งประดับต่อไป

**คำสำคัญ:** ฝรั่งประดับ ละอองเกสร การปรับปรุงพันธุ์พืช

### คำนำ

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ได้ดำเนินการรวบรวมและปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งตั้งแต่ พ.ศ. 2541 จนถึงปัจจุบัน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ได้ฝรั่งพันธุ์ใหม่ที่มีความหลากหลายตามการใช้ประโยชน์ทั้งเพื่อบริโภคสด แปรรูป และประดับ โดยสามารถคัดเลือกลูกผสมฝรั่งต้นแคระที่มีศักยภาพในการใช้เป็นฝรั่งประดับได้จำนวน 8 พันธุ์ ได้แก่ 'ขี้นกแคระ' 'เคยูกรีนเบอร์ 1' 'เคยูโกเมนเบอร์ 1' 'เคยูโกเมนเบอร์ 2' 'เคยูโกเมนเบอร์ 3' 'เคยูโกเมนเบอร์ 5' 'เคยูโกเมนเบอร์ 6' และ 'เคยูโกเมนเบอร์ 9' โดยมีลักษณะเด่นบางลักษณะ ดังนี้ มีความกว้างใบ 2.3, 0.7, 2.8, 2.0, 2.9, 1.3, 1.0 และ 0.9 เซนติเมตร ตามลำดับ 'ขี้นกแคระ' และ 'เคยูกรีนเบอร์ 1' มีสีของ

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[2] Tropical Fruit Research and Development Center, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

ใบอ่อนเป็นเขียวอ่อน สีกลีบดอกเป็นสีขาว สีผลเป็นสีเขียวปนเหลืองอ่อน และเนื้อสีขาว 'เคยูโกเมนเบอร์ 1' และ 'เคยูโกเมนเบอร์ 3' สีของใบอ่อนเป็นสีแดง 'เคยูโกเมนเบอร์ 2' สีของใบอ่อนเป็นเขียวแกมม่วง สีของใบอ่อนเป็นสีเขียวออกแดงใน 'เคยูโกเมนเบอร์ 5' 'เคยูโกเมนเบอร์ 6' และ 'เคยูโกเมนเบอร์ 9' สีของกลีบดอกเป็นสีชมพูใน 'เคยูโกเมนเบอร์ 1' 'เคยูโกเมนเบอร์ 2' 'เคยูโกเมนเบอร์ 3' 'เคยูโกเมนเบอร์ 5' และ 'เคยูโกเมนเบอร์ 6' สีของกลีบดอกเป็นสีแดงเลือดหมูใน 'เคยูโกเมนเบอร์ 9' สีผิวผลเป็นสีแดงเลือดหมูใน 'เคยูโกเมนเบอร์ 1' 'เคยูโกเมนเบอร์ 2' และ 'เคยูโกเมนเบอร์ 9' และสีผิวผลเป็นสีเขียวปนส้มใน 'เคยูโกเมนเบอร์ 3' 'เคยูโกเมนเบอร์ 5' และ 'เคยูโกเมนเบอร์ 6' สีเนื้อผลเป็นสีแดงม่วงใน 'เคยูโกเมนเบอร์ 1' 'เคยูโกเมนเบอร์ 2' 'เคยูโกเมนเบอร์ 3' 'เคยูโกเมนเบอร์ 5' และ 'เคยูโกเมนเบอร์ 6' และสีเนื้อผลเป็นสีชมพูใน 'เคยูโกเมนเบอร์ 9' (สุกานดา, 2558)

ข้อมูลชีววิทยาของละอองเกสรเป็นความรู้พื้นฐานสำคัญสำหรับงานปรับปรุงพันธุ์พืช จึงทำการศึกษาสัณฐานวิทยาความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่งแคระ 8 สายพันธุ์ สำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญเพื่อแสดงลักษณะประจำพันธุ์และนำมาพิจารณาการเลือกใช้เป็นพ่อหรือแม่พันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งประดับต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำถุงกระดาษคลุมดอกฝรั่งพันธุ์ต้นแคระ 8 พันธุ์ คือ 'ขี้นกแคระ' 'เคยูกรีนเบอร์ 1' 'เคยูโกเมนเบอร์ 1' 'เคยูโกเมนเบอร์ 2' 'เคยูโกเมนเบอร์ 3' 'เคยูโกเมนเบอร์ 5' 'เคยูโกเมนเบอร์ 6' และ 'เคยูโกเมนเบอร์ 9' และฝรั่งพันธุ์การค้าที่มีขนาดต้นปกติ คือ 'หวานพิรุณ' ในระยะดอกเริ่มปริซึ่งจะเห็นกลีบดอกและจะบานในวันรุ่งขึ้น เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของละอองเกสรจากพันธุ์อื่น ในวันรุ่งขึ้นเก็บดอกฝรั่งที่บานแล้วใส่ในจานแก้ว เพื่อศึกษารูปร่าง ขนาด ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร

**การศึกษา รูปร่างและขนาดของละอองเกสร**

นำสไลด์ที่ใช้ทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสร มาประเมินรูปร่าง และวัดขนาด (μm) ของละอองเกสรด้วยกล้อง Dino-Eye Microscope eye piece camera รุ่น AM423X

**การประเมินความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร**

ทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสรด้วยวิธีการย้อมสี (staining method) โดยหยดสี acetocarmine ความเข้มข้น 1% ลงบนสไลด์เรียบ 1-2 หยด ใช้ปากคีบคีบส่วนของก้านชูเกสรตัวผู้ เขี่ยละอองเกสรลงบนสีย้อม แกว่งให้ละอองเกสรกระจายทั่วสีย้อม ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ไม่ให้มีฟองอากาศ ทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นสุ่มนับละอองเกสร 3 บริเวณต่อ 1 สไลด์ จำนวน 5 สไลด์ต่อพันธุ์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า โดยละอองเกสรที่มีชีวิตจะติดสีแดงเข้ม รูปร่างกลมโต ผิวเรียบและไม่บิดเบี้ยว จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณความมีชีวิต มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

ทดสอบความงอกของละอองเกสรด้วยวิธีหยดแขวน (hanging drop technique) โดยใช้อาหารสังเคราะห์สำหรับเลี้ยงละอองเกสรสูตร Brewbaker และ Kwack (1963) ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 10% หยดอาหารสังเคราะห์ลงบนกระจกปิดสไลด์ (cover slip) 1 หยด ใช้ปากคีบคีบส่วนของก้านชูเกสรตัวผู้ ลงบนอาหารสังเคราะห์แกว่งให้ละอองเกสรกระจายทั่วสีย้อม นำสไลด์หลุมปิดลงบนกระจกปิดสไลด์ นำสไลด์ไปบ่มในภาชนะปิดที่ภายในมีกระดาษทิชชูชุ่มน้ำอยู่ บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25±2°C) นาน 1-2 ชั่วโมง ละอองเกสรที่จะนับว่างอกได้ต้องมีลักษณะของหลอดละอองเกสรสมบูรณ์ โดยมีความยาวของหลอดละอองเกสรมากกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของละอองเกสร โดยสุ่มนับละอองเกสร 3 บริเวณต่อ 1 สไลด์ จำนวน 5 สไลด์ต่อพันธุ์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณความงอกมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

นำข้อมูลขนาด ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีการของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ความเชื่อมั่น 95%

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษารูปร่าง ขนาด ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่ง 9 พันธุ์ พบว่าละอองเกสรฝรั่งแคระทุกพันธุ์มีรูปร่างสามเหลี่ยมเช่นเดียวกับฝรั่งพันธุ์หวานพิรุณ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีขนาดต้นและใบปกติ (Figure 1) การทดสอบขนาดของละอองเกสรพบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P$ < 0.01) พบค่าเฉลี่ยสูงสุดในพันธุ์ 'เคยูโกเมนเบอร์ 9' (25.54 μm)

รองลงมาคือ 'เคยูกรีนเบอร์ 1' (23.89 µm) 'เคยูโกเมนเบอร์ 3' (23.61 µm) 'หวานพิรุณ' (22.96 µm) 'เคยูโกเมนเบอร์ 2' (22.71 µm) 'ขี้นกแคระ' (22.49 µm) 'เคยูกรีนเบอร์ 1' (21.83 µm) 'เคยูโกเมนเบอร์ 5' (21.29 µm) และ 'เคยูโกเมนเบอร์ 6' (20.02 µm) ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดของละอองเกสรไม่สัมพันธ์กับขนาดต้น โดยพันธุ์หวานพิรุณถึงแม้จะมีขนาดต้นปกติใหญ่กว่าฝรั่งแคระแต่มีขนาดละอองเกสรเล็กกว่าฝรั่งแคระบางพันธุ์

ความมีชีวิตของละอองเกสร (Figure 2) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P$ = 0.19) ดังนี้ 'เคยูโกเมนเบอร์ 2' 98.7% 'เคยูโกเมนเบอร์ 1' 97.0% 'เคยูโกเมนเบอร์ 3' 93.4% 'เคยูโกเมนเบอร์ 9' 92.9% 'เคยูโกเมนเบอร์ 6' 90.6% 'หวานพิรุณ' 90.1% 'เคยูโกเมนเบอร์ 5' 89.9% 'ขี้นกแคระ' 89.1% และ 'เคยูกรีนเบอร์ 1' 86.6% (Table 1)

ความงอกของละอองเกสร (Figure 3) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกับความมีชีวิต ($P$ = 0.13) ดังนี้ 'เคยูโกเมนเบอร์ 3' 58.6% 'เคยูโกเมนเบอร์ 5' 55.4% 'เคยูโกเมนเบอ์ 9' 54.1% 'เคยูโกเมนเบอร์ 2' 52.6% 'เคยูโกเมนเบอร์ 1' 48.7% 'เคยูกรีนเบอร์ 1' 36.6% 'เคยูโกเมนเบอร์ 6' 35.2% 'หวานพิรุณ' 31.2% และ 'ขี้นกแคระ' 25.1% (Table 1)

โดยจากการทดสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่งทั้ง 9 พันธุ์ พบว่าฝรั่งแต่ละพันธุ์มีแนวโน้มความมีชีวิตมากกว่าความงอก (Table 1) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ ภัสยาพร (2550) ได้ทำการศึกษาความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่งพันธุ์ 'กลมสาลี่' ซึ่งเป็นพันธุ์มีเมล็ดปกติที่มีค่าเท่ากับ 92% แต่มีค่ามากกว่าพันธุ์มีเมล็ดน้อย ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 58% ถึง 82% อาจเนื่องมาจากละอองเกสรบางส่วนไม่สมบูรณ์เพียงพอที่จะงอกได้ แต่ยังมีระดับขององค์ประกอบทางเคมีสูงพอที่จะสามารถให้ผลทางบวกในการใช้สีย้อมได้ การศึกษาครั้งนี้ยังสอดคล้องกับ เจตสุดา (2523) รายงานว่าละอองเกสรฝรั่ง มีรูปร่างสามเหลี่ยม ผนังเรียบบางมีขนาดเล็ก น่าจะอาศัยลมในการนำพาละอองเกสร นอกจากนี้การได้ข้อมูลสัณฐานวิทยาร่วมกับความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร จะช่วยลดความล้มเหลวในการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งประดับได้

## สรุปผล

จากการทดสอบสัณฐานวิทยา ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่งแคระทั้ง 8 พันธุ์ เปรียบเทียบกับฝรั่งที่มีขนาดต้นปกติ พบว่ามีรูปร่างสามเหลี่ยมเหมือนกัน มีค่าเฉลี่ยขนาดใกล้เคียงกัน ความมีชีวิตและความงอกมีค่าไม่ต่างกัน โดยความมีชีวิตมีค่าค่อนข้างสูงและสามารถงอกได้ทุกพันธุ์ ดังนั้นจึงสามารถใช้ฝรั่งแคระทั้ง 8 พันธุ์เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งประดับต่อไป

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากข้อตกลงความร่วมมือการพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีเพื่ออนาคต สาขาการปรับปรุงพันธุ์พืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) โครงการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่ง ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

## เอกสารอ้างอิง

เจตสุดา กิตติโสภณ, 2523, การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและความมีชีวิตของละอองเกสรในไม้ผลบางชนิด, ปัญหาพิเศษปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภัสยาพร แสงเพ็ชร์, 2550, ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ด, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สุกานดา, 2558, ลักษณะประจำพันธุ์ของฝรั่งประดับ 8 พันธุ์, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

Brewbaker, J.L. and Kwack, B.H., 1963, The Essential Role of Calcium Ion in Pollen Germination and Pollen Tube Growth, American Journal of Botany, 50: 859-865.

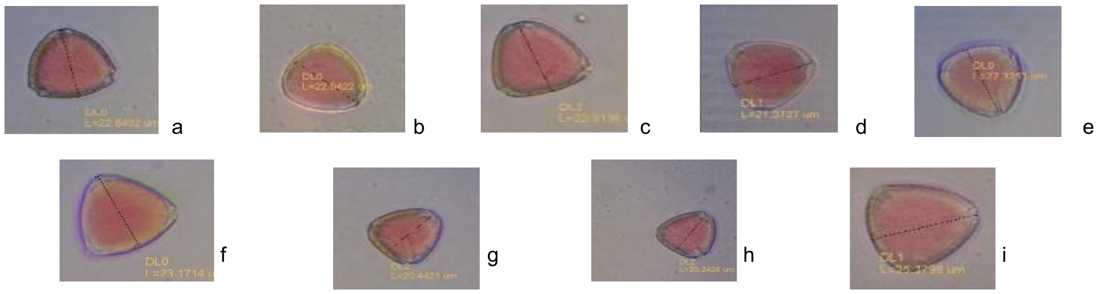


**Figure 1** Pollen shape of nine guava cultivars: 'Wan Pirun' (a), 'Keynok Khrae' (b), 'KU Green No.1' (c), 'KU Komain No.1' (d), 'KU Komain No.2' (e), 'KU Komain No.3' (f), 'KU Komain No.5' (g), 'KU Komain No.6' (h) and 'KU Komain No.9' (i).

**Table 1** Pollen size, pollen viability and pollen germination of nine guava cultivars.

| Cultivars | Pollen size (μm) | Pollen viability(%) | Pollen germination (%) |
|---|---|---|---|
| 'Wan Pirun' | 22.96 ± 0.08 bc | 90.1 ± 1.7 | 31.2 ± 9.8 |
| 'Keynok Khrae' | 22.49 ± 0.54 bc | 89.1 ± 3.0 | 25.1 ± 5.9 |
| 'KU Green No.1' | 23.89 ± 0.54 ab | 86.6 ± 3.9 | 36.6 ± 6.6 |
| 'KU Komain No.1 | 21.83 ± 0.52 bcd | 97.0 ± 1.1 | 48.7 ± 9.5 |
| 'KU Komain No.2' | 22.71 ± 0.91 bc | 98.7 ± 0.9 | 52.6 ± 11.3 |
| 'KU Komain No.3' | 23.61 ± 0.48 abc | 93.4 ± 3.7 | 58.6 ± 5.8 |
| 'KU Komain No.5' | 21.29 ± 0.42 cd | 89.9 ± 3.1 | 55.4 ± 6.9 |
| 'KU Komain No.6' | 20.02 ± 1.02 d | 90.6 ± 5.1 | 35.2 ± 9.0 |
| 'KU Komain No.9' | 25.54 ± 1.29 a | 92.9 ± 3.6 | 54.1 ± 15 |
| Mean | 22.70 | 92.0 | 44.2 |
| *P*- value | <0.01 | 0.19 | 0.13 |

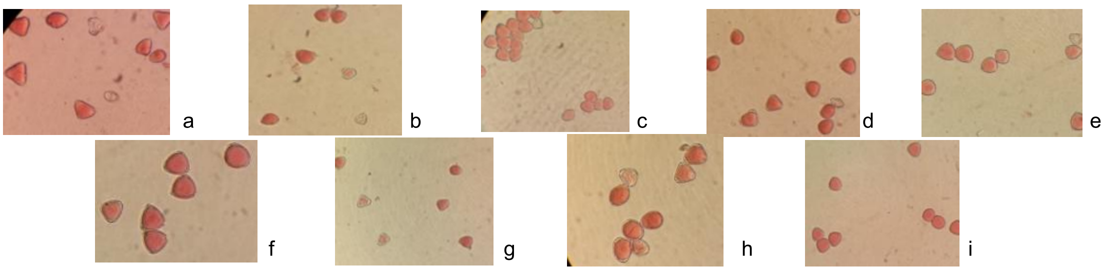


**Figure 2** Pollen viability of nine guava cultivars: 'Wan Pirun' (a), 'Keynok Khrae' (b), 'KU Green No.1' (c), 'KU Komain No.1' (d), 'KU Komain No.2' (e), 'KU Komain No.3' (f), 'KU Komain No.5' (g), 'KU Komain No.6' (h) and 'KU Komain No.9' (i).

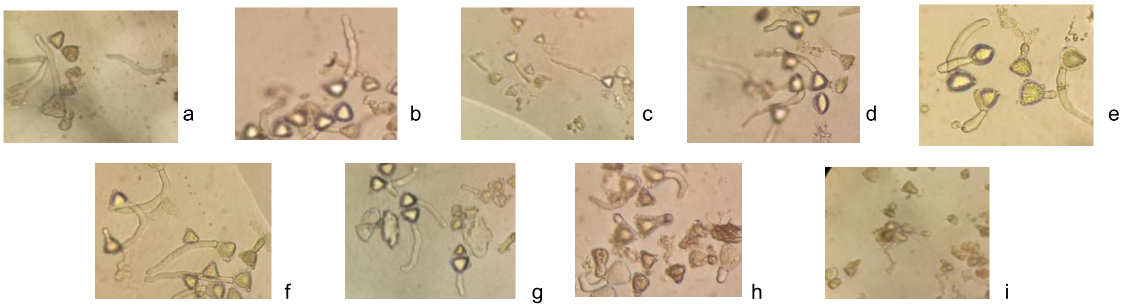


**Figure 3** Pollen germination of nine guava cultivars: 'Wan Pirun' (a), 'Keynok Khrae' (b), 'KU Green No.1' (c), 'KU Komain No.1' (d), 'KU Komain No.2' (e), 'KU Komain No.3' (f), 'KU Komain No.5' (g), 'KU Komain No.6' (h) and 'KU Komain No.9' (i).

# การเพิ่มจำนวนหน่อพันธุ์สับปะรด 'MD2' โดยวิธีการผ่าจุก
## Multiplications of 'MD2' Pineapple by Crown Splitting Technique

**ศรันยา คุ้มปลี[1] ธีร์ หะวานนท์[1] และ ภาสันต์ ศารทูลทัต[1]**
Kumplee, S.[1], Havananda, T.[1] and Saradhuldhat, P.[1]

### Abstract
Sufficient number of plant material is highly demanded for expanded plantation of fresh pineapple 'MD2'. Other than suckers, the crown is an alternative propagule generating new shoots. This research aimed to investigate how crown splitting and crown tip removal affected new shoot multiplication. The crowns (480 g in fresh weight) were vertically cut into two pieces, two pieces with tip removal, four pieces and uncut (control) prior to placing in sand medium. After 4 months, results showed that the four-piece treatment yielded 8.5 shoots/crown, while the two-piece and two-piece with tip removal yielded 4.5 and 4.8 shoots/crown, respectively. However, the two-piece treatment produced larger new shoots (49 g fresh weight). This indicate that four-piece crown spitting is a potential method for 'MD2' crown propagation yielding new shoots weighting approximately 24 g. Crown tip removal did not affect to the number of new shoots.
**Keywords:** *Ananas comosus* L., propagation, propagule, plant material

### บทคัดย่อ
หน่อพันธุ์เป็นที่ต้องการอย่างมากในการขยายพื้นที่ปลูกสับปะรด 'MD2' ซึ่งเป็นสับปะรดรับประทานผลสด จุกเป็นอีกส่วนของพืชที่ใช้ขยายพันธุ์ได้ ซึ่งการผ่าแบ่งอาจเพิ่มจำนวนหน่อใหม่ได้มากขึ้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลของการผ่าจุกและทำลายยอดจุกต่อการเพิ่มจำนวนหน่อพันธุ์ โดยนำจุกสับปะรด (น้ำหนักเฉลี่ย 480 กรัม) นำมาผ่าตามยาวเป็นสองส่วน, สองส่วนและตัดยอดกลาง, ผ่าสี่ส่วน และไม่ผ่าจุก (ชุดควบคุม) นำไปปักชำแนวตั้งในทรายนาน 4 เดือน วางแผนการทดลองแบบ CRD พบว่าการผ่าเป็นสี่ส่วนมีหน่อใหม่เกิดขึ้น 8.5 หน่อ (ต่อจุกเริ่มต้น) มากกว่าการผ่าสองส่วน (4.5 หน่อ) และผ่าสองส่วน-ตัดยอดกลาง (4.8 หน่อ) ตามลำดับ แต่การผ่าสองส่วน (ไม่ตัดยอดกลาง) ให้หน่อใหม่มีน้ำหนักมากที่สุด (49 กรัม) แสดงให้เห็นว่าการผ่าจุกเป็นสี่ส่วนเป็นวิธีการช่วยเพิ่มจำนวนหน่อพันธุ์ได้มากขึ้น หน่อใหม่ที่ได้มีขนาดประมาณ 24 กรัม การตัดยอดจุกไม่มีผลต่อจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้น
**คำสำคัญ**: *Ananas comosus* L. การขยายพันธุ์พืช วัสดุพืชพันธุ์

### คำนำ
สับปะรด 'MD2' เป็นสับปะรดรับประทานผลสดที่กำลังนิยมในตลาดสากลมีการบริโภคและซื้อขายกันอย่างมากจึงนำไปสู่ความต้องการหน่อพันธุ์เพื่อการผลิตและขยายพื้นที่ปลูก การขาดแคลนหน่อพันธุ์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลต่ออุตสาหกรรมการผลิตสับปะรดของโลก (Bartholomew, 2007) หน่อพันธุ์ที่ได้จากการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ สับปะรดสามารถขยายพันธุ์จากลำต้นได้หลายส่วน ได้แก่ หน่อ จุก และตะเกียง แต่หน่อเป็นส่วนที่นิยมใช้กันมากที่สุด หน่อเกิดจากตาข้างที่ซอกใบหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตสับปะรดไปแล้ว โดยทั่วไปมักมี 1-2 หน่อต่อต้น (จินดารัฐ, 2541) การพัฒนาของตาข้างเป็นหน่อใหม่มักเกี่ยวข้องกับสมดุลสารควบคุมการเจริญเติบโต ไซโตไคนินช่วยส่งเสริมกระตุ้นการพัฒนาของตาข้าง (lateral bud) เป็นหน่อใหม่ ในขณะที่ออกซินจากตายอดมีผลยับยั้งจากการพัฒนาของตาข้างได้ (apical dominance) (พีรเดช, 2537) การลดอิทธิพลของออกซินจากปลายยอดลงหรือเพิ่มปริมาณไซโตไคนิน จึงอาจส่งเสริมให้ตาข้างพัฒนาเป็นหน่อใหม่ได้ จุก (crown) เป็นกลุ่มของใบที่อยู่บนสุดของผลเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการขยายพันธุ์ จุกมีอาหารสะสมและมีเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดที่สามารถเจริญเป็นต้นใหม่ได้ สับปะรด 'MD2' มีจุกขนาดประมาณ 175-575 g (PIP, 2011) การผ่าแบ่งเป็นวิธีการขยายพันธุ์พืชจำพวกหัวที่เกิดจากกาบใบที่อัด

---
[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140
[1] Tropical Fruit Research and Development Center, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakon Pathom 73140

แน่นผ่าออกเป็นชิ้นส่วนตามขนาดของหัว การผ่าแบ่งอาจเป็นการลดอิทธิพลการข่มของตายอดที่มีต่อตาข้างลงได้ ทำให้ตาข้างสามารถพัฒนาเป็นต้นใหม่ได้ Tassew (2014) รายงานว่าจุกสับปะรดที่มีขนาดกลางไปจนถึงขนาดใหญ่ให้หน่อใหม่ที่มีการเจริญเติบโตแข็งแรงดีเนื่องจากมีปริมาณอาหารสำรองในชิ้นส่วนอยู่ จึงอาจเป็นไปได้ว่าการผ่าแบ่งจุกสับปะรด 'MD2' อาจเป็นอีกวิธีทางเลือกหนึ่งในการผลิตหน่อพันธุ์ได้ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลของการผ่าจุกและทำลายอิทธิพลจากตายอดของจุกต่อการเพิ่มจำนวนหน่อพันธุ์สับปะรด 'MD2'

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำจุกสับปะรด 'MD2' ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 480 กรัม มาผ่าให้สมมาตรตามแนวยาวเป็นชิ้นส่วนขนาดต่างๆ ได้แก่ ผ่าออกเป็นสองส่วน, ผ่าออกเป็นสองส่วนและตัดปลายยอด, ผ่าออกเป็นสี่ส่วน และไม่ผ่าจุก (Control) นำชิ้นส่วนนี้ชุบในสารป้องกันกำจัดเชื้อรา (etridiazole) อัตรา 2 มล./ล ก่อนนำไปปักชำแนวตั้งในกระบะทรายที่พรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ รดน้ำเพื่อรักษาความชื้นให้สม่ำเสมอ บันทึกจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดทุกเดือนนาน 4 เดือน ตัดแยกหน่อใหม่ที่มีความยาวมากกว่า 5 ซม. ออกปักชำเพื่อลดการดึงอาหารสะสมจากชิ้นส่วน บันทึกขนาดหน่อใหม่โดยการชั่งน้ำหนักและวัดความยาว วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองพบว่า หลังการปักชำประมาณ 2-3 สัปดาห์ ชิ้นส่วนที่ผ่าแบ่งเริ่มมีการแตกตาที่บริเวณซอกใบ จากนั้นตาจึงพัฒนาเป็นหน่อใหม่ที่สมบูรณ์มีความยาวเกิน 5 ซม.ขึ้นไป และสามารถตัดแยกออกมาจากชิ้นส่วนจุกเพื่อชำต่อไป โดยการผ่าจุกที่ต่างกันส่งผลให้มีการแตกตาและพัฒนาเป็นหน่อใหม่แตกต่างกันทางสถิติ ในเดือนแรกหลังชำจุกที่ผ่าเป็นสี่ส่วน ผ่าสองส่วน และผ่าสองส่วนและตัดยอดออก มีจำนวนตาที่แตกออกมาจากซอกใบ 5.75, 2.75 และ 2.50 ตาต่อจุก ตามลำดับ และไม่พบการเกิดหน่อใหม่ในจุกที่ไม่มีการผ่าแบ่ง (Control) ที่อายุสี่เดือนหลังการปักชำพบว่าการผ่าแบ่งจุกเป็นสี่ส่วนทำให้ชิ้นส่วนจุกมีการแตกตาได้มากกว่าการผ่าสองส่วนและผ่าสองส่วนและตัดยอดออก โดยให้ค่าเฉลี่ย 10.7, 4.75 และ 5.75 ตาต่อจุก ตามลำดับ (Table 1) สามารถตัดแยกตาที่แตกเจริญเติบโตเป็นหน่อใหม่ไปชำต่อได้ตั้งแต่ 1-4 เดือนหลังการปักชำ การผ่าสี่ส่วนให้จำนวนหน่อใหม่ได้มากกว่าการผ่าสองส่วน และผ่าสองส่วนและตัดยอดออก ซึ่งในเดือนที่ 1 ให้หน่อใหม่ 4.75, 2.75 และ 2.50 หน่อต่อจุก ตามลำดับ ที่อายุสี่เดือนจุกที่ผ่าเป็นสี่ส่วน ผ่าสองส่วน และผ่าสองส่วนและตัดยอดออก มีจำนวนหน่อใหม่ 8.50, 4.50 และ 4.75 หน่อต่อจุก ตามลำดับ (Table 1)

จากผลการทดลองแสดงว่าอิทธิพลการข่มของตายอดมีผลต่อการเกิดหน่อใหม่ของสับปะรดเห็นได้จากจุกที่ไม่ผ่าแบ่งไม่มีหน่อใหม่ และวิธีผ่าแบ่งหรือการทำลายตายอดใดๆ เป็นการลดอิทธิพลของฮอร์โมนออกซินจากปลายยอดที่ข่มตาข้างอยู่ ซึ่งโดยปกติแล้วพืชจะสร้างเนื้อเยื่อเจริญเพื่อพัฒนาไปเป็นส่วนต่างๆ เนื้อเยื่อเจริญด้านข้างปลายยอดจะมีหน้าที่สร้างตาข้าง (Axillary bud) ส่วนใหญ่ตาข้างมักมีการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าตายอด เนื่องจากถูกยับยั้งโดยออกซินจากปลายยอด (ลิลลี่ และคณะ, 2556) ดังนั้นเมื่อจุกถูกผ่าแบ่งทำให้ออกซินจากปลายยอดมีปริมาณลดลงส่งผลให้ระดับความรุนแรงของการข่มตาข้างน้อยลงไปตามขนาดของชิ้นส่วนที่ถูกผ่าแบ่ง ตาข้างที่ถูกออกซินจากปลายยอดข่มไว้จึงสามารถพัฒนาเป็นหน่อใหม่ได้ สอดคล้องกับ Josephine และ Julian (2011) ที่รายงานว่าจุกของสับปะรดทุกๆ ซอกใบมีตาได้ประมาณ 15-25 ตา ที่สามารถชักนำให้เจริญเติบโตออกมาเป็นหน่อใหม่ได้

เปอร์เซ็นต์การรอดของหน่อใหม่ที่เกิดจากตาพบว่า การผ่าสองส่วน และผ่าสองส่วนและตัดยอดออก มีเปอร์เซ็นต์การรอดของตาเพื่อพัฒนาไปเป็นหน่อใหม่ที่สมบูรณ์ได้สูงกว่าการผ่าสี่ส่วน โดยมีเปอร์เซ็นต์การรอดของตา 94.7, 82.6 และ 79.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งการแก่งแย่งอาหารภายในชิ้นส่วนจุกที่ถูกผ่าแบ่งอาจเป็นส่วนที่ทำให้การเติบโตของตาแตกต่างกัน การผ่าแบ่งนอกจากลดอิทธิพลการข่มตาข้างของออกซินแล้วยังทำให้ชิ้นส่วนมีขนาดเล็กลงปริมาณอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาเป็นหน่อใหม่ที่มีเหลือในชิ้นส่วนจึงน้อยลงด้วยเช่นกัน ตาที่มีความแข็งแรงที่สุดจึงจะสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ อีกทั้งการผ่าให้ชิ้นมีขนาดเล็กลงยังทำให้ชิ้นส่วนมีความอ่อนแอลงด้วยเช่นกัน เมื่อตาข้างแตกออกมาแล้วยังต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาเป็นต้นสับปะรดที่สมบูรณ์ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยอาหารสะสมที่มีอยู่ในชิ้นส่วนผ่าแบ่งเพื่อการเจริญเติบโต สอดคล้องกับการทดลองของ Zhu และคณะ (2005) พบว่าการผ่าแบ่งหัวว่านสี่ทิศให้มีจำนวนชิ้นส่วนที่ผ่าต่อหัวมากขึ้นปริมาณต้นใหม่ที่ได้จะยิ่งทวีคูณ แต่หากชิ้นส่วนผ่าแบ่งมีขนาดเล็กขนาดของต้นใหม่กลับเล็กลงด้วยเช่นกัน

การผ่าจุกสองส่วนให้น้ำหนักหน่อใหม่เฉลี่ย 48.98 g มากกว่าการผ่าสองส่วนและตัดยอดออก (23.06 g) และผ่าสี่ส่วน (23.72 g) (Table 3) อาจเป็นผลจากชิ้นส่วนที่ถูกผ่าสองส่วนมีปริมาณอาหารสะสมที่มากกว่าการผ่าสี่ส่วน ซึ่งสัดส่วนของอาหารสะสมที่ต้นอ่อนสามารถใช้ในการเจริญเติบโตลดลงตามไปด้วย สอดคล้องกับการทดลองของ Tassew (2014) ที่รายงานว่าจุกสับปะรดที่มีขนาดกลางไปจนถึงขนาดใหญ่ (125-175 g, 175-225 g) ให้จำนวนหน่อใหม่ที่มากและมีการเจริญเติบโตแข็งแรงดีกว่าหน่อที่ได้จากจุกขนาดเล็ก (75-125 g) เนื่องจากมีปริมาณอาหารสำรองในชิ้นส่วนอยู่มาก หากเปรียบเทียบระหว่างการผ่าสองส่วนทั้งสองวิธี ความแตกต่างของขนาดหน่ออาจเป็นผลมาจากการผ่าสองส่วนที่ไม่ได้มีการตัดยอดออกนั้นยังคงมีส่วนของยอดที่ทำหน้าที่ผลิตออกซินที่มีบทบาทต่อการยืดของเซลล์ การแบ่งเซลล์ กระตุ้นการสร้างดีเอ็นเอ เป็นผลให้หน่อใหม่มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่า การผ่าสี่ส่วนให้หน่อที่มีขนาดเล็กลงจึงต้องมีการจัดการดูแลที่ดี หน่อใหม่ที่ได้จึงสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้

## สรุปผล

การขยายพันธุ์สับปะรด 'MD2' ด้วยการผ่าแบ่งจุกตามยาวออกเป็นสี่ส่วนแล้วปักชำในทรายชื้นทำให้ได้จำนวนหน่อใหม่มากถึง 8.5 หน่อต่อจุก หน่อที่ได้มีน้ำหนักประมาณ 24 กรัม และการตัดยอดจุกไม่มีผลต่อจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้น

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) และขอขอบคุณคุณสราวุธ เรืองเอี่ยม ที่ให้ความอนุเคราะห์หน่อสับปะรดที่ใช้ในการทดลอง

## เอกสารอ้างอิง

จินดารัฐ วีรวุฒิ, 2541, สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีรเดช ทองอำไพ, 2537, ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์, วิชัยการพิมพ์.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ มาลี ณ นคร ศรีสม สุวรรณวงศ์ สุรียา ตันติวิวัฒน์ และ ณรงค์ วงศ์กันทรากร, 2556, สรีรวิทยาของพืช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Bartholomew, D.P., 2007, Rapid Expansion of MD-2 Pineapple Production in Ghana, In: Pineapple News 14, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Hawaii, USA.

Josephine, A.U. and Julian, O., 2011, Split Crown Technique for Mass Propagation of Smooth Cayenne pineapple in South-South Nigeria, African Journal of Plant Science, 5(10): 591-598.

PIP, 2011, Crop Production Protocol Pineapple MD2 (*Ananas Comosus*), Programme PIP COLEACP, Belgium.

Tassew, A.A., 2014, Evaluation of Leaf Bud Cuttings from Different Sized Crowns for Rapid Propagation of Pineapple (*Ananas Comosus* L. [Merr.]), Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, 4(27).

Zhu, Y., Liu, K.S., and Yiu, J.C., 2005, Effect of Cutting Method on Bulb Production of *Hippeastrum hybridum* in Taiwan, Department of Horticulture, National Ilan University.



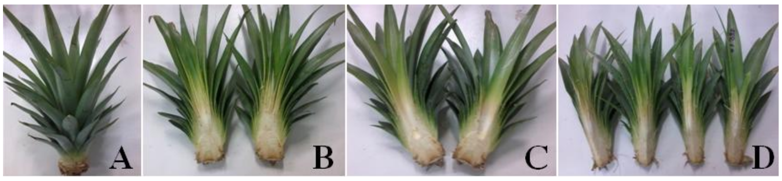


**Figure 1** Crown treatments: A) Un-cut (control), B) Two pieces, C) Two pieces with tip removal and C) Four pieces.

**Table1** Effects of Split crown on emerging and number of new shoots (shoots/crown)

| Methods | Emerging shoot | | | | Number of shoot | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | M1 | M 2 | M 3 | M 4 | M 1 | M 2 | M 3 | M 4 |
| Un-cut (control) | 0.00 c | 0.00 c | 0.00 c | 0.00 c | 0.00 c | 0.00 c | 0.00 c | 0.00 c |
| Two pieces | 2.75 b | 3.00 b | 4.25 b | 4.75 b | 0.25 b | 2.25 b | 2.50 b | 4.50 b |
| Two pieces with tip removal | 2.50 b | 3.50 b | 4.75 b | 5.75 b | 1.50 b | 2.75 b | 3.50 b | 4.75 b |
| Four pieces | 5.75 a | 8.25 a | 8.75 a | 10.75 a | 3.50 a | 4.75 a | 7.75 a | 8.50 a |
| F-test | * | * | * | * | * | * | * | * |
| C.V.(%) | 29.45 | 28.56 | 18.03 | 17.76 | 49.48 | 25.64 | 21.51 | 18.47 |

* Significant difference among means in the same column at P ≤ 0.05

**Table 2** Effects of survival percentage of shoot of splited crown (shoots/crown)(%)

| Method | month 1 | month 2 | month 3 | month 4 |
|---|---|---|---|---|
| Cut into two pieces | 9.0 | 75.0 | 58.8 | 94.7 |
| Two pieces with tip removal | 60.0 | 78.6 | 73.7 | 82.6 |
| Four pieces | 60.9 | 57.6 | 88.6 | 79.7 |

**Table 3** Effect of Splited crown on new shoot weight and length after removal from crown

| Method | Sucker weight (g) | Sucker length (cm) |
|---|---|---|
| Cut into two pieces | 48.98 a | 18.0 a |
| Two pieces with tip removal | 23.06 b | 17.0 a |
| Four pieces | 23.72 b | 16.19 a |
| F-test | * | * |
| C.V.(%) | 32.70 | 19.12 |

* Significant difference among means in the same column at P ≤ 0.05

# การมีชีวิตอยู่รอดของโพรไบโอติกแบคทีเรียสายพันธุ์ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* ในสมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำ

## Survival of Probiotic Bacterial Species *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus acidophilus* in 'Khake Dam' Papaya Smoothies

**จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[1] นันท์นภัส ขำโต[1] และ พริมา พิริยางกูร[2]**
Poubol, J.[1], Khamto, N.[1] and Phiriyangkul, P.[2]

## Abstract

This research was to evaluate the survival of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus acidophilus* in 'Khake Dam' papaya smoothies stored at 4°C. 'Khake Dam' ripe papaya that free from insects and diseases was washed with tap water. Fruit stem and bottom were cut and removed. Fruit skin was peeled then cut into small pieces. Papaya pieces were blended with sterile distilled water in a ratio of 2:1. Papaya smoothies were heated at 72°C for 15 seconds and cool down to the room temperature. Each cocktail suspension of probiotic bacterial species was inoculated in each papaya smoothies sample to reach the final cells about $10^8$ CFU/ml. They were filled in a 220 ml of sterile plastic bottles. The cap was sealed and then stored at 4°C. Probiotic bacteria, total microbial, coliforms, yeasts and molds of papaya smoothies were enumerated every week. At the initial day of storage, papaya smoothies had *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus acidophilus* viabilities of $1.6x10^8$ and $5.3x10^8$ CFU/ml, respectively. After storage at 4°C, *Lactobacillus casei* count was increased during 3 weeks of storage, whereas *Lactobacillus acidophilus* count was decreased during storage. Total microbial, coliforms, yeasts and molds were slightly increased during storage. However, the count was below to the detection level (2.4 Log CFU/ml). 'Khake Dam' papaya smoothies had a shelf life of 4 weeks for stability of a probiotic product.

**Keywords**: 'Khake Dam' papaya, probiotic bacteria, probiotic product

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการมีชีวิตอยู่รอดของ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* ในสมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยนำมะละกอสุกพันธุ์แขกดำที่ปราศจากโรคและแมลงมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา จากนั้นตัดส่วนขั้วและส่วนท้ายผลออก ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำมาปั่นให้ละเอียดโดยผสมกับน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วในอัตราส่วน 2:1 นำไปผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมเชื้อโพรไบโอติกแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์ลงไปในสมูทตี้มะละกอเพื่อให้ได้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ $10^8$ CFU/ml จากนั้นผสมให้เข้ากันแล้วบรรจุลงในขวดพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขนาด 220 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจวัดปริมาณเชื้อโพรไบโอติกแบคทีเรีย จุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และราในน้ำมะละกอสมูทตี้ทุกสัปดาห์ จากการทดลองพบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาน้ำมะละกอสมูทตี้มีปริมาณเชื้อ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* เริ่มต้นเท่ากับ $1.6x10^8$ และ $5.3x10^8$ CFU/ml ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเชื้อ *Lactobacillus casei* มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 3 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ในขณะที่เชื้อ *Lactobacillus acidophilus* มีปริมาณลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา จากการตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา แต่ไม่เกินปริมาณจุลินทรีย์ต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (2.4 Log CFU/ml) น้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำยังคงสภาพความเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกได้นาน 4 สัปดาห์

**คำสำคัญ**: มะละกอพันธุ์แขกดำ โพรไบโอติกแบคทีเรีย ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก

---

[1] สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[1] Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140
[2] สาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2] Division of Biochemistry, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

## คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจสุขภาพกันมากขึ้น ดังนั้นจึงนิยมบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยเฉพาะอาหารที่มีโพรไบโอติก (probiotic) ซึ่งหมายถึง "จุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่ซึ่งเกิดจากการบริโภคจุลินทรีย์เข้าไปจำนวนหนึ่ง โดยมีผลทำให้ร่างกายมีสุขภาพดีจึงจัดได้ว่า probiotic เป็นสารอาหารอย่างหนึ่ง" (FAO/WHO, 2001) จุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotic microorganisms) ประกอบด้วยจุลินทรีย์ในจีนัส Lactobacillus และ Bifidobacterium ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในกระบวนการผลิตนมหมัก (FAO/WHO, 2001) ปัจจุบันยังไม่มีรายงานว่าจุลินทรีย์ในกลุ่มของ Lactobacilli และ Bifidobacteria ก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ (Aguirre และ Collins, 1993) ดังนั้นจึงมีการนำเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกจีนัส Bifidobacterium และ Lactobacillus มาใช้ในการผลิต probiotic food (Felis และ Dellaglio, 2007) ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขได้มีประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 128 ตอนพิเศษ 86ง เรื่อง การใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอาหาร โดยกำหนดให้อาหารที่มีการใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกจะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ยังมีชีวิตอยู่คงเหลืออยู่ไม่น้อยกว่า $10^6$ CFU ต่ออาหาร 1 กรัม ตลอดอายุการเก็บรักษาของอาหารนั้น ซึ่งส่วนใหญ่อาหารจำพวกโปรไบโอติกที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากนม (daily probiotic product) เช่น โยเกิร์ต และนมเปรี้ยว แต่เนื่องจากผู้บริโภคบางรายมีปัญหาด้านสุขภาพจึงทำให้ไม่สามารถบริโภคอาหารดังกล่าวได้เนื่องจากจะเกิดอาการแพ้ ในขณะที่ผู้บริโภคบางรายมีความจำเป็นต้องการบริโภคอาหารที่มีปริมาณ cholesterol ต่ำ ดังนั้นจึงมีการคิดค้นผลิตภัณฑ์อาหารโดยการนำผัก ผลไม้ หรือเมล็ดธัญพืช (non-daily probiotic product) มาใช้ทดแทนน้ำนมซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต probiotic food (Martins และคณะ, 2013) ซึ่งผักและผลไม้เป็นแหล่งของวิตามิน C, B, Provitamin A, phytoesterols, phytochemicals เส้นใย (dietary fibers) และแร่ธาตุต่างๆ (Gebbers, 2007) อีกทั้งยังมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง ซึ่งมะละกอ (*Carica papaya* L.) เป็นไม้ผลเขตร้อนชนิดหนึ่งที่มีรสชาติดี มีวิตามิน A, C, E รวมไปถึง phenol ซึ่งมีรายงานว่าสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือดและโรคหัวใจได้ (cardiovascular diseases) อีกทั้งยังช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งของต่อมลูกหมากและมะเร็งในลำไส้ได้ (Ali และคณะ, 2014) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น lycopene, β-cryptoxanthin และ β-carotene โดยมีรายงานว่าสารดังกล่าวจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลเกิดการสุก (Sancho และคณะ, 2011) สำหรับพันธุ์ของมะละกอที่นิยมปลูกกันมากในประเทศไทย ได้แก่ มะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย ซึ่งมะละกอพันธุ์แขกดำเป็นพันธุ์ที่สามารถบริโภคได้ทั้งผลดิบและผลสุก ในขณะที่มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายเป็นพันธุ์ที่นิยมบริโภคเมื่อผลสุก ดังนั้นการนำมะละกอสุกมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต probiotic food จึงน่าจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์ probiotic ได้

ในปี ค.ศ. 2013 Sharma และ Mishra รายงานว่าเชื้อ *Lactobacillus plantarum* เป็น lactic acid bacteria สายพันธุ์ที่มีความเหมาะสมในการเป็น probiotic ในผลิตภัณฑ์ที่มีมะระ (bitter gourd) น้ำเต้า (bottle gourd) และแครอทเป็นส่วนประกอบ ในขณะที่ Sheehan และคณะ (2007) รายงานว่าเชื้อ *Lactobacillus paracasei* NFBC43338 มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็น probiotic ในผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำส้มและน้ำสัปปะรดเป็นส่วนประกอบ จากที่กล่าวมานี้หากสามารถนำมะละกอสุกมาใช้เป็นวัตถุในการผลิต probiotic food ได้ จะสามารถช่วยทดแทนน้ำนมที่ใช้เป็นวัตถุดิบและมีราคาแพงแล้ว ยังเป็นการช่วยเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคในการได้รับประโยชน์จาก probiotic bacteria ในผลิตภัณฑ์จากผลไม้ โดยไม่จำเป็นต้องบริโภคผลิตภัณฑ์ probiotic ที่มีส่วนประกอบของน้ำนม ซึ่งจะช่วยลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการบริโภคผลิตภัณฑ์นม และยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับมะละกอได้อีกด้วย โดยเฉพาะในช่วงที่มีการผลิตมะละกอมากจนอาจทำให้เกิดภาวะมะละกอล้นตลาด แต่อย่างไรก็ตามการนำมะละกอมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่ม probiotic เพื่อให้ได้เครื่องดื่ม probiotic ที่มีคุณภาพดีนั้นจะต้องมีการศึกษาถึงพันธุ์ของมะละกอที่เหมาะสม โดยจะต้องคัดเลือกมะละกอพันธุ์ที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของ probiotic bacteria (หรือที่เรียกว่า prebiotic) ได้ดี นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม probitic ที่ผลิตได้ยังต้องมีคุณภาพดีโดยยังคงมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง อีกทั้งยังต้องมีรสชาติดีและสามารถเก็บรักษาได้นาน

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมสมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำและการเตรียมเชื้อโพรไบโอติกแบคทีเรีย

งานวิจัยนี้ศึกษาการมีชีวิตอยู่รอดของ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* ในสมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยนำมะละกอสุกพันธุ์แขกดำที่ปราศจากโรคและแมลงมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา จากนั้นตัดส่วนขั้วและส่วนท้ายผลออก ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำมาปั่นให้ละเอียดโดยผสมกับน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วในอัตราส่วน 2:1 นำไปผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมเชื้อโพรไบโอติกแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์ลงไปในน้ำมะละกอสมูทตี้แต่ละ

ตัวอย่างเพื่อให้ได้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ $10^8$ CFU/ml จากนั้นผสมให้เข้ากันแล้วบรรจุลงในขวดพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขนาด 220 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจวัดปริมาณเชื้อโพรไบโอติกแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์ จุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และราในสมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำทุกสัปดาห์

**2. การตรวจหาจุลินทรีย์ในน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำ**

ดูดสมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดที่บรรจุสารละลาย peptone water ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นทำ dilution plate count สำหรับเพาะเลี้ยงโพรไบโอติกแบคทีเรีย จุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา โดยดูดสารละลายสมูทตี้มะละกอปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เกลี่ยลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ de Man, Rogosa and Sharpe agar (MRS; Merck; Darmstadt, Germany), Plate count agar (PCA; Merck; Darmstadt, Germany), Deoxycholate agar (HiMedia Laboratories; Mumbai, India) และ Potato dextrose agar (PDA; HiMedia Laboratories; Mumbai, India) ตามลำดับ จากนั้นนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA, Deoxycholate agar และ MRS บ่มที่อุณหภูมิ 35+2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48+3 ชั่วโมง สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิ 26 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน ตรวจนับจำนวนโคโลนีที่พบในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ หาค่าเฉลี่ยของโคโลนีที่นับได้และรายงานผลเป็น Colony Forming Unit ต่อกรัม (CFU/ml) วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized designs ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**ความมีชีวิตอยู่รอดของโพรไบโอติกแบคทีเรีย จุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา ในสมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำ**

จากการทดลองพบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา สมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำมีปริมาณเชื้อ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* เริ่มต้นเท่ากับ $1.6 \times 10^8$ และ $5.3 \times 10^8$ CFU/ml ตามลำดับ (Figure 1A) เมื่อเก็บรักษาน้ำมะลกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเชื้อ *Lactobacillus casei* มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 3 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา และลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา ในขณะที่เชื้อ *Lactobacillus acidophilus* มีปริมาณลดลงอย่างช้า ๆ ตลอดอายุการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับงานทดลองของ Sharma และ Mishra (2013) ที่ศึกษาการรอดชีวิตของเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* จะพบว่าเชื้อที่เลี้ยงในน้ำผักผสม (มะระ น้ำเต้า และแครรอท) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นจาก 6 Log CFU/ml เป็น 8 Log CFU/ml ในช่วง 80 ชั่วโมงแรกของการบ่ม ในขณะที่เชื้อ *Lactobacillus acidophilus* ในน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำมีปริมาณลดลงเมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ *Lactobacillus casei* ที่เลี้ยงในรำข้าวโอ๊ค (oat bran) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะพบว่าเชื้อมีปริมาณลดลงเล็กน้อย ในขณะที่การบ่มที่อุณหภูมิ 25 และ 40 องศาเซลเซียส เชื้อ *Lactobacillus casei* จะมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (Guergoletto และคณะ, 2010) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโพรไบโอติกแบคทีเรียที่ยังมีชีวิตในน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำจะพบว่าในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษา น้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เติมเชื้อ *Lactobacillus casei* ยังคงมีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่มีชีวิตอยู่มากกว่า $10^8$ CFU/ml ในขณะที่น้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เติมเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* มีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่มีชีวิตอยู่มากกว่า $10^6$ CFU/ml จะเห็นได้ว่าน้ำมะละกอสมูทตี้ที่เติมเชื้อ *Lactobacillus casei* มีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ยังมีชีวิตอยู่มากกว่าน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เติมเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* และเมื่อเก็บรักษาน้ำมะละกอสมูทตี้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จะพบว่าน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เติมเชื้อ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* มีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกสูงกว่า $10^6$ CFU/g และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เติมจุลินทรีย์โพรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ สามารถคงสภาพความเป็นผลิตภัณฑ์โปรไบโอติกได้นาน 4 สัปดาห์ แต่อย่างไรก็ตามหากผู้บริโภคบริโภคน้ำมะละกอสมูทตี้พันธุ์แขกดำที่เติมเชื้อ *Lactobacillus casei* ในสัปดาห์ที่ 3 ผู้บริโภคจะได้รับปริมาณเชื้อโพรไบโอติกที่สูงกว่าการบริโภคน้ำมะละกอสมูทตี้ที่เติมเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* จากการตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา พบว่าน้ำมะละกอสมูทตี้ทุกวิธีการทดลองมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure 1B-D) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจวัดได้มีค่าไม่เกินปริมาณจุลินทรีย์ต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (2.4 Log CFU/ml) และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

## สรุปผล

สมูทตี้มะละกอพันธุ์แขกดำที่ผสมเชื้อ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* สามารถคงสภาพความเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกได้นาน 4 สัปดาห์

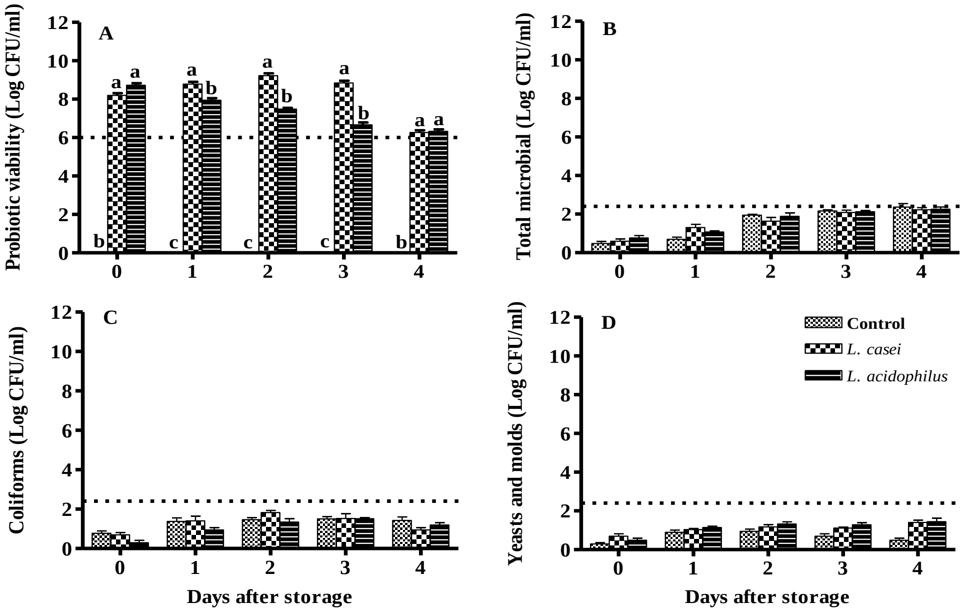



**Figure 1** Probiotic viability (A), total microbial (B), coliforms (C), yeasts and molds of 'Khake Dam' papaya smoothies stored at 4°C for 6 weeks. Dotted line represents that microbial counts were below the detection level.


## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 และขอขอบคุณหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2558


## เอกสารอ้างอิง


กระทรวงสาธารณสุข, 2554, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอาหาร พ.ศ. 2554, ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 128 ตอนพิเศษ 86 ง, หน้า 21-25.

Aguirre, M. and Collins, M.D. 1993. Lactic acid bacteria and human clinical infection. Journal of Applied Bacteriology. 75: 95-107.

Ali, A., Ong, M.K. and Charles, F., 2014, Effect of Ozone Pre-conditioning on Quality and Antioxidant Capacity of Papaya Fruit during Ambient Storage, Food Chemistry, 142: 19–26.

FAO/WHO, 2001, Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria, Cordoba, Argentina: Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization of the United Nations and World Health Organization Expert Consultation Report.

Felis, G.E. and Dellaglio, F., 2007, Taxonomy of Lactobacilli and Bifidobacteria, Current Issues in Intestinal Microbiology, 8: 44-61.

Gebbers, J.O., 2007, Atherosclerosis, Cholesterol, Nutrition, and Statins: A Critical Review, German Medical Science, 5: 1-11.

Guergoletto, K.B., Magnani, M. and Martin, J.S., 2010, Survival of *Lactobacillus casei* (LC-1) Adhered to Prebiotic Vegetal Fibers, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11: 415-421.

Martins, E.M.F., Ramos, A.M., Vanzela, E.S.L., Stringheta, P.C., Pinto, C.L. de O. and Martins, J.M., 2013, Review: Products of Vegetable Origin: A New Alternative for the Consumption of Probiotic Bacteria, Food Research International, 51: 764–770.

Sancho, L.E.G.G., Yahia, E.M. and González-Aguilar, G.A., 2011, Identification and Quantification of Phenols, Carotenoids, and Vitamin C from Papaya (*Carica papaya* L., cv. Maradol) Fruit Determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI, Food Research International, 44: 1284-1291.

Sharma, V. and Mishra, H.N., 2013, Fermentation of Vegetable Juice Mixture by Probiotic Lactic Acid Bacteria, Nutrafoods, 12: 17-22.

Sheehan, V.M., Ross, P. and Fitzgerald, G.F., 2007, Assessing the Acid Tolerance and the Technological Robustness of Probiotic Cultures for Fortification in Fruit Juices, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 8: 279–284.

# การคัดแยกเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสย่อยกากมันสำปะหลัง

# Screening of Cellulolytic Fungi for Cassava Waste Biodegradation

สุทธิดา วิทนาลัย[1] และ ผกามาส งามสง่า[1]

Wittanalai, S.[1] and Ngam-sa-nga, P.[1]

## Abstract

The objective of this study was to screening for cellulolytic fungi from mold bran and mushroom spawn for cassava waste biodegradation. The 13 isolates were obtained by using potato dextrose agar (PDA), potato waste dextrose agar (PWDA) and potato waste agar (PWA) and further investigated for their cellulose degradation by using the carboxyl methyl cellulose agar which pouring with congo red and the clear zone were measured. The result showed that 9 isolates had a capability for cellulose degradation and selected for investigate their cellulase production on cassava waste. The selected isolates were cultivated in cassava waste for 3 days. The results revealed that isolate M1-4, S2-1 and S1-3 produced the highest cellulase activity with 35.11 $\pm$ 2.27, 33.63 $\pm$ 0.61 and 32.54 $\pm$ 0.04 unit, respectively. These isolates were classified based on their morphological characteristics and indicated that isolates M1-4, S2-1 and S1-3 were related to *Neurospora* sp., *Aspergillus* sp. and *Rhizopus* sp. respectively.

**Keywords:** dried cassava waste, cellulase and biodegradation

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการคัดแยกเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยกากมันสำปะหลังแห้ง โดยคัดแยกจากลูกแป้งข้าวหมาก และก้อนเชื้อเห็ดบนอาหารแข็ง potato dextrose agar (PDA), potato waste dextrose agar (PWDA) และ potato waste agar (PWA) ได้เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 13 ไอโซเลท นำเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 13 ไอโซเลท มาทดสอบความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส บนอาหาร carboxy methyl cellulose (CMC) ที่เททับด้วย congo red ได้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการสร้างวงใสทั้งหมด 9 ไอโซเลท คัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวทดสอบการย่อยกากมันสำปะหลังแห้งโดยเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 3 วัน พบว่า ไอโซเลท M1-4, S2-1 และ S1-3 สามารถย่อยกากมันสำปะหลังแห้งได้ดีที่สุด สามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลสได้ 35.11$\pm$ 2.27, 33.63 $\pm$ 0.61 และ 32.54 $\pm$ 0.04 ยูนิต ตามลำดับ จากการจำแนกลักษณะสัณฐานวิทยาของรา พบว่า ไอโซเลท M1-4, S2-1 และ S1-3 มีลักษณะสอดคล้องกับราในกลุ่ม *Neurospora* sp., *Aspergillus* sp. และ *Rhizopus* sp. ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: กากมันสำปะหลังแห้ง เอนไซม์เซลลูเลส การย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์

## คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งมีผลผลิตทางการเกษตรที่ทำรายให้กับประเทศเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามจากการขยายตัวของการผลิตทางภาคการเกษตรภายในประเทศส่งผลให้มีวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก เช่น ซังข้าวโพด ขี้เลื่อย ต้นอ้อย กากอ้อย ฟางข้าว กากมันสำปะหลัง เปลือกผลไม้ และเปลือกไม้ เป็นต้น ซึ่งของเหลือทิ้งทางการเกษตรดังกล่าวส่วนมากมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้จากการย่อยสารประกอบเซลลูโลสด้วยเอนไซม์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ เพื่อให้ได้น้ำตาลที่สามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ และการผลิตในภาคอุตสาหกรรมอื่นๆ เป็นต้น

เซลลูโลสเป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วยกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะบีต้า-1,4 ไกลโคซิดิค พบในสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด เอนไซม์ในกลุ่มเซลลูเลสจะเริ่งปฏิกิริยาการสลายพันธะบีต้า-1,4 ไกลโคซิดิค หากการย่อยสมบูรณ์จะได้น้ำตาลกลูโคสเป็นผลิตภัณฑ์ของการย่อยสลายเซลลูโลส จุลินทรีย์หลายชนิดมีความสามารถในการสร้างเอนไซม์เซลลูเลส ยกตัวอย่างเช่น เชื้อรา ได้แก่ *Aspergillu* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp., *Polyporus* sp.,

[1] หลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 53000

[1] Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Uttaradiy Rajabhat University, Mueang, Uttaradit Province, 53000.

*Rhizoctonia* sp., *Sporotrichum* sp. และ *Zygorhynchus* sp. เป็นต้น แบคทีเรีย เช่น *Cellulomonas* sp., *Bacillus* sp., *Clostridium* sp., *Corynebacterium* sp., *Sporocytophaga* sp. และ *Vibrio* sp. เป็นต้น และ แอคติโนมัยสิท เช่น *Streptomyces* sp., *Micromonospora* sp., และ *Streptosporangium* sp. เป็นต้น (พรเทพ, 2537) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกเชื้อราที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสในการย่อยสลายกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตเป็นน้ำตาลซึ่งเป็นการนำของเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ไม่มีมูลค่ามาใช้ประโยชน์และยังเป็นการลดของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

## อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดแยกเชื้อราและทำให้เชื้อบริสุทธิ์จากตัวอย่างลูกแป้งข้าวหมาก 2 ตัวอย่างและก้อนเชื้อเห็ด 2 ตัวอย่าง ทำการคัดแยกเชื้อราโดยเจือจางตัวอย่าง แล้วเกลี่ยบนอาหาร PDA, PWDA และ PWA จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 4 วัน สังเกตโคโลนีที่เจริญบนอาหารแล้วคัดแยกจนได้เชื้อบริสุทธิ์บนอาหาร PDA ทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อราที่คัดแยกโดยนำมาเพาะเลี้ยงในอาหาร PDB ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นปิเปตสารละลายเชื้อปริมาตร 30 ไมโครลิตร หยดลงในหลุมอาหารวุ้น CMC agar ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร โดยวิธี agar spot บ่มเป็นเวลา 3 วัน แล้วทำการ flood plate ด้วยสารละลาย congo red ความเข้มข้นร้อยละ 1 ให้ท่วมผิวหน้าอาหารและโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นเวลา 15 นาที แล้วเทออก และ flood plate อีกครั้งด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมล เป็นเวลา 15 นาที ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของการเกิดบริเวณใส (clear zone) (เพชรลดาและกำไล. 2556)

นำเชื้อราที่มีความสามารถในการสร้างเอนไซม์เซลลูเลส มาเลี้ยงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีกากมันสำปะหลังแห้ง 15 กรัม $(NH_4)_2SO_4$ 0.07 กรัม นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที และเติมน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วลงไป 30 มิลลิลิตร บ่มเชื้อเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำมาวัดกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส (cellulose activity) โดยสกัดเอนไซม์เซลลูเลสด้วยสารละลายซิเตรตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.05 โมล pH 4.8 ปริมาตร 60 มิลลิลิตร และวัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายกากมันสำปะหลังแห้ง โดยสกัดด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 60 มิลลิลิตร (อารี, 2536) และนำเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลสจากกากมันสำปะหลังได้ดีมาสังเกตเปรียบเทียบการเจริญของโคโลนีร่วมกับสังเกตลักษณะส่วนต่างๆ ของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้เทคนิค slide culture (พรศิลป์. 2546)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การคัดแยกเชื้อราและทำให้เชื้อบริสุทธิ์จากตัวอย่างลูกแป้งข้าวหมาก 2 ตัวอย่างและ ก้อนเชื้อเห็ด 2 ด้วยอาหาร PDA, PWDA และ PWA สามารถคัดแยกจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด 13 ไอโซเลท โดยแยกเชื้อราจากลูกแป้งข้าวหมาก 1 ลูกแป้งข้าวหมาก 2 ก้อนเชื้อเห็ด 1 และก้อนเชื้อเห็ด 2 ได้จำนวน 5, 1, 4 และ 3 ไอโซเลท (ตามลำดับ) อาหารที่คัดแยกเชื้อราได้มากที่สุด คือ PDA ได้เชื้อรา 7 ไอโซเลท รองลงมา คือ PWDA ได้ 4 ไอโซเลท และ PWA ได้ 2 ไอโซเลท เมื่อนำเชื้อราที่คัดแยกได้มาทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์เซลลูเลสโดยสังเกตการเกิดวงใสบนอาหาร CMC agar หลังจากการบ่มเชื้อเป็นเวลา 3 วันแล้วเททับด้วย congo red ผลการทดสอบพบว่าเชื้อราที่มีความสามารถสร้างวงใสได้นั้นมีทั้งหมด 9 ไอโซเลท (Figure 1) ซึ่งเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณวงใสเฉลี่ยของไอโซเลท S1-3 มีขนาดมากที่สุด (57.00 มิลลิเมตร) รองมา คือ ไอโซเลท M1-4 (31.17 มิลลิเมตร) และไอโซเลท S2-1 (18.33 มิลลิเมตร) ตามลำดับ ความสามารถในการสร้างเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อราที่คัดแยกได้มีความแตกต่างกันเนื่องจากความสามารถของจุลินทรีย์ในการใช้สารอาหารโดยเฉพาะแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต จากการศึกษาของ Juhasz et al (2005) เปรียบเทียบแหล่งคาร์บอน ได้แก่ ต้นสนใบสั้น ต้นหลิว และซังข้าวโพดในการเลี้ยงเชื้อ *Trichoderma reesei* RUT C30 พบว่าซังข้าวโพดเป็นแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส รองลงมาคทอ ต้นหลิว และต้นสนใบสั้นตามลำดับ

จากนั้นนำจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลส จำนวน 9 ไอโซเลท มาทดสอบประสิทธิภาพการย่อยเซลลูโลสในกากมันสำปะหลัง ผลการทดสอบการสร้างเอนไซม์เซลลูเลสและปริมาณน้ำตาลกลูโคส (Figure 2) พบว่า ไอโซเลทที่มีค่ากิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลสสูงที่สุด คือ ไอโซเลท M1-4 ซึ่งแยกจากก้อนเห็ด 1 มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ 35.11 ± 2.27 ยูนิต มีปริมาณน้ำตาลกลูโคส 0.82 ± 0.05 โมล รองลงมา คือ ไอโซเลท S2-1 ซึ่งแยกได้จากลูกแป้งข้าวหมาก 2 มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ 33.63 ± 0.61 ยูนิต มีปริมาณน้ำตาลกลูโคส 0.77 ± 0.01 โมล และ ไอโซเลท S1-3 ซึ่งแยกได้จากลูกแป้ง

ข้าวหมาก 1 มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ 32.54 ± 0.40 ยูนิต มีปริมาณน้ำตาลกลูโคส 0.73 ± 0.01 โมล จากการตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่า ไอโซเลท M1-4 , S2-1 และ S1-3 มีลักษณะสอดคล้องกับเชื้อรากลุ่ม *Neurospora* sp., *Aspergillus* sp. และ *Rhizopus* sp. ตามลำดับ ซึ่งมีรายงานว่า เชื้อรากลุ่มดังกล่าวมีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและมีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมสีย้อม การผลิตกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และใช้เป็นหัวเชื้อในอาหารหมัก เป็นต้น (จารุวรรณ, 2553; ภัสจนันท์ และคณะ, 2553)

## สรุปผล

จากการคัดแยกเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยกากมันสำปะหลังแห้ง จากลูกแป้งข้าวหมาก และก้อนเชื้อเห็ดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ 3 ชนิด ได้เชื้อราทั้งหมด 13 ไอโซเลท ซึ่งเป็นเชื้อราที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้จำนวน 9 ไอโซเลท โดยทดสอบความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส บนอาหาร CMC agar และเมื่อนำเชื้อราที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสมาทดสอบการย่อยกากมันสำปะหลังแห้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง พบว่า ไอโซเลท M1-4 ซึ่งมีสัณฐานวิทยาสอดคล้องกับเชื้อรากลุ่ม *Neurospora* sp., สามารถย่อยกากมันสำปะหลังแห้งได้ดีที่สุดหลังจากบ่มเป็นเวลา 3 วัน โดยสามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลสได้ 35.11 ± 2.27 ยูนิต และได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคส 0.82 ± 0.05 โมล ซึ่งน้ำตาลที่ผลิตได้จากการย่อยกากมันสำปะหลังแห้งนั้นสามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมพลังงานและอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้ต่อไป

## คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ขอขอบคุณโรงงานแป้งมันกาญจนชัย จำกัด จังหวัดอุตรดิตถ์ที่อนุเคราะห์ กากมันสำปะหลังแห้งในงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ ฉัตรทอง, 2553, การสกัดสีจาก *Neurospora* sp., วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพฯ.

เพชรลดา ปั้นหยา และกำไล เลาห์พัฒนาเลิศ, 2556, การคัดกรองและทำการคัดแยกจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์เซลลูเลส อะไมเลส และเพคติเนส จากกากมันสำปะหลังสด, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยรังสิตประจำปี 2556.

พรเทพ ถนนแก้ว, 2537, ภาวะเหมาะสมของการผลิตเซลลูเลสจากเชื้อราที่คัดแยกจากบริเวณปลูกป่าศรนารายณ์ Agave sisalana Perrine, วิทยานิพนธ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พรศิลป์ มณีฉาย, 2546, การแยกเชื้อรา, ภาควิชาโรคพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตร, กรุงเทพฯ.

ภัสจนันท์ หิรัญ อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2553, การยับยั้งเชื้อรา*Aspergillus* spp. โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลูและอบเชย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 21-24.

อารี กังแฮ, 2536, การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและไซลาเนสจากวัสดุเศษเหลือโรงงานน้ำมันปาล์มโดยเชื้อ *Aspergillus niger* ATCC 6275, วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

Juhasz, T., Szengyel, Z., Reczey, K., Suka-Aho, M. and Viikari, L., 2005, Characterizayion of Cellulases and Hemicellulases Produced by *Trichoderma reeseio* on Various Carbon Sources, Process Biochemistry. 65(8): 3519-3525.

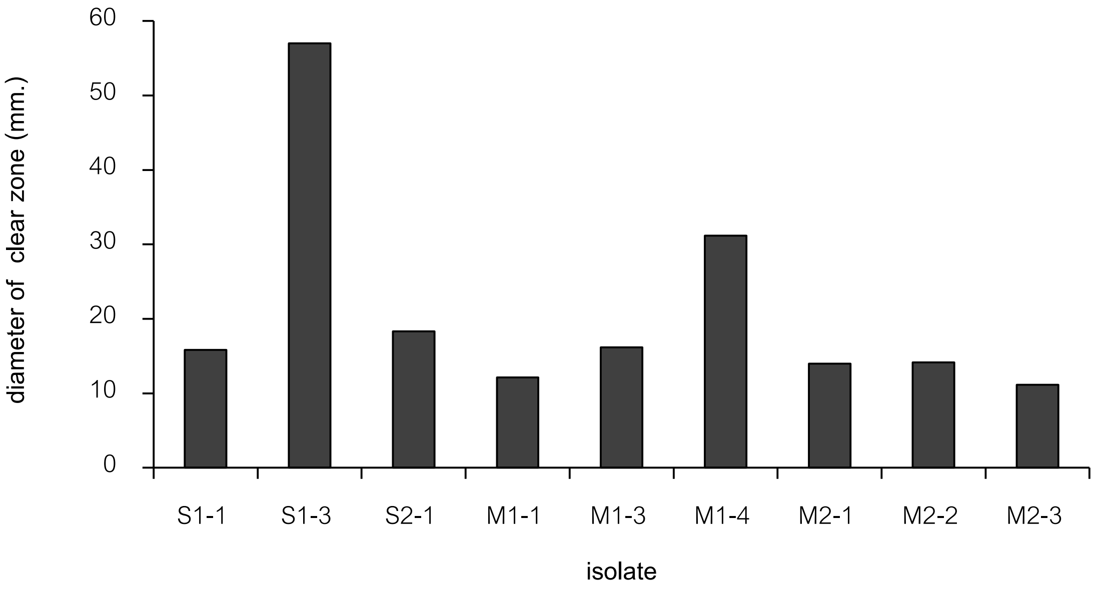



**Figure 1** Clear zone diameter on CMC agar plates (mm.) of fungal isolates

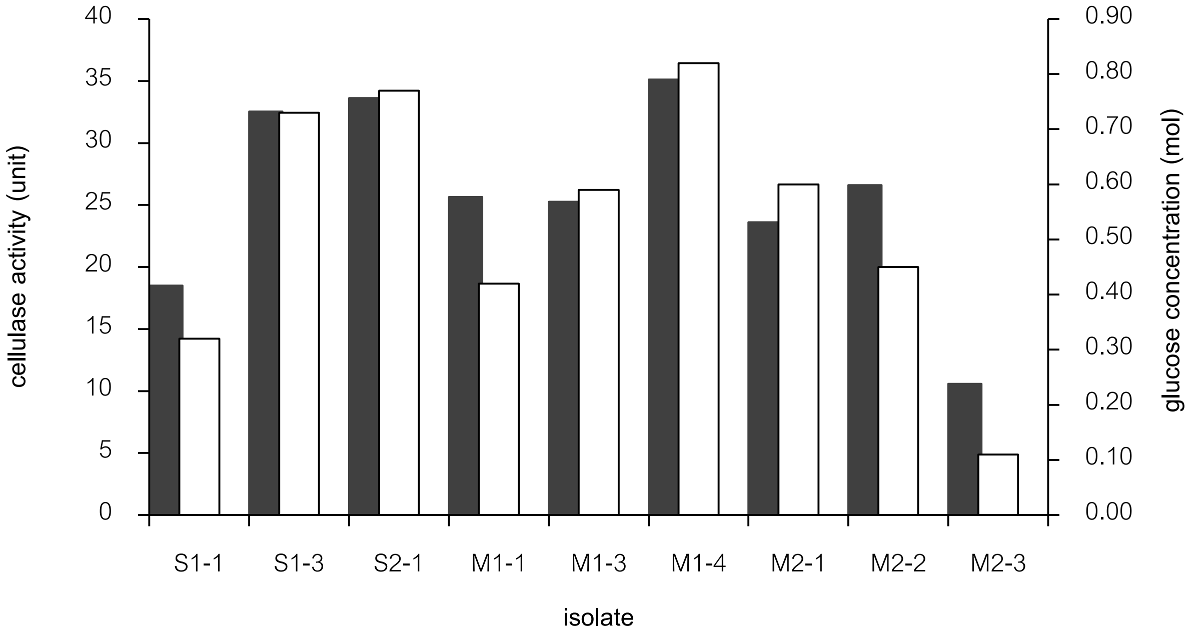



**Figure 2** Cellulase activities and glucose concentration of fungal isolates cultivated on cassava waste for 3 days

# โปรตีนสกัดจากถั่วชิกพีและการประยุกต์ใช้ในเครื่องดื่มโปรตีนฟังก์ชันนัล

## Isolated Chickpea Protein and Its Applications in Functional Protein Drinks

**สุภาภรณ์ เลขวัต[1] อุบลวรรณา ศรีมงคลลักษณ์[2] และ มณีรัตน์ มีพลอย[3]**

Lekhavat, S.[1], Srimongkolluck, U.[2] and Meeploy, M.[3]

### Abstract

Isolated protein from Chickpea, ICCV 95333 (Kabuli), was prepared by alkaline extraction technique using sodium hydroxide and the protein was then entrapped in calcium-alginate bead. Firstly, 2 % w/v alginate-containing mix consisting of sodium alginate, gum arabic and isolated pea protein at a ratio of 1:0.5:0.5 was prepared. The mix solution then was gelled by being dropped into 0.1 M calcium chloride in order to achieve protein gel bead. After that, three types of drinks, namely, green tea, chrysanthemum tea and apple juice, which was used as drink based, were mixed with 1% protein gel bead to develop Chickpea protein drinks. The results showed that all three developed drinks has protein content, phenolic compound and $EC_{50}$ in the range of 4.7-8.8 %, 20.7-48.3 and 0.36-3.27 mg/ml, respectively. In summary, protein drink in chrysanthemum tea based has a great potential to further develop in commercial scale as it has high antioxidant properties and is acceptable taste.

**Keywords:** Chickpea, isolated protein, functional drink

### บทคัดย่อ

โปรตีนสกัดจากถั่วชิกพีสายพันธุ์ ICCV 95333 (Kabuli) เตรียมโดยการสกัดด้วยเทคนิคการย่อยด้วยด่างซึ่งใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โปรตีนที่ได้จะถูกเก็บไว้ในรูปแคลเซียม-อัลจิเนตเจลบีด โดยในขั้นแรกจะเตรียมสารละลายผสมอัลจิเนตความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ที่ประกอบด้วยโซเดียมอัลจิเนต กัมอะราบิก และโปรตีนถั่วสกัดในอัตราส่วน 1:0.5:0.5 และทำการสร้างเม็ดบีดโดยการทำหยดสารละลายผสมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.1 โมลาร์ หลังจากนั้นทำการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มโปรตีนถั่วชิกพี 3 ชนิดได้แก่ ชาเขียว ชาดอกเก็กฮวย และน้ำแอปเปิล โดยผสมเม็ดโปรตีน 1 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าเครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณโปรตีน สารประกอบฟีนอลิค และค่า $EC_{50}$ อยู่ในช่วง 4.7-8.8%, 20.7-48.3 และ 0.36-3.27 มก./มล. ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าเครื่องดื่มโปรตีนในชาเก็กฮวยมีศักยภาพที่ดีในการนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากมีค่าการต้านอนุมูลสูงและมีรสชาติที่ดี

**คำสำคัญ**: ถั่วชิกพี โปรตีนสกัด เครื่องดื่มฟังก์ชันนัล

### คำนำ

พืชที่เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ ได้แก่ ถั่วเมล็ดแห้ง ซึ่งมีโปรตีนที่มีคุณภาพดีพอสมควร และมีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์ นอกจากถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง ซึ่งนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ แล้วยังมีถั่วพื้นเมืองชนิดอื่นๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเช่นกันได้แก่ ถั่วชิกพีหรือถั่วหัวช้าง ถั่วมะแฮะ และถั่วพุ่ม เป็นต้น ถั่วชิกพีซึ่งเป็นถั่วเมล็ดแห้งที่มีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง มีไขมันต่ำ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cicer arietinum* L. จัดอยู่ในวงศ์ (family) Fabaceae ถั่วหัวช้างมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และจากการศึกษาของ Ahmenda และ คณะ (1999) พบว่าโปรตีนที่แยกได้จากถั่วหัวช้างด้วยวิธีการตกตะกอนโปรตีนที่จุดไอโซอิเลคทริค (isoelectric precipitation) มีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่ถึง 73-82% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถั่วหัวช้างเป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพ สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้เป็นอย่างดี งานวิจัยนี้จึง

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[1] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

[2] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[2] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

[3] ฝ่ายเทคโนโลยีเกษตร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[3] Agricultural Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

มุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเสริมโปรตีนจากถั่วชิกพี ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีประโยชน์และมีคุณค่าทางอาหาร โดยทำการสกัดโปรตีนจากถั่วและกักเก็บในรูปของเจลบีดและใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่มเสริมโปรตีน

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมโปรตีนสกัดจากถั่วชิกพีด้วยเทคนิคการย่อยด้วยด่างซึ่งใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ และ (Figure 1) เตรียมเม็ดโปรตีนในรูปแคลเซียม-อัลจิเนตเจลบีดด้วยเครื่อง Encapsulator (Figure 2) โดยเตรียมสารละลายผสมอัลจิเนตความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ที่ประกอบด้วยโซเดียมอัลจิเนต กัมอะราบิก และโปรตีนถั่วสกัดในอัตราส่วน 1:0.5:0.5 และทำการสร้างเม็ดเจลบีดโดยการทำหยดสารละลายผสมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.1 โมลาร์

เตรียมน้ำชาเขียวและชาเก็กฮวยโดยชั่งดอกเก็กฮวยผงหรือใบชาเขียว 4 กรัม ในถุงชงชา แช่ในน้ำร้อน 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที กวนผสมเป็นระยะๆ จากนั้นแยกส่วนน้ำเก็กฮวยและชาสกัดเข้มข้นเพื่อนำไปเตรียมเครื่องดื่ม เตรียมน้ำผลไม้โดยใช้น้ำแอปเปิลเข้มข้น มาทำการเจือจางด้วยน้ำสะอาดจนมีความเข้มข้นโดยประมาณร้อยละ 25 ผสมโปรตีนเจลบีดที่เตรียมในอัตราส่วนร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในน้ำชาเขียว ชาเก็กฮวย และน้ำแอปเปิลตามลำดับ (Table 1)

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าปริมาณร้อยละกรดในรูปกรดซิตริก ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณโปรตีน สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Wong และ Chye, 2009) และค่าการต้านทางอนุมูลอิสระ (Miliauskas และคณะ, 2004) ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส บันทึกผลและวิเคราะห์ผล

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ค่าโปรตีนในเม็ดเจลที่เตรียมจากสารละลายเข้มข้นร้อยละ 2 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 19.3 ผลจากการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มชาสมุนไพร 2 สูตร ได้แก่ เครื่องดื่มชาเขียว และเครื่องดื่มเก็กฮวย และเครื่องดื่มน้ำแอปเปิล พบว่าค่าปริมาณของแข็งอยู่ในช่วง 6-15 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 3.9-5.9 โดยน้ำแอปเปิลมีค่าปริมาณของแข็งมากที่สุดเท่ากับ 14.6 มีค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยที่สุดเท่ากับ 3.95 และเมื่อนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้งสามมาทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ค่าการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และปริมาณสารประกอบฟีโนลิค พบว่ามีค่าโปรตีนในช่วงร้อยละ 4.7-8.8 ค่าการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) $EC_{50}$ ในช่วง 0.36-3.27 มก./มล. และปริมาณสารประกอบฟีโนลิค ในช่วง 20.7-48.3 มก./มล. ตามลำดับ (Table 2) โดยที่น้ำเก็กฮวยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและมีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ซึ่งเมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบสอบถามความชอบแบบ 7 ระดับคะแนน (7-point hedonic scale) จากผู้ทดสอบชิม 25 คน พบว่า คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะต่างๆ อยู่ในช่วง 5.5 – 6.2 ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง

## สรุปผล

โปรตีนสกัดจากถั่วชิกพีถูกนำมาเตรียมนรูปแคลเซียม-อัลจิเนตเจลบีด มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 19.3 เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจำนวน 3 ชนิดที่ทำการพัฒนาสูตร ได้แก่ น้ำชาเขียว น้ำเก๊กฮวย และน้ำแอปเปิล ซึ่งมีส่วนผสมของเม็ดโปรตีนเจลบีดร้อยละ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าเครื่องดื่มเก็กฮวยผสมโปรตีนบีดมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาต่อในเชิงพาณิชย์เนื่องจากมีปริมาณสารชีวภาพและปริมาณโปรตีนที่สูงเมื่อเทียบกับเครื่องดื่มอีกสองรสชาติ และได้รับคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงปานกลางจากผู้ทดสอบชิมจำนวน 25 คน

## เอกสารอ้างอิง

A.O.A.C., 2000, Official Methods of Analysis, 17$^{th}$ed. The Association of Analytical Chemists Arlington, Virginia.

Ahmenda, M., Prinyawiwatkul, W. and Rao, R., 1999, Solubilized Wheat Protein Isolate: Functional Properties and Potential Food Applications, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 1340-1435.

Miliauskas, G., Venskutonis, P.R. and van Beek, T.A., 2004, Screening of Radical Scavenging Activity of Some Medicinal and Aromatic Plant Extracts, Food Chemistry, 85(2): 231-237.

Wong, J.Y. and Chye, F.Y., 2009, Antioxidant Properties of Selected Tropical Wild Edible Mushrooms, Journal of Food Composition and Analysis, 22: 269-277

(a) Chickpea ICCV 95333 (Kabuli)

(b) Isolated protein from Chickpea

**Figure 1** Isolated protein from Chickpea (a) Chickpea ICCV 95333 (Kabuli) and (b) Isolated protein from Chickpea

**Figure 2** Encapsulator

**Table 1** Formula of 3 developed protein drinks: Green tea, Chrysanthemum and Apple

| Ingredients | Weight (%) | | |
|---|---|---|---|
| | Green tea | Chrysanthemum | Apple |
| Juice concentrates | 18.45 | 18.45 | 18.45 |
| Water | 72.5 | 72.5 | 79.5 |
| Xanthan gum | 1 | 1 | 1 |
| Fructose | 7 | 7 | |
| Protein gel bead | 1 | 1 | 1 |
| Total | 100 | 100 | 100 |

**Table 2** physical and chemical properties and sensory evaluation of the developed protein drinks

| Physical and chemical properties | Green tea | Chrysanthemum | Apple |
|---|---|---|---|
| Total solid ($^{o}$Brix) | 6.3 | 6.8 | 14.6 |
| pH | 5.86 | 5.37 | 3.95 |
| Total phenolic contents (mg./ml.) | 20.71 | 73.10 | 48.34 |
| Radical scavenging activity (DPPH, $EC_{50}$) | 1.27 | 0.36 | 3.27 |
| Protein content (%) | 6.3 | 6.8 | 14.6 |
| Attribute scores | | | |
| Color | 5.68$^{b}$ | 5.54$^{b}$ | 6.23$^{a}$ |
| Appearance$^{ns}$ | 5.68 | 5.73 | 6.09 |
| Odor$^{ns}$ | 5.91 | 5.59 | 5.73 |
| taste$^{ns}$ | 5.95 | 6.09 | 5.54 |
| Overall liking$^{ns}$ | 6.04 | 5.82 | 5.82 |

Different letter (a,b,c) in the same row showed significant difference (P<0.05)

ns, not significant

# ศักยภาพในการป้องกันโรคเบาหวานของสารสกัดที่ได้จากถั่ว 3 ชนิดที่ผ่านกระบวนการงอก

## Preventive Potential of Extract from Germinated Three Beans against Diabetes

ภัสจนันท์ หิรัญ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Hiran, P.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

### Abstract

Dietary fiber (non-soluble and soluble), β-glucan, glycemic index (GI) and α-glucosidase inhibitor were investigated from germinated soybean, mung bean and red kidney bean compared with non-germinated beans. Although, all germinated beans had greater dietary fiber and β-glucan than non-germinated beans, the beans resulted in reduced glycemic index (GI). Moreover, three germinated beans could inhibit enzyme α-glucosidase (82.72, 90.25 and 97.08 % inhibition, respectively), compared with non-germinated beans. These results indicated that highest dietary fiber and β-glucan in germinated soy bean, mung bean and kidney bean might contribute to the α-glucosidase inhibitor and could be possible for diabetes patient.

**Keywords:** soy bean, mung beans, kidney bean, β-glucan, glycemic index

### บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเส้นใยอาหารในรูปที่ละลายน้ำ (soluble) และไม่ละลายน้ำ (insoluble) ปริมาณเบต้า-กลูแคน (β-glucan) ดัชนีชี้วัดน้ำตาล (GI) รวมถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส (α-glucosidase) ของถั่วเหลือง ถั่วเขียวและถั่วแดง ที่ผ่านกระบวนการงอก พบว่าถั่วทั้ง 3 ชนิดที่ผ่านกระบวนการงอกมีปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำและปริมาณเบต้า-กลูแคนสูงขึ้น ดัชนีชี้วัดน้ำตาลมีปริมาณลดลง อย่างไรก็ตามสารสกัดจากถั่วทั้ง 3 ชนิดที่ผ่านกระบวนการงอกมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส (α-glucosidase) สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วทั้งสามชนิดที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการงอก (โดยมีค่าการยับยั้ง เท่ากับ ร้อยละ 82.72 90.25 และ 97.08 ตามลำดับ) การทดลองแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของเส้นใยอาหารและปริมาณเบต้า-กลูแคนในถั่วเหลือง ถั่วเขียวและถั่วแดงที่ผ่านกระบวนการงอกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสและอาจมีศักยภาพนำมาใช้สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน

**คำสำคัญ**: ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดง เบต้า-กลูแคน ดัชนีชี้วัดน้ำตาล

### Introduction

Non-insulin-dependent diabetes mellitus or Type 2 diabetes affects approximately 150 million people worldwide (Fernandez-Orozco *et al*., 2008). Postprandial hyperglycaemia is a primary risk factor in the development of Type 2 diabetes. α-glucosidase inhibitors that reduce postprandial hyperglycaemia are the key role in the treatment of Type 2 pre-diabetic states and also have the potential to reduce the progression of diabetes (Holman, 1998). A recent study showed that risk for Type 2 diabetes mellitus was decreased with consumption of whole grains. Beans provide the human health benefits and intake of essential phytochemicals in the cereals is significantly associated with reduced risk of cardiovascular disease, Type II diabetes, and some cancers (Holman, 1998). Seed germination is achieved by soaking the whole kernel of cereals in water until its embryo begins to emergence. During the process of germination, the chemical compositions of the cereal change drastically, because the biochemical activity produces essential compounds and energy, for the formation of the seed growth. In this work, the aims are to Improvement the percentage inhibition of α-glucosidase with increasing antioxidant activities of germinated three beans (soybean, mung bean and red kidney bean) by germination process.

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technolhy, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Bangkhuntein, Bangkok 10150

Beans are commonly consumed by people who are living in Asian countries due to their abundant nutrients, such as proteins, lipids, vitamins and fiber. However, the original content of some functional compounds are very low. Various reports indicate that there are not enough for people to meet nutritional needs and for manufacturer to produce functional products and dietary supplements by directly using the raw (non-germinated) beans as food materials for consumption. Germination process is an economical and effective technology that can produce, break down macromolecules, enhance digestibility, increase nutritive and functional values such as protein, dietary fiber, β-glucan and reduced glycemic index (Fernandez-Orozco *et al*., 2008). The increase of dietary fiber and β-glucan may affect to enzyme α-glucosidase. The aims of this present study were to monitor the chemical compositions, dietary fiber, β-glucan and α-glucosidase inhibition properties of germinated soybean, mung bean and kidney bean compared to the non-germinated beans.

## Materials and Methods

**Beans sample**: beans; soy bean, mung bean and kidney bean were purchased from Marketing Organization for Farmers, Bangkok, Thailand. The seeds were cleaned by removing the dirt and then dried to a moisture level about 10%. The dried samples were kept in a refrigerator (11±1°C) prior used.

**Germinated maize preparation**: One kilogram of dried bean seeds was steeped in distilled water in water bath at 40°C for 12 h. After that, distilled water was drained at the end of soaking. The steeped bean was then incubated on nylon net and place in plastic box under room temperature. The germinated seeds were dried, milled and passed through a sieve of 0.8 mm. The germinated beans were stored in darkness under vacuum conditions in desiccators at 4°C.

**Determination of proximate composition**: Moisture, crude protein, fat, crude fibre, carbohydrates and total ash were determined using Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2002).

**Determination of Dietary fiber**: Weigh 1-gram samples of each material to be tested into tall form beakers. Add 50 ml of pH 6.0 phosphate buffer to each beaker, 0.10 ml α-Amylase. Agitate beakers gently at 5 minute intervals. Incubate for 15 minutes 95 °C. Immediately before use, make a 50 mg/ml solution of Protease in phosphate buffer. Add 0.1 ml of Amyloglucosidase. Filtration Wet and redistribute the bed of Celite in each crucible using 78% ethanol. Analyse the residues from two samples and two blanks for protein by Kjeldahl nitrogen analysis as specified in the AOAC procedure. Use 6.25 as the factor to convert ammonia determined in the analysis to protein except where nitrogen content in the protein sample is known. Ash residue was determined in the crucibles from two samples and two blanks for 5 hours at 525 °C. Cool in desiccator, weigh to nearest 0.1 mg and record this weight as "Ash + Celite + Crucible Weight.

**α-Glucosidase inhibitory assay**: The initial concentration of the enzyme solution was 0.444 Unit/ml in a sodium acetate buffer (pH 4.5) and the initial concentration of the substrate solution was 4.44 mM in the same sodium acetate buffer. The enzyme solution (45 μl/microtitre plate well) was mixed with the samples in a clear 96-well microplate and the reaction was started by addition of substrate solution (45 μl/ well). The plates were incubated at 37°C for 30 min after shaking and the reaction was stopped by addition of 0.2 M $Na_2CO_3$ (100 μl/ well). Enzyme inhibition was determined by the absorbance of 4-nitrophenol (product) at 405 nm, as measured with a microplate reader (Wallac Victor 2 1420 Multilabel Counter). Background absorbance was determined using a non-enzyme control microplate containing the sodium acetate buffer (45 μl/well) and was subtracted from the absorbance of samples and controls.

## Results and Discussion

The chemical changes of germinated three beans are presented in Table 1. There were significant increased in crude protein of germinated three beans, which could be due to the fact that, during germination process, several enzymes were activated and some non-protein nitrogen substances, such as nucleic acids were produced; resulting an increase of protein levels (Traore *et al*., 2004). However, no significant difference was observed in the level of available crude fat, crude fibre and ash of the three germinated bean samples.

Dietary fiber and β-glucan are presented in Fig. 1 and Fig. 2. Germinated soy bean, mung bean and kidney bean contained the high amount of dietary fiber (44.16, 39.71 and 54.62 g/100g, respectively) than non-germinated beans. For β-glucan, their values were increase during germination (1.56, 1.82 and 1.83 mg/100g, respectively). It has been reported that germination could make the bean having more chemical compounds than that in non-geminated beans (Fernandez-Orozco *et al*., 2008). The increase in dietary fiber and β-glucan could affect to enzyme α-glucosidase activities because of dietary fiber dose likely to retard glucose absorption. However, the anti-α-glucosidase activities of all germinated beans showed a great α-glucosidase inhibitory activity compared with the non-germinated beans. The percentage inhibition ranged from 53.53% to 92.85% in germinated beans. The highest anti α-glucosidase activity was observed in germinated kidney bean (Fig. 4). In this studies, beans were demonstrated that germination could improve nutritional, dietary fiber β-glucan and reduces glycemic index level in germinated three beans compared with non-germinated three beams (Fig. 3) which could be valuable data for treatment against diabetes (Lee and Lee, 2011).

## Literature cited

Official Methods of Analysis of AOAC International,16$^{th}$ Edition, Volume II, Section 45.4.07, Method 985.29 (2002).

Fernandez-Orozco, F., Frias, J., Zielinski, H., Piskula, M.K., Kozlowski, H. and Vidal- Valverde, C., 2008, Kinetic Study of the Antioxidant Compounds and Antioxidant Capacity during Germination of *Vigna radiata* cv.emmerald, Glycine max cv. Jutro and Glycine max cv.merit. Food Chemistry, 111: 622–630.

Holman, E.S., 1995, NIDDM – The Devastating Disease, Diabetes Research and Clinical Practice, 28: S3–S11.

Lee, D.S. and Lee, S.H., 2001, Genistein, A Soy Isoflavone, is A Potential α-glucosidase Inhibitor, FEBS Letters, 501: 84-86.

Traore, T., Icard, V. and Treche, S., 2004, Changes in Nutrient Composition, Phytate and Cyanide Contents and Alpha-amylase Activity during Cereal Malting in Small Production Units in Ouagadougou (Burkina Faso), Food Chemistry, 88(1): 105-114.

**Table 1** Chemicals compositions of non-germinated and germinated soybean mung bean and kidney bean.

| | | % (dry basis) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Protein | Fat | Fiber | Ash | Carbohydrate |
| soybean | Non-germination | 40.54±0.58 | 23.11±0.66 | 1.12±0.08 | 1.78±0.17 | 34.57±0.84 |
| | germination | 42.78±0.71 | 20.27±0.43 | 1.28±0.05 | 1.66±0.02 | 35.34±5.29 |
| mung bean | Non-germination | 24.79±0.53 | 3.04±0.09 | 1.88±0.26 | 1.70±0.13 | 70.47±3.20 |
| | germination | 28.03±0.26 | 2.79±0.08 | 1.92±0.20 | 1.56±0.30 | 67,62±4.60 |
| kidney bean | Non-germination | 18.41±0.36 | 1.93±0.10 | 3.70±0.51 | 1.82±0.38 | 75.96±2.10 |
| | germination | 21.68±0.65 | 1.86±0.07 | 3.81±0.04 | 1.76±0.06 | 74.70±6.41 |

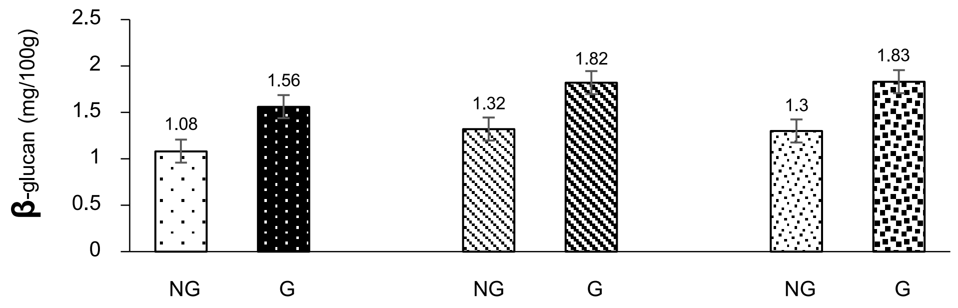



Figure 1 Dietary fiber contents of non-germinated and germinated soybean, mung bean and kidney bean.

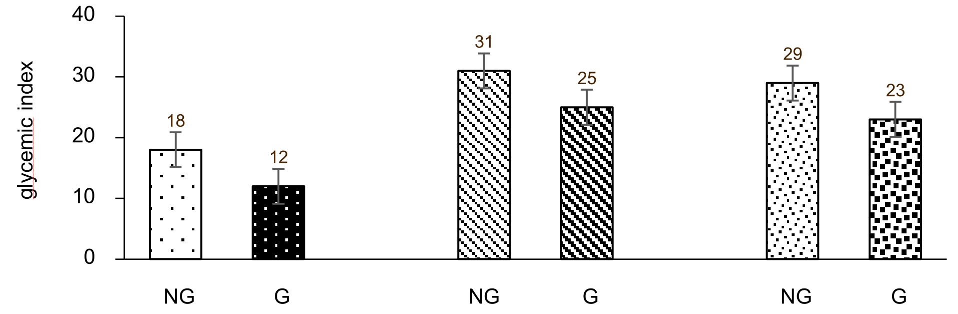



Figure 2 β-glucan of non-germinated and germinated soybean, mung bean and kidney bean.

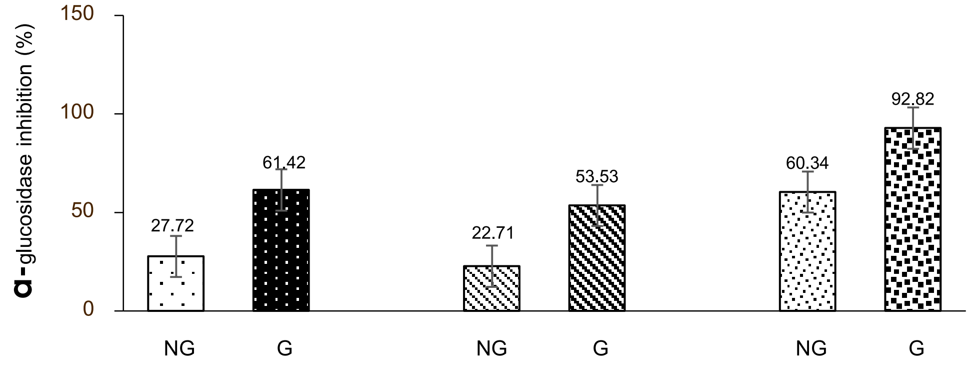



Figure 3 glycemic index of non-germinated and germinated soybean mung bean and kidney bean

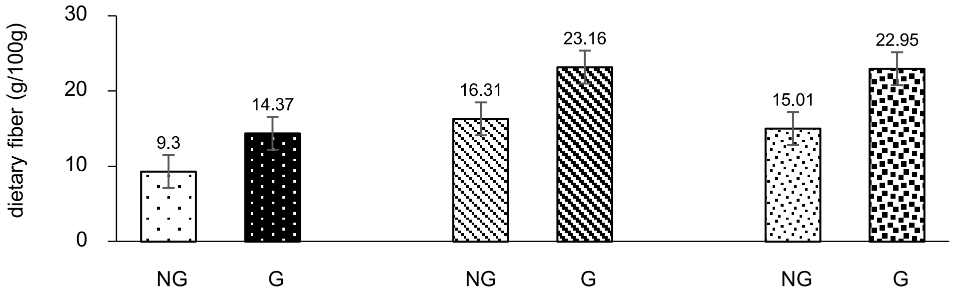



Figure 4 α-glucosidase inhibition of non-germinated and germinated soybean, mung bean and kidney bean.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 141-144 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 141-144 (2558)

# สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของพอลิแซคคาไรด์จาก *Ulva intestinalis* โดยการสกัดแบบลำดับขั้น

## Sequential Extraction and Antioxidant Activity of Sulfated Polysaccharide from *Ulva intestinalis*

นภัสสร เพียสุระ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Peasura, N.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Sulfated polysaccharides from *Ulva intestinalis* were extracted by using 2 sequential extraction methods (0.1N HCl or 0.1N NaOH for 1h, followed by water for 6h at 80°C, respectively). Results indicated that sulfated polysaccharides extracted with 0.1N NaOH followed by water consisted of 0.98% total sugar, 1.47% sulfate, 0.087% protein, and degree of substitution of 2.39. Sulfated polysaccharides extracted with 0.1N HCl followed by water consisted of total sugars, sulfate content, protein content, and degree of substitution of 0.57%, 1.18%, 0.15% and 1.93, respectively. Sulfated polysaccharide extracted with 0.1N NaOH followed by water had high sulfate content (3.47%) and antioxidant activities by 2, 2- diphenyl-1-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) and 2, 2-azinobis-3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonic acid radicals ($ABTS^{\bullet+}$) of 60 and 73%, respectively. Moreover, degree of substitution of sulfate in sulfated polysaccharide increased with increasing antioxidant activities.

**Keywords:** *Ulva intestinalis*, sequential extraction, antioxidant activity

บทคัดย่อ

พอลิแซคคาไรด์จากสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*) นำมาสกัดแบบลำดับขั้น 2 วิธี (สกัดด้วย 0.1N HCl หรือ 0.1N NaOH เวลา 1 ชั่วโมง และ สกัดต่อด้วยน้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง อุณหภูมิ 80°C ตามลำดับ) พบว่าพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดด้วยด่างความเข้มข้น 0.1N สกัดต่อด้วยน้ำ มีปริมาณน้ำตาล 0.98% ปริมาณซัลเฟต 1.47% ปริมาณโปรตีน 0.087% และมีระดับการแทนที่ของหมู่ซัลเฟต 2.39 ส่วนการสกัดด้วยกรดความเข้มข้น 0.1N สกัดต่อด้วยน้ำ มีปริมาณน้ำตาล ปริมาณซัลเฟต ปริมาณโปรตีน และ ระดับการแทนที่ของหมู่ซัลเฟต เท่ากับ 0.57%, 1.18%, 0.15% และ 1.93 ตามลำดับ พอลิแซคคาไรด์สกัดด้วยด่างความเข้มข้น 0.1N และสกัดต่อด้วยน้ำ มีปริมาณซัลเฟตสูง (3.47%) มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) และ 2, 2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfinic acid) ($ABTS^{\bullet+}$) คือ 60 และ 73% ตามลำดับนอกจากนั้น เมื่อระดับการแทนที่ของหมู่ซัลเฟตเพิ่มขึ้น ทำให้มีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงขึ้น

**คำสำคัญ:** *Ulva intestinalis* การสกัดแบบลำดับขั้น ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

## Introduction

In recent decades, sulfated polysaccharides isolated from various sources (animals, plants and microorganisms) have found a wide range of applications in food, cosmetic and pharmaceutical industries because of their broad spectrum of biological activities and relatively low toxicity (Fleita *et al*., 2015). Among them, seaweed represents one of the richest sources of bioactive compounds (Mohsin *et al*., 2014). One particularly interesting feature of seaweed is its richness in sulfated polysaccharides (Renn *et al*., 1997). *Ulva intestinalis*, green seaweed, is a rich source of sulfated polysaccharides which exhibited various beneficial biological activities such as anticoagulation, antivirus, anti-tumor, anti-inflammation, and antioxidant (Fleita *et al*., 2015). Their activity depends on several structural parameters, sulfate content and degree of sulfation (Jiao *et al*., 2010). Potent antioxidant activities were also demonstrated by extraction methods. The extraction conditions may allow the recovery of bioactive compounds with different composition of sulfated

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล ท่าข้าม ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1] School of Bioresources and Technology King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Moo 8 Thakham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

polysaccharide from *U. intestinalis*. Sequential extraction of sulfated polysaccharides have been investigated for the purpose of enhancing their activity. In this study, the antioxidant activities of the sulfated polysaccharide was evaluated using two assays; DPPH$^{\bullet}$ and ABTS$^{\bullet+}$radical scavenging.

## Materials and Methods

Ground green seaweed (10g) was extracted with 0.1N hydrochloric acid for 1 h at 80°C. The seaweed residue was then sequentially extracted with water for 6 h at 80°C. For alkaline extraction, seaweed powder were extracted with 0.1N NaOH for 1 h at 80°C. The residue was extracted once more with water for 6h at 80°C. The mass/volume ratio of seaweed and solvent was 1:20. Both extracts were separately centrifuged at 12,000g for 15 min, and the supernatant was collected. The supernatant was precipitated with three fold of the volume of 95% ethanol (v/v) for precipitation overnight. The later precipitate from acid and alkaline sequential extraction was centrifuged to obtain sulfated polysaccharide which was further investigated total sugar by phenol-sulfuric method (Dubois *et al*., 1956). Sulfate content of sulfated polysaccharide was analyzed with barium chloride–gelatin method of Cong *et al*. (2003). Protein content was estimated by the Lowry method (Lowry *et al*., 1951). The antioxidant activity was evaluated by 2, 2-diphenyl- 1-picrylhydrazyl (DPPH$^{\bullet}$) (Duan *et al*., 2006) and azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid diammoniumsalt) (ABTS$^{\bullet+}$) (Ree *et al*., 1999). All analysis were conducted using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications.

## Results and Discussion

Sulfated polysaccharides from acid sequential extraction (0.1N HCl for 1h followed by water for 6h at 80°C) had the lowest total sugar (0.57%). Results showed that the highest total sugar of sulfated polysaccharide was 0.98% from alkaline sequential extraction (0.1N NaOH for 1h followed by water for 6h at 80°C) (Table1). This response indicated that glycosidic bond in the sulfated polysaccharide chain could be hydrolysed by acid more readily than by alkaline extraction. Thus, it showed that acid extraction degraded the carbohydrate chain backbone structure of the sulfated polysaccharides resulting in small chain sulfated polysaccharide and consequently coupled with loss of sulfated polysaccharide during acid extraction (Sun *et al*., 2011). In addition sulfated polysaccharide from alkaline sequential extraction had the highest sulfate content (1.45%). Moreover, acid sequential extraction gave the lowest sulfate at 1.18%. This could be explained by the fact that the ester linkages between the polysaccharide chain and the sulfate group were not easily cleaved by alkaline extraction (Anvar and Mazza, 2009). However, sulfate increased with increasing degree of sulfation which designated the average number of sulfonyl groups on each sugar-residue (Zhang *et al*., 2010). The amount of protein in sulfated polysaccharide extracted with alkaline and acid sequential extraction was low (0.08 to 0.15%). It was possible that solvent extraction could reduce protein contamination in sulfated polysaccharide. The strongest ABTS$^{\cdot+}$ radical scavenging based on electron transfer mechanism (Nenadis *et al*., 2004) was found in sulfated polysaccharide from *U. intestinalis* extracted with alkaline and acid sequential extraction (73.02 and 62.01%, respectively) (Figure 1). ABTS$^{\cdot+}$ radical scavenging activity was slightly higher than DPPH$^{\cdot}$ radical scavenging activity of sulfated polysaccharide extracted with alkaline and acid sequential extraction (60.01 and 54.03 % respectively). It indicated that sulfated polysaccharide also could donate hydrogen reacted with free radical by hydrogen transfer reaction as possible antioxidant mechanisms (Malunga *et al*., 2015). In the present study, low sulfated of sulfated polysaccharides from acid sequential extraction had lower antioxidant activity than high sulfate content of sulfated polysaccharide from alkaline sequential extraction This result was consistent with Zhang *et al*., (2010) who reported that high sulfate content could have a significant effect on antioxidant activity of seaweeds sulfated polysaccharides. This finding suggested that negative charge of sulfate groups (Yan *et al*., 2013) plays a role in antioxidant activity of sulfated polysaccharide.

## Summary

Sulfated polysaccharide extracted with 0.1N NaOH for 1h followed by water for 6h at 80°C had the highest sulfate content and degree of sulfation, which exhibited stronger $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$ radical scavenging activity than sulfated polysaccharide extracted with 0.1N HCl for 1h followed by water for 6h at 80°C. The highest radical scavenging activity of sulfated polysaccharide extracted with 0.1N NaOH for 1h followed by water for 6h at 80°C for $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$ were 60.1 and 73.0%, respectively



## Acknowledgment

This work was supported by the Higher education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission and Thailand Institute of Scientific and Technological Research.


## Literature cited


Anvar, U. and Mazza, B.G., 2009, Extraction and Purification of Ferulic Acid from Flax Shives, Wheat and Corn Bran by Alkaline Hydrolysis and Pressurised Solvents, Food Chemistry, 115(4):1542–1548.

Cong, J. B., Wang, C. Z., Li, Y. and Wu, K., 2003, Investigation of Barium Sulfate Turbidimetry on Determination the Sulfated Group of Sulfated Polysaccharides, Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army, 19: 183–191.

Duan, X.J., Zhang, W.W., Li, X.M. and Wang, B.G., 2006, Evaluation of Antioxidant Property of Extract and Fractions Obtained from Red Algae, Polysiphonia urceolata, Food Chemistry, 95: 37-43.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, E., 1956, Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances, Analytical Chemistry, 28(3): 350–356.

Fleita, D., El-Sayed, M. and Rifaat, D., 2015, Evaluation of the Antioxidant Activity of Enzymatically-Hydrolyzed Sulfated Polysaccharides Extracted from Red Algae; *Pterocladia capillacea*, LWT -Food Science and Technology, 63(2): 1236-1244.

Jiao, L., Jiang, P., Zhang, L. and Wu, M., 2010, Antitumor and Immunomodulating Activity of Polysaccharides from *Enteromorpha intestinalis*, Biotechnology and Bioprocess Engineering, 15(3): 421-428.

Lowry, O.H., Rosenbrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, The Journal of Biological Chemistry, 193: 265–275.

Malunga, L.N. and Beta, T., 2015, Antioxidant Capacity of Arabinoxylan oligosaccharide Fractions Prepared from Wheat Aleurone using *Trichoderma viride* or *Neocallimastix patriciarum* xylanase, Food Chemistry, 16: 311–319.

Mohsin, S., Mahadevan, R. and Muraleedhara K.G., 2014, Free-Radical-Scavenging Activity and Antioxidant Effect of Ascophyllan from Marine Brown Algae Padina tetrastromatica, Biomedicine & Preventive Nutrition, 4(1): 75–79.

Nenadis, N., Wang, L.F., Tsimidou, M. and Zhang, H.Y., 2004, Estimation of Scavenging Activity of Phenolic Compounds using the $ABTS^{\bullet+}$ assay, Journal of Agricultural Food Chemistry, 52(15): 4669–4674.

Ree, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C., 1999, Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay, Free Radical Biology and Medicine, 26(9): 1231–1237.

Renn, D.W., 1997, Biotechnology and the Red Seaweed Polysaccharide Industry: Status, Needs and Prospects, Trends Biotechnology, 15(1): 9–14.

Sun, Y., Cui, W.S., Gu, X. and Zhang, J., 2011, Isolation and Structural Characterization of Water Unextractable Arabinoxylans from Chinese Black-Grained Wheat Bran, Carbohydrate Polymers, 85(3): 615-621.

Yan, J.K., Wang, W.Q., Ma, H.L. and WuJ, Y., 2013, Sulfation and Enhanced Antioxidant Capacity of an Exopolysaccharide Produced by the Medicinal Fungus *Cordyceps sinensis*, Molecules, 18(1): 167-177.

Zhang, Y., Lu, X., Zhang, Y., Qin, L. and Zhang, J., 2010, Sulfated Modification and Immunomodulatory Activity of Water-Soluble Polysaccharides Derived from Fresh Chinese Persimmon Fruit, International Journal of Biological Macromolecules, 46(1): 67–71.

**Table 1** Chemical composition of sulfated polysaccharide from *U. intestinalis* extracted with 0.1N HCl or 0.1N NaOH for 1h and water for 6h at 80ºC

| Extraction methods | (%) | | | Degree of |
|---|---|---|---|---|
| | Total sugar | Sulfate content | Protein content | sulfation |
| 0.1N HCl for 1h and water for 6h at 80°C | 0.57±0.02[b] | 1.18±0.01[b] | 0.15±0.02[a] | 1.94±0.02[b] |
| 0.1N NaOH for 1h and water for 6h at 80°C | 0.98±0.04[a] | 1.45±0.02[a] | 0.08±0.01[b] | 2.36±0.03[a] |
| F-test | ** | ** | * | ** |
| LSD | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.06 |
| CV | 0.67 | 1.24 | 0.12 | 1.21 |

[a, b] Different superscripts in the same column indicated that means were significantly different ($p<0.05$)

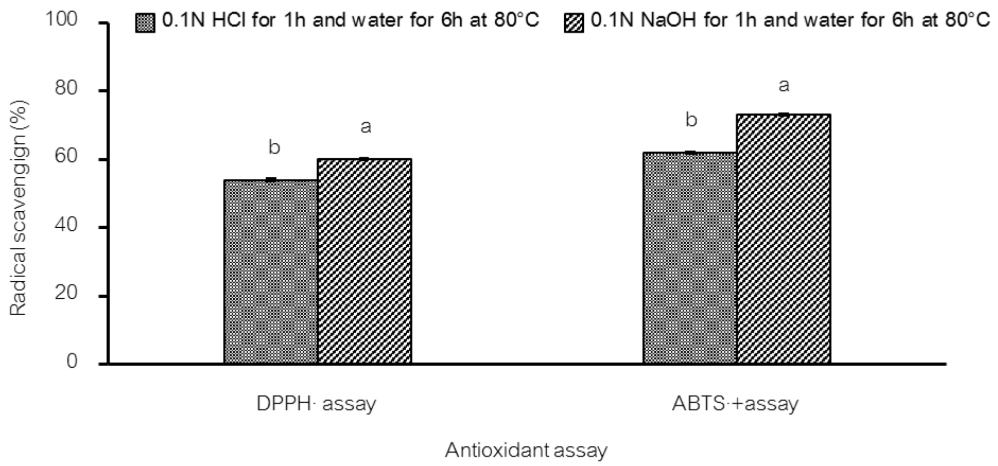



**Figure 1** Antioxidant activity of sulfated polysaccharide from *U. intestinalis* extracted with 0.1N HCl or 0.1N NaOH for 1h and water for 6h at 80ºC.

[a, b] Different letters above the bars indicated that means were significantly different ($p<0.05$)

# คุณสมบัติทางกายภาพและสารหอมระเหยของใบเตยหอม (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) สกัดด้วยน้ำ

# Physical Properties and Volatile Compounds of Pandan Leaves (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) by Water Extraction

**นิศานันท์ ตามกาล[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]**
Tamkal, N.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

## Abstract

The objective of this research was to study physical properties and volatile compounds of pandan leaves extracted by water. Carbohydrate, protein, lipid, ash, and crude fiber of pandan was 19.80%, 31.81%, 1.56%, 7.70%, and 39.13% dry-weight, respectively. Two extraction methods for pandan leaves were fresh squeezing by conventional grinding method and grinding by a blender, before extraction with distil water at ratio 2:1 (w/v), at 30°C (room temperature), 50°C, and 75°C, for 10, 20, and 30 minutes. Results showed that optimal condition was the extracts of conventional grinding method before water extraction at 75°C, for 30 minutes which its extract was a dark green and *L**, *a**, *b**, chroma and hue value ranged at 53.17, (-4.56), 41.55, 41.81, and 96.47, respectively. Eighteen compounds were identified such as 1-hexanal, 2-penten-1-ol, and 2(5H)-furanone. However, 2-acetyl-1-pyrolene (ACPY), the major key odor of pandan extracts was also found.

**Keywords:** pandan leaves, volatile compounds, physical properties, extraction

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและสารหอมระเหยของใบเตยหอมที่สกัดด้วยน้ำ องค์ประกอบทางเคมีของใบเตยหอมมีคาร์โบไฮเดรต 19.80% โปรตีน 31.81% ไขมัน 1.56% เถ้า 7.70% และกากใยหยาบ 39.13% ของน้ำหนักแห้ง เมื่อนำใบเตยหอมมาสกัดสารหอมระเหยด้วยวิธีคั้นสดโดยการบดแบบดั้งเดิมเทียบกับการบดแบบใช้เครื่องปั่นผสม อัตราส่วนใบเตยหอมต่อน้ำกลั่น เท่ากับ 2:1 (w/v) และสกัดโดยการให้ความร้อนแปรค่าอุณหภูมิที่ 30°C (อุณหภูมิห้อง), 50°C และ 75°C และแปรเวลาสกัด 10, 20 และ 30 นาที พบว่าการบดแบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 75°C นาน 30 นาทีเป็นสภาวะที่เหมาะสมได้สารละลายใบเตยสกัดมีสีเขียวเข้ม ให้ค่าสี *L**, *a**, *b** ค่า chroma และค่า hue เท่ากับ 53.17, (-4.56), 41.55, 41.81 และ 96.47 ตามลำดับ รวมทั้งพบสารหอมระเหยทั้งหมด18 ชนิด ได้แก่ 1-hexanol, 2-penten-1-ol และ 2(5H)-furanone และยังพบสารหอมระเหย 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY) ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นหลักที่สำคัญ

**คำสำคัญ:** ใบเตยหอม สารหอมระเหย คุณสมบัติทางกายภาพ การสกัด

## คำนำ

เตยหอมเป็นพืชที่ชาวเอเชียนิยมนำใบมาใช้เพื่อสกัดเอาสีเขียว และกลิ่นรสสำหรับปรุงแต่งอาหาร แต่มีปัญหาที่สีเขียวซึ่งเป็นรงควัตถุประเภทคลอโรฟิลล์เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลได้ง่ายในระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหาร อีกทั้งสารหอมที่เป็นองค์ประกอบหลักของกลิ่นใบเตยคือ 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY) มีโมเลกุลเล็กสามารถระเหยได้ง่าย (Varaporn และ Sarath, 1993) ในทางกลับกันมีงานวิจัยรายงานว่า ACPY ในอาหารส่วนใหญ่เกิดขึ้นขณะใช้ความร้อนในการแปรรูป (Vaewta และ Siree, 2004) ดังนั้นอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมความคงตัวของสีเขียวและการเกิด ACPY รวมทั้งสารให้กลิ่นอื่นๆ ในใบเตย การสกัดสารหอมระเหยของใบเตยหอมสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสกัดด้วยตัวทำละลาย เช่น เอทานอล ไดคลอโรมีเทน น้ำ เป็นต้น การกลั่นด้วยไอน้ำ หรือ SC-$CO_2$ (Nongnuch และคณะ, 2002) อย่างไรก็ตามในใบเตยหอมมีทั้งรงควัตถุสีเขียวและสารให้กลิ่นซึ่งรงควัตถุละลายในเอธานอลได้ดีกว่าในน้ำ ในขณะที่สารให้กลิ่นละลายในน้ำได้ดีกว่าในเอธานอล แต่หากใช้เอธานอลเป็นตัวทำละลายในการ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Teintalay 25 Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok 10150

สกัดอาจจะส่งผลต่อความปลอดภัยหรือการยอมรับของผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดใบเตยหอมด้วยน้ำ รวมทั้งอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อการสกัดสีเขียวและสารหอมระเหย อีกทั้งศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของใบเตยหอมเพื่อนำข้อมูลพื้นฐานที่ได้มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำใบเตยหอมสดจากอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี มาล้างทำความสะอาด ตัดส่วนโคนออกและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1 cm แบ่งตัวอย่างใบเตยหอมสดที่หั่นแล้วออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำมาอบให้แห้งโดยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C ปั่นละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นผสม (blender) ร่อนใบเตยหอมผงผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช จากนั้นนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate compositions) ได้แก่ ปริมาณเถ้าโดยการเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600°C จนเป็นสีขาว (AOAC, 2000) ปริมาณไฟเบอร์โดยวิธี acid detergent digestion (AOAC, 2000) ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl's method (AOAC, 2000) ปริมาณไขมันโดยวิธี Gravimetric solvent extraction (AOAC, 2000) และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (สมการที่ 1)

$$\%Carbohydrate = 100 - (\%Ash + \%Fiber + \%Protein + \%Lipid) \quad (1)$$

ส่วนที่สองนำใบเตยหอมสดที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ มาสกัดสารหอมระเหยด้วยวิธีคั้นสดเปรียบเทียบกัน 2 วิธี ได้แก่ 1.การบดแบบดั้งเดิม นำใบเตยหอมมาบดโดยใช้ Mortar และ Pastle 2.การบดแบบใช้เครื่องปั่นผสม นำใบเตยหอมมาปั่นละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นผสม (blender) เมื่อได้ตัวอย่างใบเตยหอมจากทั้ง 2 วิธีจึงนำมาสกัดโดยใช้น้ำกลั่น อัตราส่วนใบเตยหอมต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 2:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยบรรจุตัวอย่างใบเตยหอมและเติมน้ำกลั่นลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml ปิดปากขวดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และพันด้วยพลาสติกฟิล์มให้เรียบร้อย สกัดโดยการนำไปเขย่าในอ่างควบคุมอุณหภูมิโดยแปรค่าอุณหภูมิที่ 30°C (อุณหภูมิห้อง), 50°C และ 75°C และแปรเวลาสกัด 10, 20 และ 30 นาที เมื่อให้ความร้อนสภาวะต่างๆ แก่ตัวอย่างแล้วจึงกรองด้วยผ้าขาวบาง และนำสารละลายสีเขียวที่สกัดได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1.นำมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-10 บันทึกค่า $L^*$, $a^*$, $b^*$ ค่า chroma และค่า hue ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.บรรจุลงในขวด vial เพื่อวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารหอมระเหยโดยใช้เทคนิค SPME/GC-MS ใช้สภาวะในการวิเคราะห์ดังนี้ การฉีดตัวอย่างเป็นแบบ splitless ปริมาตรการฉีดครั้งละ 3 µl การแยกสารหอมระเหยใช้คอลัมน์แคปิลลารี DB-WAX ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็น carrier gas อุณหภูมิที่ใช้ในการแยกสารเริ่มต้นที่ 40°C เพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 5°C ต่อนาทีจนอุณหภูมิถึง 150°C อุณหภูมิคงที่ 5 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 4°C ต่อนาทีจนอุณหภูมิถึง 220°C การบ่งชี้ชนิดของสารหอมระเหยทำโดยเปรียบเทียบข้อมูล mass spectrum ของสารหอมระเหยแต่ละชนิดกับ Wiley 275 library และ NIST05a library และเปรียบเทียบปริมาณสารหอมระเหยโดยดูจากค่า abundance

เปรียบเทียบผลการศึกษาโดยใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ใบเตยหอมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 19.80% โปรตีน 31.81% ไขมัน 1.56% เถ้า 7.70% และกากใยหยาบ 39.13% ของน้ำหนักแห้ง (Table 1) เมื่อนำใบเตยหอมมาสกัดด้วยน้ำพบว่าการบดแบบดั้งเดิมและสกัดที่อุณหภูมิ 75°C นาน 30 นาทีเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด เมื่อเทียบกับวิธีการบดแบบใช้เครื่องปั่นผสม เนื่องจากการบดแบบดั้งเดิมช่วยให้ใบเตยแตกออก อีกทั้งการบดเป็นวงกลางก้นครกนั้นจะทำให้ใบเตยทุกใบผลัดกันผ่านเข้ามาจนถูกบดละเอียดเป็นเนื้อเดียวเสมอกัน โดยสารสกัดใบเตยหอมที่สกัดได้มีสีเขียวมะกอกเมื่อสังเกตด้วยสายตาซึ่งให้ผลสอดคล้องกันเมื่อเทียบกับเฉดสี (hue) โดยเฉดสีที่ได้อยู่ในช่วง 90-135 องศาบ่งบอกช่วงสีเหลืองถึงสีเขียว (Figure 1) และเมื่อนำมาวัดค่าสีพบว่ามีค่าความสว่าง ($L^*$) ค่าสีแดง ($a^*$) ค่าสีเหลือง ($b^*$) ความเข้มสี (chroma) และเฉดสี (hue) เท่ากับ 53.17, (-4.56), 41.55, 41.81 และ 96.47 ตามลำดับ (Table 2) การบดใบเตยหอมแบบดั้งเดิมและการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง (75°C) ทำให้สารสกัดใบเตยที่ได้เปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวมะกอก เนื่องจากการให้ความร้อนสูงและนานขึ้นจะทำให้มีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา pheophytinization (Rattanapanon, 2002) รวมทั้งที่สภาวะ

การสกัดนี้ยังพบสารหอมระเหยทั้งหมด 18 ชนิด เช่น 1-hexanol, 2-penten-1-ol และ 2(5H)-furanone และยังพบสารหอมระเหยให้กลิ่นรสหลักที่สำคัญคือ 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY) ในปริมาณสูงที่สุด ซึ่งให้กลิ่นคล้ายข้าวโพดคั่ว (Figure 2) (Varaporn และ Sarath, 1993) อีกทั้งการที่พบปริมาณ ACPY สูงขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงในการสกัด เนื่องจากกรดอะมิโนที่ใช้เป็นสารตั้งต้นของ ACPY ได้แก่ โพรลีนและออร์นิทีน เกิดขึ้นขณะที่ใช้ความร้อน ในขั้นตอน Strecker degradation ของปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Cheetangdee, 2004)

**Table 1** Compositions of Pandan Leaves.

| Proximate compositions | Carbohydrate | Protein | Lipid | Ash | Fiber |
|---|---|---|---|---|---|
| % Content | 19.80 | 31.81 | 1.56 | 7.70 | 39.13 |

**Table 2** Physical properties of pandan leaves extracted at different extraction methods, temperatures and times.

| Extraction methods | Temperature (°C) | Times (min) | Color values | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *L** | *a** | b* | chroma | hue |
| conventional grinding method | 30 | 10 | 19.30$^{jk}$±0.05 | -13.01$^{g}$±0.07 | 23.58$^{lm}$±0.15 | 26.93$^{a}$±0.13 | 118.90$^{a}$±0.23 |
| | | 20 | 20.00$^{gh}$±1.20 | -14.38$^{h}$±0.06 | 27.58$^{ij}$±1.95 | 31.11$^{b}$±1.74 | 117.60$^{a}$±1.59 |
| | | 30 | 17.93$^{ijk}$±0.06 | -13.09$^{g}$±0.53 | 24.69$^{kl}$±0.10 | 28.02$^{b}$±0.11 | 115.59$^{a}$±5.07 |
| | 50 | 10 | 20.08$^{gh}$±1.27 | -12.52$^{fg}$±0.06 | 28.32$^{hi}$±2.17 | 30.98$^{b}$±1.98 | 113.92$^{a}$±1.65 |
| | | 20 | 17.75$^{jk}$±0.22 | -11.96$^{ef}$±0.27 | 25.12$^{m}$±0.23 | 27.71$^{b}$±0.43 | 115.54$^{a}$±0.30 |
| | | 30 | 12.28$^{f}$±0.76 | -11.74$^{e}$±0.22 | 20.93$^{jkl}$±1.29 | 27.34$^{b}$±6.50 | 118.35$^{a}$±0.67 |
| | 75 | 10 | 39.45$^{d}$±0.17 | -8.81$^{d}$±0.14 | 60.93$^{a}$±1.48 | 60.93$^{b}$±1.47 | 98.31$^{cd}$±0.13 |
| | | 20 | 31.96$^{b}$±0.73 | -12.63$^{e}$±1.11 | 52.93$^{b}$±0.78 | 54.22$^{b}$±0.71 | 104.37$^{bc}$±2.80 |
| | | 30 | 53.17$^{a}$±0.88 | -4.56$^{b}$±0.04 | 41.81$^{d}$±0.25 | 41.81$^{a}$±0.24 | 96.47$^{d}$±0.40 |
| grinding by a blender | 30 | 10 | 57.64$^{g}$±0.40 | -6.52$^{c}$±0.15 | 29.16$^{e}$±0.97 | 29.82$^{a}$±1.00 | 102.87$^{bc}$±0.70 |
| | | 20 | 58.06$^{ghi}$±1.60 | -6.60$^{c}$±0.18 | 28.80$^{gh}$±1.32 | 29.52$^{a}$±1.35 | 103.04$^{bc}$±0.42 |
| | | 30 | 64.09$^{l}$±0.83 | -3.86$^{a}$±0.20 | 16.47$^{n}$±0.38 | 16.58$^{a}$±0.25 | 104.38$^{b}$±0.36 |
| | 50 | 10 | 17.34$^{k}$±0.14 | -11.90$^{ef}$±0.07 | 23.53$^{ml}$±0.12 | 26.36$^{a}$±0.12 | 116.78$^{a}$±0.03 |
| | | 20 | 18.26$^{jk}$±0.44 | -11.91$^{ef}$±0.30 | 25.04$^{l}$±0.69 | 38.57$^{a}$±0.63 | 115.45$^{a}$±0.61 |
| | | 30 | 19.26$^{hij}$±0.55 | -11.74$^{e}$±0.10 | 26.68$^{ijk}$±0.36 | 28.84$^{a}$±0.59 | 114.04$^{a}$±0.74 |
| | 75 | 10 | 56.21$^{f}$±1.31 | -6.53$^{c}$±0.13 | 33.91$^{f}$±0.78 | 34.18$^{a}$±0.87 | 101.27$^{bcd}$±0.49 |
| | | 20 | 48.95$^{c}$±1.04 | -7.15$^{c}$±0.16 | 46.83$^{c}$±1.95 | 47.38$^{a}$±1.93 | 98.88$^{bcd}$±0.41 |
| | | 30 | 52.87$^{e}$±1.03 | -5.06$^{b}$±0.26 | 38.55$^{e}$±1.01 | 38.78$^{a}$±0.80 | 97.85$^{cd}$±0.36 |
| F-test | | | ** | ** | ** | ** | ** |
| %C.V. | | | 2.46 | -3.38 | 3.52 | 5.52 | 1.38 |
| LSD | | | 0.47 | 0.18 | 0.62 | 1.03 | 0.83 |

Mean in the same row with letter (a, b, c …) represent statistically significantly different ($p \leq 0.05$)

[1]Results are expressed as mean ± standard deviation (n = 3)

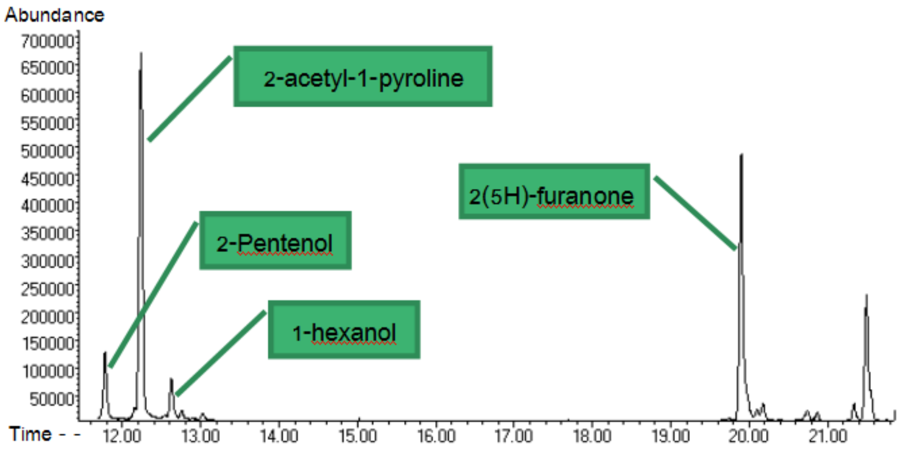



Figure 1 Chromatogram of volatile compounds extracted from pandan leaves heated 75°C for 30 minutes by conventional grinding method.

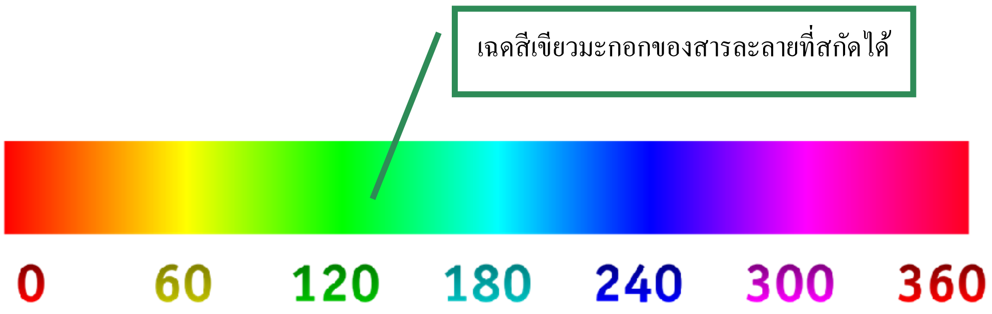



Figure 2 Hue values of pandan leaves extracted at 75°C for 30 minutes by conventional grinding method.

## สรุปผล

ใบเตยหอมที่สกัดด้วยน้ำซึ่งใช้วิธีคั้นสดโดยการบดแบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 75°C เวลา 30 นาทีเป็นสภาวะที่ได้สารละลายมีเขียวมะกอก และพบสารหอมระเหย ACPY ปริมาณมากที่สุดซึ่งเป็นสารให้กลิ่นหลักที่สำคัญ

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## เอกสารอ้างอิง

Charoenkul, N., Laohakuljit, N. and Uttapap, D., 2002. Air Freshener Gel Production Using Extracted Fragrance from Pandan Leaves, Research and Development Journal, King Mongkut's University of Technology, 25(2), pp.185-201.

Laksanalamai, V., and Ilangantilekl, S., 1993. Comparison of Aroma Compound (2-acetyl-1-pyrroline) in Leaves from Pandan (*Pandanus amaryllifolius*) and Thai Fragrant Rice (Khao Dawk Mali-105), Cereal Chemistry, 70: 381–384.

Laohakunjit, N. and Noomhorm, A., 2004. Supercritical Carbon Dioxide Extraction of 2-acetyl-1-pyrroline and Volatile Components from Pandan Leaves, Flavour and Fragrance, 19: 251-259.

Wakte, K.V., Zanan, R.L., Thengane, R.J., Jawali, N. and Nadaf, A.B., 2012, Identification of Elite Population of *Pandanus amaryllifolius* Roxb. for Higher 2-acetyl-1-pyrroline and Other Volatile Contents by HS-SPME/GC-FID from Peninsular India, Food Analytical Methods, 5: 1276-1288.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 149-152 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 149-152 (2558)

# สมบัติต้านอนุมูลอิสระและสมบัติเชิงหน้าที่ของข้าวโพดหมักด้วย *Aspergillus oryzae*

# Antioxidative Activities and Functional Properties of Maize Fermented by *Aspergillus oryzae*

**อรพรรณ เสลามาศสกุล[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ แฟรงก์ มาทา[2]**

Selamassakul, O.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Matta, F. B.[2]

## Abstract

Maize cv. Suwan 5 was fermented with *Aspergillus oryzae* for 0, 3, 5, 7, 14, and 21 days to produce hydrolysate with desirable antioxidant activities and functional properties. Result of degree of hydrolysis and molecular weight distribution estimated by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis indicated that *Aspergillus oryzae* hydrolyzed native proteins into low molecular weight peptides with molecular weight less than 20 kDa. The fermented maize protein hydrolysate (f-MPH) had strong $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$ radicals scavenging activities which were positively correlated with the increase in degree of hydrolysis (DH). Conversely, the f-MPHs had poor foaming capacity and emulsifying capacity. The fermentation of maize with *Aspergillus oryzae* for 21 days was the optimal hydrolysis condition for the production of f-MPH with the strongest $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$ radicals scavenging activities of 52.46% and 62.16%, respectively and a foaming capacity of 11.7%.

**Keywords:** radicals scavenging activities, foaming capacity, emulsifying property, *Aspergillus oryzae*

## บทคัดย่อ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์สุวรรณ 5 หมักด้วยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* เป็นเวลา 0, 3, 5, 7, 14 และ 21 วัน เพื่อผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระและสมบัติเชิงหน้าที่ ผลการศึกษาระดับการย่อยสลายและน้ำหนักโมเลกุลวิเคราะห์ด้วยวิธี sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis แสดงให้เห็นว่า *Aspergillus oryzae* สามารถย่อยสลายโปรตีนให้มีขนาดเล็กลงเป็นเพปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (น้อยกว่า 20 กิโลดาลตัน) โปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวโพดหมัก (fermented maize protein hydrolysate; f-MPH) มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ โดยประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการย่อยสลายสูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม f-MPHs มีสมบัติเชิงหน้าที่ต่ำ การหมักข้าวโพดด้วย *Aspergillus oryzae* เป็นเวลา 21 วัน เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต f-MPH ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ สูงที่สุด (53.53% และ 65.2% ตามลำดับ) และความสามารถในการเกิดฟองเท่ากับ 9.24%

**คำสำคัญ**: ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ การเกิดฟอง การเกิดอิมัลชั่น *Aspergillus oryzae*

## Introduction

During the last decade, several proteins and peptides from different plant sources, such as soybean, sunflower, rice, rapeseed and seaweed, obtained by proteolysis have been reported to have antioxidant properties, as well as functional properties (Cao *et al*., 2009; Garcia *et al*., 2013; Laohakunjit *et al*., 2014). Other than those cereals, maize or corn (*Zea mays* L.) becomes a good source in the preparation of bioactive peptides due to its high proportions of hydrophobic amino acids which have the ability to eliminate free radicals (Wang *et al*., 2014). However, the production of functional and antioxidative peptides from maize proteins is still limited due to its low nutritional quality, low solubility and low digestibility at acidic and neutral pH (Shukla and Cheryan, 2001). Fermentation with *Aspergillus oryzae* which has been used for centuries to improve functionalities and flavor characteristic of plant proteins could be produced proteases for protein

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

[2] P.O Box 9555, MS State, Mississippi, 39762, USA

hydrolysis (Machida, 2002). Hydrolysate produced by protease extracted from *A. oryzae* was reported to show a better degree of hydrolysis, nutritional quality, and flavor than hydrolysate hydrolyzed by commercial proteases (Su *et al*., 2011). Therefore, the purpose of this study was to utilize *Aspergillus oryzae* for improving bioactive and functional properties of maize.

## Materials and Methods

**Preparation of brown rice protein hydrolysates**

Ten grams of maize were dispersed in 100 mL of sterile distilled water, and then fermented with *Aspergillus oryzae* (TISTR 3018) of approximately $10^9$ CFU/mL. The mixture was carried out with solid-state fermentation at 37ºC. Samples were collected at 0, 3, 5, 7, 14, and 21 days of fermentation. After fermentation, 100 mL of distilled water was added to fermented maize (10 g) and then stopped the reaction at 75ºC for 15 min. The dispersions were centrifuged at 5,000×g for 15 min, obtaining a supernatant and filtered through filter paper (Whatman No. 1). All fermented maize protein hydrolysates (f-MPHs) were kept at -20ºC prior to use and analysis. Hydrolysates of all conditions were analyzed as follows;

**Degree of hydrolysis:** The degree of hydrolysis (% DH) was followed by Laohakunjit *et al*. (2014) method which was defined as the percentage of soluble protein in trichloroacetic acid (TCA).

**Sodium dodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE):** Samples were mixed with 0.5 M Tris-HCl buffer and then boiled for 5 min. Treated samples (15 µL) were injected into 15% gel wells and run. The gel was stained with 0.2% Coomassie Brilliant Blue R-250 for 45 min and de-stained with 10% acetic acid/40% methanol solution until the bands were clear.

**1,1-diphenyl- 2-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity:** One milliliter of each f-MPHs (100 µL of sample + 900 µL of distilled water) was added to 2 mL of 0.1 mM $DPPH^{\bullet}$ dissolved in 95% ethanol. The mixture was shaken and left for 30 min in the dark at room temperature, and then absorbance at 517 nm was measured. The scavenging effect was expressed as percentage disappearance of $DPPH^{\bullet}$, calculated by the following equation:

$$\text{DPPH scavenging effect (\%)} = \frac{A_{Blank} - (A_{Sample} + A_{Control})}{A_{Blank}} \times 100$$

where $A_{Blank}$ = absorbance at 517 nm of 1 mL distilled water + 2 mL of 0.1 mM ethanolic $DPPH^{\bullet}$ solution, $A_{Sample}$ = absorbance at 517 nm of 1 mL aqueous sample + 2 mL of 0.1 mM ethanolic $DPPH^{\bullet}$ solution, and $A_{Control}$ = absorbance at 517 nm of 1 mL aqueous sample + 2 mL of ethanol.

**2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic (ABTS) radical-scavenging activity:** The $ABTS^{\bullet+}$ reagent was prepared by mixing 7 mM $ABTS^{\bullet+}$ with 7 mM $K_2S_2O_8$ at a ratio of 2:1. The mixture was incubated in the dark at room temperature for 12-16 h to complete the radical generation. It was diluted with distilled water to give an absorbance at 734 nm of 0.700 ± 0.030 before using. $ABTS^{\bullet+}$ reagent (1 mL) was mixed with 10 µL of sample and stored for 6 min in the dark. The absorbance was measured at 734 nm, using distilled water as blank. The antioxidant activity of the sample was calculated by the same equation as $DPPH^{\bullet}$.

**Foaming capacity:** Samples (5 mL) were mixed with distilled water (5 mL), and then the mixtures were whipped by homogenizer (Ultra-turrax T25 basic, Germany) at speed of 10,000 rpm to incorporate the air for 1 min at room temperature. The volume of whipped sample was then recorded. The volumes before and after whipping were recorded and the foam capacity was calculated according the following equation:

$$\text{Foaming capacity (\%)} = \frac{\text{total volume of foam} \times 100}{\text{total volume of solution}}$$

**Emulsifying property:** Refined peanut oil (2.5 mL) and 10 mL of 50% sample were mixed and the mixture was homogenized using a homogenizer at a speed of 10,000 rpm for 1 min, then centrifuged at 5,000 ×g for 5 min

at 25°C. The emulsifying stability was determined by measuring the emulsifying volume (cream volume). Emulsifying property was calculated as volume of cream to volume of solution multiplied by hundred.

**Statistical analysis:** All the tests were performed in triplicate. Analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test (DMRT) were performed using the SAS Program Version 9.0.

## Results and Discussion

The degree of hydrolysis (%DH) was analyzed to indicate the efficiency of proteolysis enzyme produced by *A. oryzae* to cleave peptide bonds of protein which reflected the differences in length of peptide chain and had direct impact on antioxidant activities and functional properties of protein hydrolysate. Figure 1 shows that the DH value increased rapidly at 0 to 5 days of fermentation, thereafter, reaching a plateau which could be due to the saturation of enzyme/substrate (Machida, 2002). Result of DH was confirmed by molecular weight distributions analyzing by SDS-PAGE (Figure 2). Electrophoretic results show that native maize proteins were hydrolyzed into low-MW peptides (around 25, 20 and less than 15 kDa) which corresponded to the proteolytic enzyme hydrolysis.

Statistical analysis showed that antioxidant activities with respect to scavenging DPPH and ABTS radicals of all f-RPHs were significantly higher than non-fermented maize (Figure 1). An increase in antioxidant activity was probably due to some low-molecular weight peptides or free amino acids cleaved by proteolytic enzymes produced by *A. oryzae* which were able to donate electron and could react with free radicals to convert them to more stable molecules (Sun, *et al*., 2004). As the incubation time elapsed, antioxidant activities increased with an increase in the degree of hydrolysis. This could be due to the proteolysis which influenced peptide length, amino acid compositions and amino acid sequences of peptides within protein hydrolysates (Wang *et al*., 2014). An increase in antioxidant activities might be the result of the cleavage of peptide bonds, whereas, excessive hydrolysis mostly causes loss of some functional properties (Cao *et al*., 2009). In term of functional properties, f-MPHs had foaming capacity, whereas, native protein did not have foam capacity (Figure 1). An improvement of foaming capacity of the f-MPHs might be due to the decrease in peptide chain length and an increase of flexibility of the protein which allowed the protein to encapsulate air particles. However, the foaming capacity decreased when DH was increased. As previously reported, excessive hydrolysis produced small peptides which did not have the strength to maintain stable foam (Klompong *et al*. 2007). Conversely, the maize fermented with *A. oryzae* had negative effects on emulsifying capacity. The decrease in the emulsion capacity of f-MPHs was due to the low molecular weight peptides which may not be amphiphilic enough to exhibit good emulsifying capacity (Klompong *et al*., 2007). Results indicated that fermentation of maize by *A. oryzae* for 21 days was an optimal condition for production of f-MPH with high antioxidant activities and functional properties.

## Summary

With a limited degree of hydrolysis, fermentation of maize with *A. oryzae* significantly improved the antioxidant activity with respect to scavenging DPPH and ABTS radicals and foaming capacity, but it had a negative effect on emulsifying capacity.

## Acknowledgments

This work was financially supported by a research grant from the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program (#PhD/0052/2555), the National Research University Project (NRU) of Thailand, Higher Education Commission and King Mongkut's University of Technology Thonburi.

## Literature cited


Cao, X., Wen, H., Li, C. and Gu, Z., 2009, Differences in Functional Properties and Biochemical Characteristics of Congenetic Rice Proteins, Journal of Cereal Science, 50: 184-189.

Garcia, M.C., Puchalska, P., Esteve, C. and Marina, M.L., 2013, Vegetable foods: A Cheap Source of Proteins and Peptides with Antihypertensive, Antioxidant, and Other Less Occurrence Bioactivities, Talanta, 106: 328-349.

Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D. and Shahidi, F., 2007, Antioxidative Activity and Functional Properties of Protein Hydrolysate of Yellow Stripe Trevally (*Selaroides leptolepis*) as Influenced by the Degree of Hydrolysis and Enzyme Type. Food Chemistry, 102: 1317-1327.

Laohakunjit, N., Selamassakul, O. and Kerdchoechuen, O., 2014, Seafood-like Flavour Obtained from the Enzymatic Hydrolysis of the Protein By-products of Seaweed (*Gracilaria* sp.), Food Chemistry, 158: 162-170.

Machida, M., 2002, Progress of *Aspergillus Oryzae* Genomics, In Advances in Applied Microbiology, Academic Press, 81-98.

Shahidi, F., Han, X.Q. and Synowiecki, J., 1995, Production and Characteristics of Protein Hydrolysates from Capelin (*Mallotus Villosus*), Food Chemistry, 53: 285-293.

Su, G., Ren, J., Yang, B., Cui, C. and Zhao, M., 2011, Comparison of Hydrolysis Characteristics on Defatted Peanut Meal Proteins between a Protease Extract from *Aspergillus Oryzae* and Commercial Proteases, Food Chemistry, 126(3): 1306-1311.

Sun, J., He, H. and Bi, J.X., 2004, Novel Antioxidant Peptides from Fermented Mushroom *Ganoderma lucidum*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(21): 6646-6652.

Wang, X.J., Zheng, X.Q., Kopparapu, N.K., Cong, W.S., Deng, Y.P., Sun, X.J. and Liu, X.l., 2014, Purification and Evaluation of a Novel Antioxidant Peptide from Corn Protein Hydrolysate, Process Biochemistry, 49: 1562-1569.

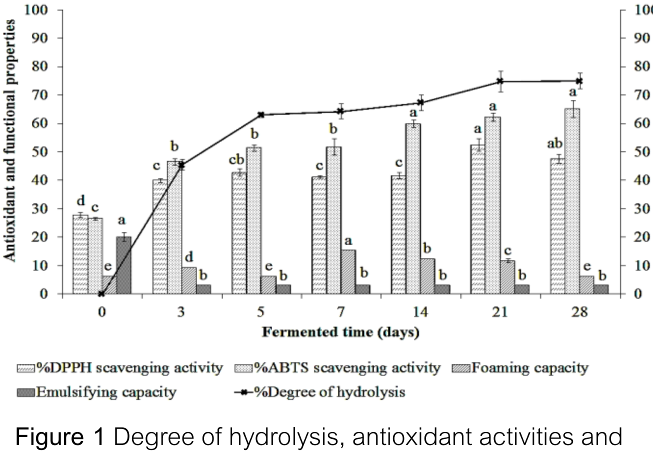




Figure 1 Degree of hydrolysis, antioxidant activities and functional properties of maize fermented with *A. oryzae*.

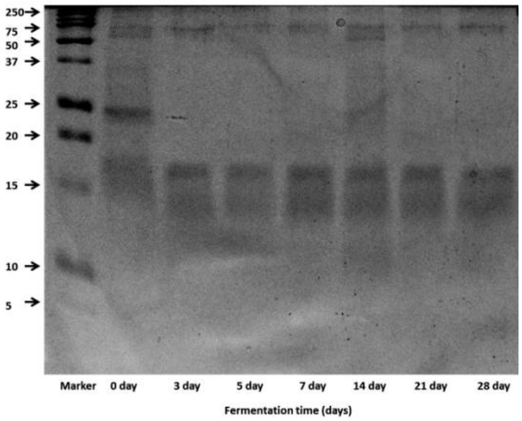



Figure 2 Molecular size of hydrolysates obtained from maize fermented with *A. oryzae*.

# สารให้กลิ่นรสในน้ำมะพร้าวที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยระบบ saturated steam retort

# Volatile Compounds in Coconut Water after Pasteurization with Saturated Steam Retort

ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น[1] อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Sonklin, C.[1], Niponsak, A.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

## Abstract

This study investigated the influence of placing canned coconut water inside a sterilized saturated steam retort machine on volatile flavor compounds of coconut water. The volatile flavor compounds of coconut water before and after pasteurization in the beginning, middle, and end positions of retort were analyzed using head-space solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). Results showed that 18 flavor compounds were found. Ethanol, 2-methly-1-butanol, 3-methyl-1-butanol, pentanal, hydroxy-2-butanone, 2-nonanone, ethyl octanoate, and 2-undecanone were the predominant flavor compounds. Volatile flavor compounds of coconut water from the three positions were drastically decreased by pasteurization, but there was no significant difference ($p>0.05$) among the three positions. Although pasteurization with saturated steam retort decreased volatile flavor compounds of coconut water, coconut water had still good flavor characteristic (score 3.5) and overall acceptance (score 4.0).

**Keywords:** coconut water, volatile flavor compounds, pasteurization

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของตำแหน่งการวางน้ำมะพร้าวบรรจุกระป๋องภายในเครื่องฆ่าเชื้อระบบ saturated steam retort ต่อคุณภาพสารให้กลิ่นรสของน้ำมะพร้าว โดยวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมะพร้าวก่อนและหลังผ่านการฆ่าเชื้อจากตำแหน่งส่วนต้น กลาง และท้ายของเครื่อง ด้วยเทคนิค head-space solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) พบสารให้กลิ่นรสในน้ำมะพร้าวทั้งหมด 18 ชนิด ได้แก่ ethanol, 2-methly-1-butanol, 3-methyl-1-butanol, pentanal, hydroxy-2-butanone, 2-nonanone, ethyl octanoate และ 2-undecanone เป็นสารให้กลิ่นรสหลัก หลังการฆ่าเชื้อพบสารให้กลิ่นรสของน้ำมะพร้าวจาก 3 ตำแหน่ง มีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แม้ว่าวิธีการฆ่าเชื้อด้วยระบบ saturated steam retort ทำให้สารให้กลิ่นรสในน้ำมะพร้าวลดลง แต่เมื่อทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่ายังคงมีลักษณะกลิ่นของน้ำมะพร้าว (คะแนน 3.5) และมีการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคที่ดี (คะแนน 4.0)

**คำสำคัญ:** น้ำมะพร้าว สารให้กลิ่นรส การฆ่าเชื้อ

## Introduction

Coconut water is a clear liquid extracted from immature fruits of *Cocos nucifera* L. In tropical regions, it is commonly consumed as a refreshing beverage and is exported worldwide as a rehydrating sports drink due to its well-balanced sugar content and isotonic mineral composition (Prades *et al*., 2012a). The original chemico-physical properties of this juice give its typical odor and flavor, but the chemical identities of the volatile compounds contributing to the odor and flavor profile of coconut water have so far not been adequately characterized. Coconut water is not only rich in vitamin, minerals, amino acids, enzymes, and antioxidants, but also the pH of the juice, usually between 5.0 and 6.0, promotes rapid microbial growth and discoloration (Murasaki-Aliberti *et al*., 2009). As a result, physical industrial treatments, including freezing, ultrafiltration, especially sterilization, are commonly used to preserve this sensitive beverage (Prades *et al*., 2012b). Conventional thermal sterilization, which involves high temperature, is currently the most widely used

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี49 ถนนเทียนทะเล25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tein-talay 25 Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

stabilization technology. However, studies on the effects of placing canned coconut water inside a saturated steam retort on volatile flavor compound and sensory analyses have been limited. The objective of this study was to investigate the effect of sterilized steam retort pasteurization on volatile flavor compounds and sensory qualities of canned coconut water.

## Materials and Methods

The coconut water and all processes were kindly supported by Thaicoconut Co., Ltd. (Thailand). Tin can were filled with coconut water and placed in the beginning, middle and end positions of a saturated steam retort. Samples were sterilized at 118ºC and 13 psi for 38 min, and then canned coconut water was quenched with water. Volatile flavor compounds of coconut water before and after pasteurization in three positions inside retort were analyzed using head–space solid–phase microextraction–gas chromatography–mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). Five milliliters of samples were prepared in a 20 mL vial for the headspace technique. Samples were incubated at 50ºC for 10 min in a GC-MS heating block. The auto–injector (CTC CombiPal, Agilent Technologies, Switzerland) for the GC–MS system equipped with 50/30 µm DVB/CAR/PDMS coated (2 cm) SPME fiber (Supelco, USA) was used. Volatile flavor compounds were absorbed by fiber for 10 min and desorbed for 10 min in an injector port. Volatile compounds were separated using a DB5-MS capillary column (30 m × 0.25 mm i.d.; coated film thickness: 0.25 µm). Five hundred microliters of headspace volume of samples were introduced with the splitless mode. Temperature of the injection port was 240 ºC. The oven temperature was increased from 50 ºC to 150 ºC at rate 8 ºC/min, then raised to 280 at 20 ºC/min, and held at 280 ºC for 5 min. A mass spectrometer (5975C inert XL EI/CI MSD with a triple-axis detector, Agilent Technology, USA) was interfaced with the chromatographic system at an interface temperature of 250 ºC using a mass scan range of 35-450 amu. The scan rate was 3.46 scan per second. The electron impact ionization was used at 70 eV. Helium was used as the carrier gas at a flow rate of 2 mL/min, and the pressure was $3.32\times10^{4}$ psi. The compounds were identified by first comparing their mass spectrum with those in Wiley 275 and the NIST library at percentage of quality match over 85%, and compared with previously published literature, followed by retention index (RI) values of samples, which were obtained from alkane standards (C8-C20). Moreover, sensory analysis of canned coconut water was obtained by using 15 semi-trained panelists. Scores of coconut odor and overall acceptances were descriptive analysis with a 5-point scoring test. All analyses were conducted using a randomized complete block design (RCBD) with three replicates

## Results and Discussion

Eighteen volatile flavor compounds were found in both before (Figure 1) and after (Figure 2a-c) retorting. The most abundant compounds identified in coconut water were ethanol, 2-methly-1-butanol, 3-methyl-1-butanol, pentanal, hydroxy-2-butanone, 2-nonanone, ethyl octanoate, and 2-undecanone. Volatile flavor compounds of canned coconut water from the three positions after retorting were drastically decreased (Table 1), but there was no significant different ($p>0.05$). This result indicated that sample position in the retort did not affect volatile flavor compounds of coconut water. This could be due to the fact that the thermal diffusivity in this retort system was equal. Even through volatile flavor compounds after retorting were decreased, the content of 2-methyl-1-butanol, 3-methyl-1-butanal, pentanal, ethyl octanoate, octalactone, and 2-nonanone, which contributed to malt, fruity and coconut odor remained in a high. In addition, coconut water after retorting had good coconut odor (score 3.5) and overall acceptance (score 4.0) by the panelists. Moreover, this study showed that 2-acetyl-1-pyrroline which has jasmine rice odor (Blank *et al*., 2003) slightly increased after pasteurization. 2-acetyl-1-pyrroline might be generated from thermal processing glucose and proline in coconut water (Henryk, 2012; Jean *et al*., 2009).

## Summary

Sample position in saturated steam retort machine did not affect volatile flavor compounds of coconut water. Pasteurization with saturated steam retort decrease volatile flavor compounds of coconut water, but pasteurized coconut water maintained good coconut odor. This study confirms that sterilized saturated steam retort can be used to maintain the flavor quality of coconut water.



## Acknowledgements

This research was supported by a grant from the Thailand Research Fund and coconut water samples were kindly supported by Thaicoconut Co., Ltd. (Thailand).


## Literature cited


Blank, I., Devaud, S., Matthey-Doret, W., Pollien, P., Robert, F. and Yeretzian, C., 2003, Formation of Odour-active Compounds in Maillard Model Systems based on Proline. In J. L. Le Quéré & P.X. Etiévant (Eds.), Flavour research at the dawn of the twenty-first century—Proceedings of the 10th Weurman Flavour Research Symposium, London: Lavoisier, Intercept, p. 458–463.

Henryk, J., 2012, Food Flavor: Chemicla Sensory and Technological Properties, CRC Press., New York, 116 p.

Murasaki-Aliberti, N.D., da Silva, R.M.S., Gut, J.A.W. and Tadini, C.C., 2009, Thermal Inactivation of Polyphenoloxidase and Peroxidase in Green Coconut (*Cocos nucifera*) Water, International Journal of Food Science and Technology, 44: 2662–2668.

Prades, A., Dornier, M., Diop, N. and Pain, J. P., 2012a, Coconut Water Uses, Composition and Properties: A Review, Fruits, 67: 87–107.

Prades, A., Dornier, M., Diop, N. and Pain, J.P., 2012b. Coconut Water Preservation and Processing: A Review, Fruits, 67: 157–171.

Yong, J., Ge, L., Fei Ng, Y. and Ngin Tan, S., 2009, The Chemical Composition and Biological Properties of Coconut (*Cocos nucifera* L.) Water, Molecules, 14: 5144-5164

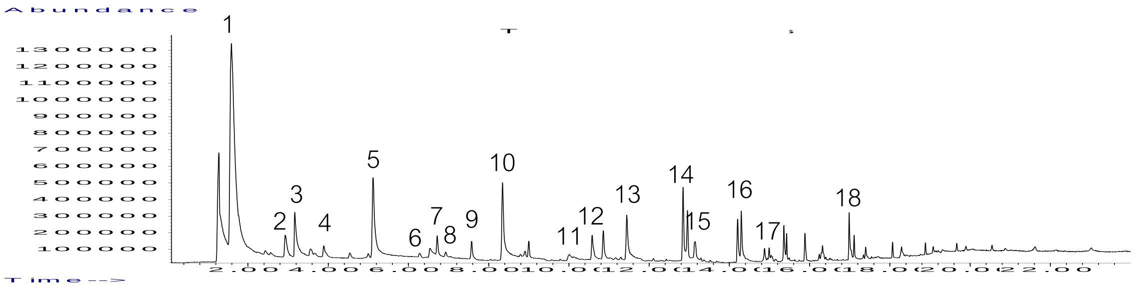




**Figure 1** Chromatograms of volatile compounds in fresh coconut water (before pasteurization).

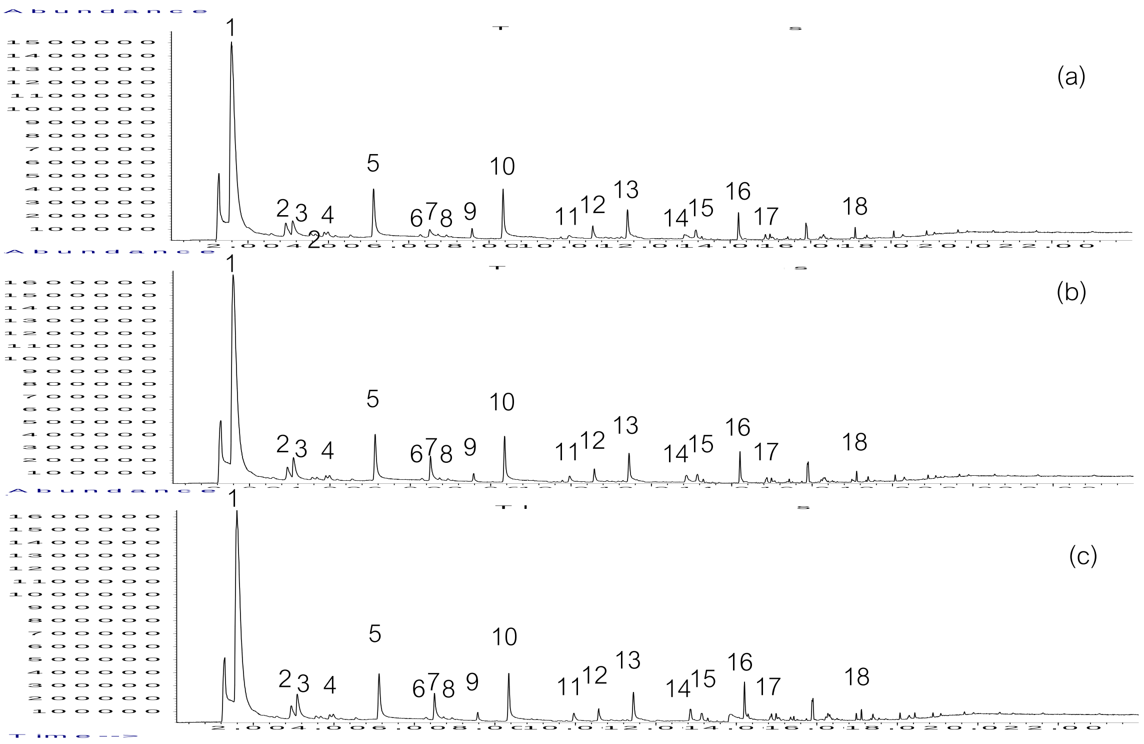



**Figure 2** Chromatograms of volatile compounds in coconut water after pasteurization in (a) the beginning, (b) middle and (c) end positions of retort machine.

**Table 1** Content of volatile compounds in coconut water before and after pasteurization in (a) the beginning, middle and end positions of retort machine.

| No. | Retention time | Compounds | Area (x10$^6$) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | before pasteurization | after pasteurization | | |
| | | | | Beginning | middle | end |
| 1 | 1.607 | ethanol | 147.19 | 166.74 | 180.06 | 177.11 |
| 2 | 3.132 | 2-methly-1-butanol | 21.69 | 15.24 | 17.68 | 18.63 |
| 3 | 3.916 | 3-methyl-1-butanol | 15.48 | 4.07 | 4.50 | 4.43 |
| 4 | 3.963 | pentanal | 15.48 | 7.50 | 7.10 | 6.76 |
| 5 | 6.29 | 2-ethylacridine | 3.60 | 3.49 | 3.44 | 3.30 |
| 6 | 6.545 | 2-amino-6-methylbenzoic | 8.98 | 6.97 | 6.92 | 7.07 |
| 7 | 6.723 | 2-Heptanone | 8.17 | 3.60 | 3.44 | 4.44 |
| 8 | 6.943 | hydroxy-2-Butanone | 11.76 | 8.33 | 7.27 | 7.89 |
| 9 | 7.584 | octalactone | 8.58 | 5.25 | 5.45 | 4.60 |
| 10 | 8.997 | decane | 16.40 | 7.38 | 6.99 | 4.62 |
| 11 | 10.011 | 2,4-dimethyl- | 8.09 | 5.94 | 4.84 | 5.64 |
| 12 | 10.866 | 2-Nonanone | 9.40 | 1.42 | 1.28 | 2.13 |
| 13 | 12.107 | 2-acetyl-1-pyyroline | 1.42 | 1.62 | 1.50 | 1.82 |
| 14 | 12.439 | benzaldehyde | 2.54 | 2.00 | 2.05 | 2.41 |
| 15 | 12.866 | Ethyl octanoate | 11.93 | 4.01 | 4.79 | 5.18 |
| 16 | 14.285 | 2-Undecanone | 17.17 | 5.96 | 7.17 | 5.82 |
| 17 | 15.377 | Ethyl caprate | 8.51 | 1.91 | 1.30 | 2.79 |
| 18 | 16.991 | methyl dodecylate | 7.33 | 2.40 | 1.54 | 1.47 |
| Total | | | 323.72 | 253.83 | 267.32 | 266.11 |

# คุณลักษณะทางกายภาพเคมีและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนเห็ดนางรม ที่ไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน

Physiochemical and Antioxidant Activity of *Pleurotus eryngii (DC.)* Gillet. Protein Hydrolyzed by Bromelain

จินดาพร คงเดช[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Khongdetch, J.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

## Abstract

King Oyster mushroom (*Pleurotus eryngii* (DC.) Gillet.*)* consists 18.14% protein dry basis. In this study, King Oyster mushroom was hydrolyzed by 0, 5, 10, 15 and 20% (w/w) bromelain for 0.5, 1, 3, 6 and 12 h. The optimum hydrolyzed condition to produce enzymatic bromelain King Oyster mushroom protein hydrolysate (eb-KPH) was 20% bromelain with hydrolysis time of 6 h. This treatment gave the greatest degree of hydrolysis (65.32%), low salt content (3%), brownish yellow color where L* and hue angle (h°) were 71.97 and 90.17, respectively. In addition, eb-KPH had the highest antioxidant activity by 1,1-diphenyl-2-picryhydrazyl ($DPPH^{\cdot}$) and 2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ($ABTS^{\cdot+}$) assay of 58.27% and 68.77%, respectively.

**Keywords:** King Oyster mushroom, protein hydrolysate, bromelain, antioxidant

## บทคัดย่อ

เห็ดนางรม (*Pleurotus eryngii* (DC.) Gillet.) มีโปรตีนร้อยละ 18.14 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อนำมาไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลนที่ความเข้มข้นเอนไซม์ร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ที่เวลาไฮโดรไลซ์ 0.5, 1, 3, 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์เห็ดนางรมด้วยโบรมิเลนคือ ความเข้มข้นเอนไซม์ร้อยละ 20 เวลา 6 ชั่วโมง โดยมีค่าระดับการย่อยสลายสูงสุด (ร้อยละ 65.32) ปริมาณเกลือต่ำ (ร้อยละ 3) ไฮโดรไลเซทที่ได้มีสี L* และ hue angle (h°) เท่ากับ 71.97 และ 90.17 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือค่าร้อยละ scavenging activity ด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picryhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) และ 2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ($ABTS^{\bullet+}$) เท่ากับร้อยละ 58.27 และ68.77 ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: เห็ดนางรม โปรตีนไฮโดรไลเซท โบรมิเลน สารต้านอนุมูลอิสระ

## Introduction

Mushrooms are widely appreciated as important edible and medical resources. A lot of edible mushrooms are known for their good taste and nutritional values, such as king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii (DC.)* Gillet.) (Liu *et al*., 2010). This mushroom contains high protein (18.14% dry weight basis), but low fat content (1.62% DW), which could be a good source for protein hydrolysate production. The biological activities of protein hydrolysate have been of interested because they contained short chain peptides that are used for the prevention of chronic diseases or for general well being (Udenigwe and Aluko, 2010). It has been shown that short chain peptides from hydrolyzed proteins has higher nutritive values and may also be utilized more efficiently by the body than mixture of free amino acids (Grimble *et al*., 1987). Antioxidant peptides are considered natural antioxidant resources because of their potential health benefits associated with low molecular weight, high activity, good absorption, and no negative side effects (Razali *et al*., 2015).Several

[1] สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] Division Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkuntien) 49 Tein-talay Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

studies have described the antioxidant activity of protein hydrolysate from soybean, rice, oil seeds, sunflower and mungbean, etc, but studied on protein hydrolysate of mushrooms have not been reported. Therefore, the objective of this study was to investigate the physiochemical and antioxidative activity of King oyster mushroom protein hydrolyzed by bromelain.

## Materials and Methods

**Preparation of King oyster mushroom Protein Hydrolysates** : King oyster mushrooms were analyzed of their chemical compositions such as protein, carbohydrate, ash, fiber and oil content by AOAC (2000), then hydrolyzed by 5, 10, 15, 20% (g of bromelain/ g of sample) for 0.5, 1, 3, 6 and 12 h. The reaction was stopped by heating at 95°C for 15 min. Enzymatic bromelain King oyster mushrooms protein hydrolysates (eb-KPH) were filtered through filter paper (Whatman No. 1). The filtrate of eb-KPH was collected.

**Degree of hydrolysis** : The degree of hydrolysis (% DH) of the hydrolysates was determined as described by the Flavia *et al.* (1998) method which defined of DH as the percentage of soluble protein in trichloroacetic acid (TCA).

**2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) radical-scavenging activity** : Samples (300 µL) were mixed with 900 µL of a 0.1mM DPPH solution. The mixtures were incubated for 30 min in the dark at room temperature, and the reduction of DPPH radicals was measured at 517 nm. The control was prepared in the same manner, except that distilled water was used instead of the sample. The blank was the value of 300 µL of sample solution mixed with 950 µL of 95% ethanol (Kanu *et al*., 2009). DPPH radical-scavenging activity was calculated as:

$$DPPH^{\bullet}\text{ radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{(Abs. of control + Abs. of blank) – Abs. of sample} \times 100}{\text{Abs. of control}}$$

**2,2-azinobis (3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) ($ABTS^{+\bullet}$) radical-scavenging activity** : The stock solutions included 7.4 mM $ABTS^{+\bullet}$ solution and 2.6 mM potassium persulphate solution. The working solution was prepared by mixing the two stock solutions in equal quantities and allowing them to react for 12 h at room temperature in the dark. The solution was then diluted by mixing 1 mL $ABTS^{+\bullet}$ solution with 50 mL methanol, in order to obtain an absorbance of 1.1± 0.02 units at 734 nm using a spectrophotometer. Sample (50 µL) was mixed with 950 µL of $ABTS^{+\bullet}$ solution and the mixture was left at room temperature for 2 h in the dark. The absorbance was then measured at 734 nm using a spectrophotometer. The control was prepared in the same manner, except that distilled water was used instead of the sample. The blank was the value of 50 µL of sample solution mixed with 950 µL methanol (Kanu *et al*., 2009). ABTS radical-scavenging activity was calculated as:

$$ABTS^{\bullet}\text{ radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{(Abs. of control + Abs. of blank) – Abs. of sample} \times 100}{\text{Abs. of control}}$$

## Results and Discussions

King oyster mushroom was composed of 18.14% protein, 76.11% carbohydrate, 2.06% ash, 1.95% fiber, and 1.74% fat on a dry weight basis. The color value showed that all of eb-KPH had the same brownish yellow color where L* ranged from 70.23 to 75.08 and hue angles (h°) ranged from 89.01 to 95.00, but the salt content was low (3%), because enzymatic hydrolysis was slower and did not require high temperature (Fig. 1).

The degree of hydrolysis at hydrolysis time of 0-3 h in all enzyme concentrations increased rapidly, after that the rate of hydrolysis tended to decrease, entering a stationary phase at 3-12 h (Table 1). Adler-Nissen (1986) attributed the reduction in hydrolysis rate to the competition between unhydrolyzed protein and

the peptides being constantly formed during hydrolysis. Therefore, the highest %DH was obtained with 20% bromelain for 6 h (65.32 %DH). Results showed that enzyme concentration and hydrolysis time directly influenced the degree of hydrolysis.

The radical scavenging activities of the eb-KPH depended on the degree of hydrolysis. During hydrolysis, a wide variety of smaller peptides and free amino acids were generated. Changes in size, level, and composition of free amino acids and small peptides affect the antioxidant activity (Rong *et al*., 2013). $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{+\bullet}$ radical scavenging activity of eb-KPH in all enzyme concentration increased at the hydrolysis time of 0-3 h and remained constant. Therefore, the eb-KPH hydrolyzed by 20% Bromelain for 6 h showed the highest $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{+\bullet}$ radical scavenging activity of 58.27%, and 68.77%, respectively (Table 1).

## Conclusion

The optimum hydrolysis condition to produce eb-KPH was hydrolysis with 20% bromelain for 6 h which resulted in the greatest %DH, low salt content, and high antioxidant activity.

## Acknowledgments

This research was supported by a grant from the National Research Council of Thailand, King Mongkut's University of Technology Thonburi, and Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi.

**Table 1** the effect of bromelain concentration and hydrolysis time on %DH, total salt (%), color, and %radical scavenging activity of eb-KPH.

| Bromelain (%) | Time (h) | %DH | Total salt (%) | Color | | %radical scavenging activity | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | L* | Hue angle ($h^{o}$) | $DPPH^{\cdot}$ | $ABTS^{\cdot+}$ |
| 5 | 0.5 | 22.56 | 2.8 | 75.08 | 95.00 | 25.75 | 25.32 |
| | 1 | 36.88 | 3.0 | 74.86 | 94.11 | 37.42 | 32.88 |
| | 3 | 44.44 | 3.2 | 73.75 | 93.62 | 40.23 | 41.11 |
| | 6 | 48.32 | 3.0 | 73.54 | 89.26 | 46.32 | 46.70 |
| | 12 | 50.05 | 3.2 | 73.21 | 87.54 | 47.53 | 48.95 |
| 10 | 0.5 | 33.33 | 2.8 | 74.35 | 94.05 | 30.37 | 38.05 |
| | 1 | 48.00 | 3.0 | 74.81 | 93.21 | 38.64 | 46.92 |
| | 3 | 53.56 | 3.2 | 74.42 | 94.53 | 44.98 | 54.34 |
| | 6 | 57.31 | 3.2 | 74.24 | 92.17 | 49.00 | 57.88 |
| | 12 | 56.44 | 3.2 | 73.91 | 90.33 | 49.06 | 56.32 |
| 15 | 0.5 | 36.02 | 3.0 | 73.39 | 93.44 | 34.29 | 40.05 |
| | 1 | 49.88 | 3.0 | 73.48 | 93.45 | 40.92 | 51.18 |
| | 3 | 59.66 | 3.2 | 73.56 | 92.88 | 49.32 | 57.54 |
| | 6 | 62.06 | 3.2 | 72.91 | 91.58 | 54.21 | 64.18 |
| | 12 | 61.11 | 3.4 | 72.06 | 87.52 | 53.44 | 62.05 |
| 20 | 0.5 | 37.31 | 3.0 | 75.16 | 95.83 | 38.57 | 44.80 |
| | 1 | 51.84 | 3.2 | 73.10 | 94.54 | 44.73 | 51.46 |
| | 3 | 61.32 | 3.2 | 72.67 | 92.81 | 52.34 | 58.37 |
| | 6 | 65.32 | 3.2 | 71.97 | 90.17 | 58.27 | 68.77 |
| | 12 | 62.11 | 3.4 | 71.08 | 88.06 | 56.02 | 66.03 |

## Literature cited

Adler-Nissen, J., 1986, A Review of Food Protein Hydrolysis Specific Areas: Enzymatic Hydrolysis of Food Protein, Elsevier Applied Science Publications, New York, pp. 57-131.

Flavia, M.N. and Maria, A., 1998, Production and Characterization of Enzymatic Hydrolysate from Soy Protein Isolate, Food Science and Technology, 31: 624–631.

Grimble, G.K., Ress, R.G., Keohane, P.P., Cartwright, T., Desreumaux, M. and Silk, D.B., 1987, Effect of Peptide Chain Length on Absorption of Egg Protein Hydrolysates in the Normal Human Jejunum, Gastroenterology, 92, 136-142.

Kanu, P.J., Jestina, B.K., Edward, H.S., Joseph, B.A.K., Philip, M.P.M. and Zhou, H., 2009, Optimization of Enzymatic Hydrolysis of Defatted Sesame Flour by Different Proteases and their Effect on the Functional Properties of the Resulting Protein Hydrolysate, American Journal of Food and Technology, 4: 226-240.

Liu, X., Zhou, B., Lin, R., Jia, L., Deng, P., Fan, K., Wang, G., Wang, L. and Zhang, J., 2010, Extraction and Antioxidant Activities of Intracellular Polysaccharide from Pleurotus sp. Mycelium, International Journal of Biological Macromolecules, 47: 116-119.

Razali, A.N., Amin, A.M. and Sarbon, N.M., 2015, Antioxidant Activity and Functional Properties of Fractionated Cobia Skin Gelatin Hydrolysate at Different Molecular Weight, International Food Research Journal, 22: 651-660.

Rong, H., Abraham, T.G., Sunday, A.M., Xingrong, J. and Rotimi, A., 2013, Antioxidant Activities of Enzymatic Rapeseed Protein Hydrolysates and the Membrane Ultrafiltration Fractions, Journal of Functional Foods, 5: 219-227.

Udenigwe, C.C. and Aluko, R.E., 2010, Antioxidant and Angiotensin Converting Enzyme-inhibitory Properties of a Flaxseed Protein-derived High Fischer Ratio Peptide Mixture, Journal of agricultural and food chemistry, 58: 4762-4768.

# ผลของ $GA_3$ และ CPPU ต่อขนาดและคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

# Influences of $GA_3$ and CPPU on Fruit Size and Quality in 'Pattavia' Pineapple

ภาสันต์ ศารทูลทัต[1] พิมพ์นิภา เพ็งช่าง[2] ธนากร บุญกล่ำ[1] และ กัลยาณี สุวิทวัส[2]

Saradhuldhat, P.[1], Phengchang, P.[2], Boonklam, T.[1] and Suvittawat, K.[2]

## Abstract

The objective of this study was to determine the effect of forchlorfenuron, CPPU (cytokinins), and $GA_3$ (gibberellins) on 'Patavia' pineapple fruit size. Plants were sprayed at bloom with 20 and 80 ppm CPPU, 100 and 400 ppm $GA_3$, and water (as control). The experimental design was a CRD. The fruit were evaluated at marketable harvest. Fruits sprayed with 20 and 80 ppm CPPU were 1.86 and 1.60 kg heavier than those sprayed with the remaining treatments (1.33-1.52 kg). All treatments were similar in peel color, crown size (123-155 g), flesh firmness (1.2-1.4 N), TSS (14-16%) and TA (0.27-0.35%); but slightly different in flesh color and palatability. Results indicated that CPPU at 20 ppm was adequate to enlarge 'Pattavia' pineapple fruit without noticeable effect on fruit quality.

**Keywords:** forchlorfenuron, cytokinins, gibberellins, fruit enlargement

## บทคัดย่อ

ผลสับปะรดที่มีขนาดใหญ่ได้มาตรฐานเป็นที่ต้องการของตลาดและมีราคาสูง ซึ่งสาร gibberellins และ cytokinins อาจช่วยเพิ่มขนาดผลได้ การวิจัยนี้แสดงให้เห็นผลของ forchlofenuron, CPPU (cytokinins) และ $GA_3$ (gibberellins) ต่อการเพิ่มขนาดและคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยฉีดพ่นช่อดอกสับปะรดขณะบานด้วย CPPU 20, CPPU 80, $GA_3$ 100, $GA_3$ 400 ppm และน้ำเปล่า (ควบคุม) วางแผนการทดลองแบบ CRD บันทึกขนาดและคุณภาพผลหลังเก็บเกี่ยว พบว่าผลที่ได้รับ CPPU 20 และ 80 ppm มีน้ำหนัก 1.86 และ 1.60 กก. ซึ่งมากกว่าผลที่ได้รับ $GA_3$ และชุดควบคุม (มีขนาด 1.33-1.52 กก.) ซึ่งเป็นผลจากความยาวผลที่เพิ่มขึ้นจาก 14.4 ซม. (ควบคุม) เป็น 16.95 ซม. (CPPU 20 ppm) ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ทางด้านสีเปลือกผล, ขนาดจุก (123-155 ก.), ความแน่นเนื้อ (1.2-1.4 N), TSS (14-16%), TA (0.27-0.35%) แต่สีเนื้อภายในและความชอบมีความแตกต่างเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่า CPPU 20 ppm สามารถช่วยเพิ่มขนาดน้ำหนักผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียโดยไม่มีผลต่อคุณภาพภายใน

**คำสำคัญ:** ฟอคลอเฟนูรอน, ไซโตไคนิน, จิบเบอเรลลิน, การเพิ่มขนาดผล

## คำนำ

สับปะรดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยเนื่องจากเรามีปริมาณการผลิตและการส่งออกสูงเป็นอันดับต้นๆ ของโลก โดยทั่วไปแล้วสับปะรดที่มีขนาดผลใหญ่ได้มาตรฐานเป็นที่ต้องการของตลาดและมีราคาที่สูงกว่าผลขนาดเล็ก ผู้ปลูกสับปะรดจึงต้องการให้ผลผลิตที่ได้มีสัดส่วนของผลขนาดใหญ่มาก และสัดส่วนผลขนาดเล็กน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ ขนาดมาตรฐานที่เหมาะสำหรับส่งโรงงานอุตสาหกรรม (พันธุ์ปัตตาเวีย) ควรมีน้ำหนักผลประมาณ 1.0-1.2 กิโลกรัม (ไม่รวมจุก) ในขณะที่สับปะรดบริโภคสดอาจมีขนาดใหญ่กว่านี้ สำหรับสับปะรดที่ส่งโรงงานขนาดความยาวผลที่เพิ่มขึ้นเพียงหนึ่งเซนติเมตรช่วยทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นถึง 10% (Bartholomew and Criley, 1983) ขนาดผลจึงมีความสำคัญในการผลิตสับปะรดซึ่งจำเป็นต้องได้รับการดูแลให้สมบูรณ์ในระยะก่อนและหลังออกดอกโดยการจัดการให้น้ำและปุ๋ยที่เหมาะสม

นอกจากนี้แล้วการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชบางชนิดอาจช่วยทำให้ผลมีขนาดใหญ่และคุณภาพดีได้ ซึ่ง gibberellins และ cytokinins เป็นสารกลุ่มส่งเสริมการเจริญเติบโตพืชที่มีการนำมาทดลองใช้ช่วยเพิ่มขนาดผลให้ใหญ่ขึ้น

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[1] Tropical Fruit Research and Development Center, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakon Pathom 73140

[2] สถานีวิจัยปากช่อง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30130

[2] Pakchong Research Station, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima 30130

ในไม้ผลหลายชนิด เช่น พีช มะม่วง เชอรี่ (Pegoraro et al., 2011; Ogata et al., 2010; Gholami et al., 2010) โดยไปเพิ่มขนาดเซลล์ในช่วงผลเติบโต (Mariotti et al., 2011)

สาร forchlorfenuron หรือ CPPU เป็นสารสังเคราะห์ urea-type cytokinin ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า adenine-type cytokinins (Arima et al., 1995) มีการนำ CPPU มาใช้ช่วยเพิ่มขนาดผลกับแอปเปิ้ล กีวี แพร์ องุ่น โดยทำให้ผลมีขนาดใหญ่ขึ้นได้ถึง 27-46% ส่งเสริมการพัฒนาผลแบบ parthenocarpy (Iwahori et al., 1988) และยังช่วยเพิ่มการติดผลของแตงโม เมลอน ฟักทอง และองุ่นในการผลิตเชิงการค้าด้วย

แม้ว่ามีรายงานการวิจัยและใช้สาร CPPU และ $GA_3$ กับไม้ผลหลายชนิดเชิงพาณิชย์บ้างแล้วแต่การวิจัยในสับปะรดยังมีข้อมูลจำกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบการตอบสนองเบื้องต้นของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียต่อสาร CPPU และ $GA_3$ เพื่อเป็นพื้นฐานงานวิจัยเพิ่มศักยภาพการผลิตสับปะรดต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ปลูกในสถานีวิจัยปากช่อง จ.นครราชสีมา (14.6823 N, 101.4096 E) อยู่ในระยะช่อดอกบานหลังจากถูกชักนำดอกตามธรรมชาติที่มีขนาดช่อดอกใกล้เคียงกัน ฉีดพ่นช่อดอกด้วยสารละลาย CPPU เข้มข้น 20 และ 80 ppm สารละลาย $GA_3$ เข้มข้น 100 และ 400 ppm และน้ำเปล่า (control) ให้ทั่วช่อดอก จากนั้นให้ผลพัฒนาจนถึงระยะเก็บเกี่ยวที่อายุประมาณ 3.5 เดือนหลังฉีดพ่น สุ่มเก็บผลมาบันทึกลักษณะภายนอกและภายใน ได้แก่ ขนาดน้ำหนักผล ขนาดความกว้าง-ยาวผล การขึ้นสีเหลือง คุณภาพภายในผล ได้แก่ การฉ่ำน้ำ ความแน่นเนื้อ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids) ความเป็นกรด (titratable acidity) สีเนื้อ และความชื่นชอบ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) 5 ทรีทเมนต์ ทำ 3 ซ้ำ

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้ต้นสับปะรดถูกชักนำดอกตามธรรมชาติด้วยสภาพอุณหภูมิต่ำในช่วงฤดูหนาว ตาดอกเริ่มพัฒนาให้เห็นได้ภายในหกสัปดาห์ จากนั้นช่อดอกมีการเป็นพัฒนาแบบ parthenocapy (จินดารัฐ, 2541) ดอกสับปะรดได้รับการพ่น CPPU และ $GA_3$ ที่ระยะช่อดอกบานหรือประมาณ 2.5 เดือนหลังชักนำดอก ซึ่งคาดว่าอาจเป็นช่วงกระบวนการแบ่งเซลล์ใกล้สิ้นสุดและเริ่มมีการขยายขนาดของเซลล์เพิ่มมากขึ้น (Wee and Rao, 1979) ผลสับปะรดสามารถเก็บเกี่ยวได้ที่อายุประมาณ 5 เดือนหลังชักนำดอกเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมของไทย ในการทดลองนี้ผลสับปะรดระยะเก็บเกี่ยวมีสีผิวพัฒนาขึ้นสีเหลืองมากกว่า 50% ขึ้นไป ยกเว้นผลที่ได้รับ CPPU 80 ppm ที่ผิวมีสีเหลือง 1/3 ของพื้นที่ผิว (Figure 1)

ขนาดผลสับปะรดซึ่งพิจารณาจากน้ำหนักผลและความกว้าง-ยาวผลเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับ CPPU และ GA3 ผลที่ได้รับ CPPU 20 ppm มีน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นถึง 530 กรัม (คิดเป็น 38%) จากผลในทรีทเมนต์ควบคุม (Table 1) ผลที่ได้รับ CPPU 80 ppm และ $GA_3$ ทั้งสองความเข้มข้น มีขนาดผลเพิ่มขึ้นเล็กน้อยไม่แตกต่างจากผลควบคุม ขนาดจุกของทุกทรีทเมนต์มีน้ำหนักระหว่าง 123-155 กรัม ไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าสารควบคุมพืชที่ใช้นี้ไม่มีผลต่อการเติบโตของส่วนจุก น้ำหนักทั้งผลที่เพิ่มขึ้นจึงเกิดจากส่วนที่เป็นผลเท่านั้นดังแสดงใน Table 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผล (ความกว้างผล) มีค่า 11.9-12.8 ซม. ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างทรีทเมนต์ ในขณะที่ผลที่ได้รับ CPPU 20 ppm มีความยาวมากกว่าทรีทเมนต์ควบคุม 2.5 ซม. (17%) ส่วนผลในทรีทเมนต์อื่นมีความยาวผลมากกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย ชี้ให้เห็นว่าขนาดน้ำหนักส่วนผลที่เพิ่มขึ้นมาจากการเพิ่มขึ้นของขนาดความยาวผลเป็นหลัก

คุณภาพภายในผลสับปะรดมีความใกล้เคียงกัน (Table 2) ผลสับปะรดแสดงอาการฉ่ำน้ำ (21-35%), มีความแน่นเนื้อ (1.2-1.4 N), มี total soluble solids (14-17%), titratable acidity (0.27-0.35%) ไม่แตกต่างกันระหว่างทรีทเมนต์ ส่วนสีเนื้อมีความแตกต่างกันเล็กน้อยที่ค่า a เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าคุณภาพภายในผลที่ได้รับ CPPU และ $GA_3$ มีความใกล้เคียงกันกับผลปกติ แต่คะแนนความชอบของผลที่ได้รับ CPPU 80 ppm มีค่าน้อยกว่าผลจากทรีทเมนต์อื่นมาก และพบเมล็ด (ไม่ได้ผสม) มีขนาดใหญ่ผิดปกติ (ข้อมูลไม่ได้แสดง) คาดว่าอาจเกิดจากอิทธิพลของ CPPU ที่มากเกินไป

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าผลสับปะรดมีการตอบสนองต่อสารควบคุมพืช CPPU และ $GA_3$ เช่นเดียวกับผลไม้ชนิดอื่นที่มีรายงานไว้ก่อนหน้า (Pegoraro et al. 2011; Ogata et al. 2010; Gholami et al. 2010) โดยอาจช่วยยืดระยะเวลาการแบ่งเซลล์ให้นานขึ้นและ/หรือส่งเสริมการเพิ่มขนาดเซลล์ การพ่น CPPU และ $GA_3$ ในการทดลองนี้ให้ผลเช่นเดียวกับ NAA (สารกลุ่มออกซิน) ทำให้ผลสับปะรดมีขนาดเพิ่มมากขึ้นแต่มีความหวานน้อยและอายุการเก็บเกี่ยวนานขึ้น (Clark and Kern, 1943) ขนาดความยาวของผลสับปะรดที่เพิ่มขึ้นทำให้ได้น้ำหนักผลผลิตต่อพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นและ

อาจเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมสับปะรดทำให้ได้ส่วนเนื้อเพิ่มมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อหาระดับความเข้มข้นและระยะการพัฒนาผลที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

## สรุปผล

ผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่พ่นด้วย CPPU และ $GA_3$ ตอบสนองโดยมีน้ำหนักผลและความยาวผลเพิ่มมากขึ้น มีลักษณะคุณภาพเนื้อผลภายในไม่แตกต่างจากปกติ การใช้ CPPU 20 ppm ทำให้ผลมีขนาดเพิ่มขึ้นมากที่สุด

## เอกสารอ้างอิง

จินดารัฐ วีระวุฒิ. 2541. สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Arima, Y., Oshima, K., and Shudo, K. 1995. Evolution of a novel urea-type cytokinin: horticultural uses of forchlorfenuron. (394), 75-83.

Bartholomew, D. P., and Criley, R. A., 1983, Tropical fruit and beverage crops. Pp1-34 in Nickell, L G (ed). Plant Growth Regulating Chemicals II. CRC Press, Inc.Florida.

Clark, H E, and Kerns, K R. 1942. Control of flowering with phytohormones. Science, 95:536-537.

Gholami, M., Sedighi, A., Ershadi, A., and Sarikhani, H., 2010, Effect of Pre- and Postharvest Treatments of Salicylic and Gibberellic Acid on Ripening and Some Physicochemical Properties of 'Mashhad' Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) Fruit. Pages 257-264 in Costa G, ed.

Iwahori, S., Tominaga, S., and Yamasaki, T., 1988, Stimulation of fruit growth of kiwifruit, *Actinidia chinensis* by N-(2-chloro-4-pyridyl)-N′-phenylurea, a diphenylurea-derivative cytokinin. Scientia Horticulturae, 35: 109-115.

Mariotti, L., Picciarelli, P., Lombardi, L., and Ceccarelli, N. 2011, Fruit-set and early fruit growth in tomato are associated with increases in indoleacetic acid, cytokinin, and bioactive gibberellin contents. Journal of Plant Growth Regulation, 30(4), 405-415.

Ogata, T., Tamura, H., Hamada, K., and Hasegawa, K., 2010, Effect of gibberelin on setting and growth of Non-pollinated parthenocarpic fruit in mango. Pages 597-604 in Costa G, ed.

Pegoraro, C., Chaves, F.C., Dal Cero, J., Girardi, C.L., and Rombaldi, C.V., 2011, Effects of pre-harvest gibberellic acid spraying on gene transcript accumulation during peach fruit development. Plant Growth Regulation: 1-7.

Wee, Y. C, and Rao, A. N., 1979, Development of the inflorescence and crown of Ananas comosus after treated with acetylene, NAA and ethephon. Am J Bot. 66:351-360.

**Table 1** External fruit attributes at harvest of ‘Pattavia’ pineapple applied with CPPU or $GA_3$

| Treatment | Whole fruit weight (kg) | Fruit weight (kg) | Crown weight (g) | Fruit width (cm) | Fruit length (cm) | Yellowing (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | 1.33 b | 1.19 b | 143 | 11.92 | 14.44 c | 66.66 a |
| CPPU 20 ppm | 1.86 a | 1.72 a | 140 | 12.76 | 16.95 a | 79.16 a |
| CPPU 80 ppm | 1.60 ab | 1.47 ab | 135 | 12.30 | 15.94 ab | 34.16 b |
| $GA_3$ 100 ppm | 1.42 b | 1.24 b | 155 | 11.88 | 14.88 bc | 63.33 a |
| $GA_3$ 400 ppm | 1.52 b | 1.4 b | 123 | 12.45 | 15.17 bc | 58.33 a |
| F-Test | * | ** | ns | ns | ** | ** |

*,** Means in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

**Table 2** Flesh attributes at harvest of 'Pattavia' pineapple applied with CPPU or $GA_3$

| Treatment | Translucency (%) | Firmness (N) | TSS (%) | TA (%) | L | a | b | Scoring (1-5) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | 25 | 1.38 | 16.9 | 0.35 | 71.55 | 0.63 b | 28.63 | 3.83 a |
| CPPU 20 ppm | 26 | 1.18 | 14.7 | 0.33 | 62.67 | 0.92 b | 26.66 | 4.83 a |
| CPPU 80 ppm | 21 | 1.20 | 14.0 | 0.28 | 70.47 | 2.75 a | 26.46 | 2.61 b |
| $GA_3$ 100 ppm | 35 | 1.38 | 14.5 | 0.27 | 64.50 | 2.67 a | 22.12 | 3.33 ab |
| $GA_3$ 400 ppm | 25 | 1.23 | 15.5 | 0.32 | 69.84 | 1.25 ab | 24.45 | 4.66 a |
| F-Test | ns | ns | ns | ns | ns | * | ns | ** |

*,** Means in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

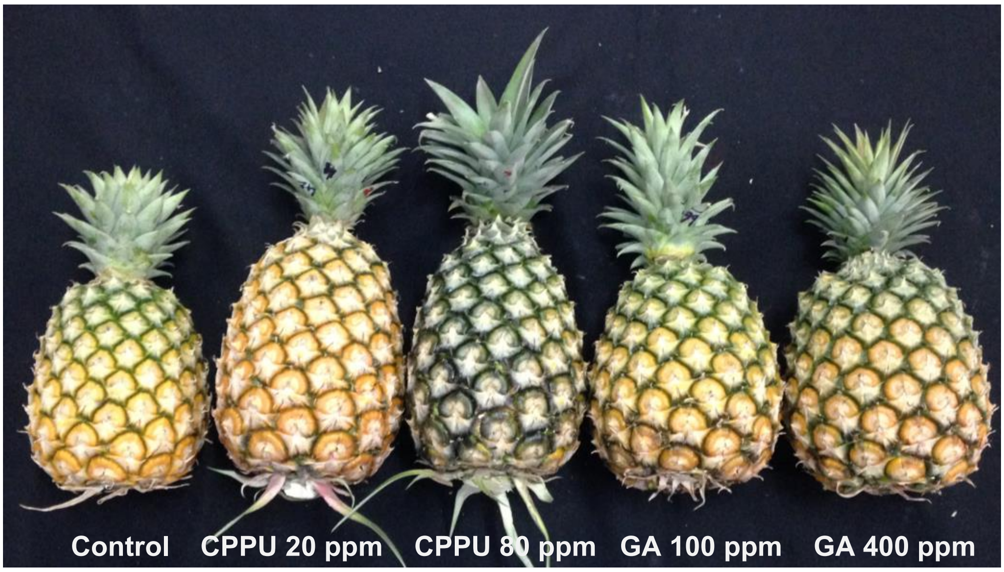



**Figure 1** Fruit appearance at harvest of 'Pattavia' pineapple applied with CPPU and $GA_3$

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 165-168 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 165-168 (2558)

# ผลของถ่านชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

## Effect of Biochar on Growth and Yield of Rice

**กฤษณา บุญศิริ**[1] **และ กฤษฎา ชูช่วย**[1]
Boonsiri, K.[1] and Choochuay, K.[1]

### Abstract

A study on the effect of biochar on growth and yield of rice was conducted using a Factorial Completely Randomized Design experiments. The treatments consisted of two factors. The first factor was rice variety (Pathum thani 1 and RD 49), the second factor was level of biochar (0, 3 and 4 kg/pot). Results showed that biochar did not affect plant height either variety at 30 and 60 days after planting. The maximum number of tiller was obtained in Pathum thani 1 at 60 days after planting. Both varieties that received 4 kg/pot biochar and produced the highest number of tiller and grain weight compared to plant that received 3 and 0 kg/pot biochar.
**Keywords:** biochar, Pathum thani 1, RD-49

### บทคัดย่อ

การศึกษาผลของถ่านชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial in CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่หนึ่ง คือ พันธุ์ข้าว ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข. 49 และปัจจัยที่สอง คือ ปริมาณของถ่านชีวภาพ มี 3 ระดับ ได้แก่ 0 3 และ 4 กิโลกรัม/วงบ่อ จากการทดลอง พบว่า ถ่านชีวภาพไม่มีผลต่อความสูงของต้นข้าวทั้งสองสายพันธุ์ เมื่ออายุ 30 และ 60 วันหลังปลูก แต่ปริมาณถ่านชีวภาพมีผลต่อจำนวนต้นต่อกอ เมื่อต้นข้าวมีอายุ 60 วันหลังปลูก โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีจำนวนต้นต่อกอมากที่สุดและต้นข้าวที่ได้รับถ่านชีวภาพปริมาณ 4 กก./บ่อ มีจำนวนต้นต่อกอมากที่สุด และให้น้ำหนักผลผลิตเมล็ดมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับถ่านชีวภาพปริมาณ 3 และ 0 กก./บ่อ ตามลำดับ
**คำสำคัญ**: ถ่านชีวภาพ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ข้าวพันธุ์ กข. 49

### คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ทั้งการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศและเป็นสินค้าส่งออกไปต่างประเทศ ดินนาที่ใช้ปลูกข้าวในบริเวณพื้นที่ภาคกลางส่วนใหญ่มีความเหมาะสมต่อการปลูกข้าวมาก มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง การผลิตข้าวอย่างต่อเนื่องส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การปลูกและเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละครั้ง ทำให้มีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารพืชออกจากพื้นที่ที่มีอยู่อย่างต่อเนื่อง การใช้ปุ๋ยเพื่อคืนธาตุอาหารพืชกลับสู่ดินเป็นวิธีการที่เกษตรกรนิยมใช้ กิ่งแก้วและคณะ (2550) พบว่าเกษตรกรในเขตภาคกลางที่ปลูกข้าวพันธุ์ไม่ไวแสงที่ราชการรับรองมีการใช้ปุ๋ยอัตราสูงกว่าคำแนะนำ แต่ให้ผลผลิตใกล้เคียงหรือต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง การเจริญเติบโตของพืชจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน สารปรับปรุงดินเป็นสารที่เมื่อใส่ลงในดินแล้ว สามารถช่วยปรับปรุงสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของดิน เพื่อให้เหมาะสมต่อการเติบโตของพืช (ปิยะ, 2553) ปัจจุบันมีความสนใจนำถ่านชีวภาพ (biochar) มาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ถ่านชีวภาพ คือวัสดุอินทรีย์ที่ถูกเผาในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำหรือไม่มีออกซิเจน ด้วยอุณหภูมิสูง 300- 600 องศาเซลเซียส หรือคือ วัสดุอินทรีย์ที่ถูกเผาเป็นถ่านแล้วเช่นเดียวกับถ่าน (charcoal) ถ่านชีวภาพมีรูพรุนสูง พื้นที่ผิวสัมผัสสูง ทำให้มีความสามารถในการดูดซับอินทรียวัตถุและธาตุอาหารที่สามารถละลายน้ำได้มาก เพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนประจุแคตไอออนของดิน และเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน (เสาวคนธ์, 2556) การใส่ถ่านชีวภาพในดินเหนียวปนทราย อัตรา 1600 กก./ไร่ ในแปลงปลูกข้าวพันธุ์เหลืองพันธุ์นาสารและข้าวรวม พบว่า ต้นข้าวที่ได้รับถ่านชีวภาพมีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น ได้แก่ ความสูง น้ำหนักแห้ง (ลำต้น

[1] **วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครสวรรค์ อ. เมือง จ. นครสวรรค์ 60000**
[1] Nakhonsawan College of Agriculture and Technology , Muang , Nakhonsawan, 60000

และราก) การแตกกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1000 เมล็ดเพิ่มขึ้น และข้าวพันธุ์นาสารให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวพันธุ์เหลืองและข้าวรวม (วิชุตา, 2556) ทัพไทและคณะ(2556) พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 2560 กก./ไร่ กับข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 สามารถเพิ่มจำนวนหน่อข้าวได้ แต่ไม่ทำให้น้ำหนักเมล็ดแตกต่างจากการไม่ใส่ถ่านชีวภาพ ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณถ่านชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข. 49

## อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial in CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่หนึ่ง คือ พันธุ์ข้าว ได้แก่ พันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข. 49 และปัจจัยที่สอง คือ ปริมาณของถ่านชีวภาพ มี 3 ระดับ ได้แก่ 0 3 และ 4 กิโลกรัม/วงบ่อ ถ่านที่ใช้เป็นถ่านที่ได้จากการเผาไม้ผสม นำมาบดให้มีขนาด 2- 3 เซนติเมตร นำกล้าข้าวอายุ 17 วันมาปลูกในวงบ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 75 เซนติเมตร วงบ่อละ 10 ต้น รักษาระดับน้ำให้สูงจากผิวดิน 5 เซนติเมตรตลอดการทดลอง เมื่อต้นข้าวอายุ 30 วัน หลังย้ายกล้า ใส่ปุ๋ยสูตร 16 -20 -0 ปริมาณ 64 กรัมต่อวงบ่อ และใส่ปุ๋ยสูตร 21 -4 -21 ปริมาณ 8 กรัม ร่วมกับปุ๋ยสูตร 46 – 0 – 0 ปริมาณ 2.7 กรัมต่อวงบ่อ เมื่อต้นข้าวอายุ 60 วันหลังย้ายกล้า วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน หลังจากย้ายปลูก 1 เดือน และหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต

## ผลการทดลอง

ดินที่ได้รับถ่านชีวภาพมีปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน และโพแทสเซียมสูงกว่าดินที่ไม่ได้รับถ่านชีวภาพทั้งช่วงเวลาเริ่มแตกกอและหลังเก็บเกี่ยว และการลดลงของปริมาณธาตุโพแทสเซียมในดินที่ไม่ได้รับถ่านชีวภาพมากกว่าดินที่ได้รับถ่านชีวภาพ หลังจากเก็บเกี่ยว (Table 1) ส่วนการเจริญเติบโตทางความสูงของต้นข้าว พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพไม่มีผลต่อความสูงของต้นข้าวที่อายุ 30 วันหลังย้ายกล้าและต้นข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีความสูงน้อยกว่าพันธุ์ กข. 49 โดยต้นข้าวที่ไม่ได้รับถ่านและได้รับถ่านในปริมาณต่ำ มีความสูงมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับถ่านชีวภาพในปริมาณสูง เมื่อต้นข้าวอายุ 60 วันหลังย้ายกล้า พบว่าความสูงของต้นที่ได้รับและไม่ได้รับถ่านชีวภาพมีความสูงไม่แตกต่างกัน และข้าวพันธุ์ กข. 49 มีความสูงมากกว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (Table 2) ถ่านชีวภาพมีผลต่อจำนวนต้นต่อกอ และน้ำหนักผลผลิต โดยต้นข้าวที่ได้รับถ่านในปริมาณสูง ให้จำนวนต้นต่อกอและน้ำหนักผลผลิตมากกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับถ่านและได้รับถ่านในปริมาณต่ำ น้ำหนักผลผลิตข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ส่วนน้ำหนัก 1000 เมล็ด พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพไม่มีผลต่อน้ำหนักเมล็ด 1000 เมล็ด และข้าวพันธุ์ กข. 49 มีน้ำหนักเมล็ด 1000 เมล็ดมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 (Table 3)

## วิจารณ์ผล

ถ่านชีวภาพทำให้ดินมีอินทรียวัตถุและธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อความสูงของต้นข้าว ถ่านชีวภาพมีผลต่อจำนวนต้นต่อกอ และน้ำหนักผลผลิต โดยการใช้ถ่านในปริมาณสูงทำให้มีจำนวนต้นต่อกอและน้ำหนักผลผลิตมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของทัพไทและคณะ(2556) พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพ อัตรา 2560 กก./ไร่ ทำให้ข้าวปทุมธานี 1 ทำให้มีจำนวนหน่อมากที่สุด การที่ต้นข้าวมีการแตกกอมาก ทำให้มีน้ำหนักผลผลิตเพิ่มนั้น อาจเนื่องมาจากดินที่ได้รับถ่านชีวภาพมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) สูง โดย Jien และ Wang (2013) พบว่าดินที่ใส่ถ่านชีวภาพมีค่า CEC เพิ่มขึ้นมากกว่าดินที่ไม่ได้ใส่ถ่านชีวภาพตลอดระยะเวลาที่ทดลอง 105 วัน ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ที่สูง ทำให้ธาตุอาหารพืชในดิน ในรูปไอออนที่มีประจุบวก เช่น โพแทสเซียมจะอยู่ในดินโดยไม่ถูกชะล้างให้สูญหายไปจากดินได้ง่าย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในดินหลังเก็บเกี่ยวมีปริมาณสูงกว่าดินที่ไม่ได้รับถ่านชีวภาพ และปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สูงมีผลต่อผลผลิตข้าว เช่นเดียวกับการทดลองของ พุทธิภณและคณะ (2557) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมสามารถช่วยเพิ่มการดูดใช้ธาตุอาหารและผลผลิตข้าวในสภาพดินเค็ม

## สรุปผล

การศึกษาผลของถ่านชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลิตข้าว พบว่า ถ่านชีวภาพเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนและชะลอการชะล้างของธาตุโพแทสเซียม ถ่านชีวภาพไม่มีผลต่อความสูงของข้าวทั้งสองสายพันธุ์ ถ่านชีวภาพปริมาณ 4 กก./วงบ่อเพิ่มจำนวนต้นต่อกอ น้ำหนักผลผลิต แต่ไม่เพิ่มน้ำหนักเมล็ด 1000 เมล็ด

**คำขอบคุณ**

ขอขอบคุณวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครสวรรค์ให้เงินทุนสนับสนุนในการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

กิ่งแก้ว คุณเขต, นิตยา รื่นสุข, สมโรจน์ ประกอบบุญ,ประนอม มงคลบรรจง, สำราญ อินแถลง, อดุลย์ กฤษณะวะดี, วาสนา อินแถลง, ชิษณุชา บุดดาบุญ, ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ, วลัยพร ศะศิประภา, ทอม เตียะเพชร, นิทัศน์ กาญจนภา, จิราภา เมืองคล้าย และ จำนง ศรีนิมิต, 2550, การจัดการเขตศักยภาพการผลิตข้าว 3 จังหวัดภาคกลาง. วารสารวิชาการข้าว. 1(1): 5-20

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ

ทัพไท หน่อสุวรรณ, อรรถชัย จินตะเวช และ สิทธิชัย ลอดแก้ว, 2556, ความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอชาร์เพื่อเพิ่มผลผลิตในระบบการผลิตข้าวนาสวน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 32(2): 184-193

ปิยะ ดวงพัตรา. 2553. สารปรับปรุงดิน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พุทธิภณ ศิริมูล ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช พรทิพย์ ศรีมงคล และ วิมลนันทน์ กันเกตุ. 2557. อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการดูดใช้ธาตุอาหารและผลผลิตของข้าวในสภาพดินเค็ม. ว. วิทย์. กษ. 45(2)(พิเศษ): 637-640

วิชุตา กัลยาศิริ, 2556, ผลของถ่านชีวภาพที่มีต่อผลผลิตข้าวและคุณภาพดินเหนียวปนทราย กรณีศึกษาตำบลป่าเต็ง อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เสาวคนธ์ เหมวงษ์, 2556, ถ่านชีวภาพ: การกักเก็บคาร์บอนและความอุดมสมบูรณ์ของดิน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 31(1): 104-113

Jien, S.H. and Chien, S., 2013, Effects of Biochar on Soil Properties and Erosion Potential in a Highly Weathered Soil. Catena 110: 225-233

**Table 1** Effect of biochar on organic matter, phosphorus and potassium in soil.

| Treatment | | Tillering | | | | Harvesting | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | OM (%) | N (%) | P mg/kg | K mg/kg | OM (%) | N (%) | P mg/kg | K mg/kg |
| A : Pathum thani 1 | B: biochar 0 kg. / pot | 3.13 b | 0.156 b | 36.00 | 157.00 bc | 3.03 b | 0.151 b | 15.50 | 94.00 b |
| | 3 kg/ pot | 3.34 ab | 0.166 a | 39.25 | 179.50 abc | 3.23 ab | 0.161 a | 15.00 | 121.50 a |
| | 4 kg/pot | 3.44 a | 0.171 a | 27.50 | 230.00 ab | 3.39 a | 0.169 a | 11.50 | 141.50 a |
| A: RD 49 | B: biochar 0 kg. / pot | 3.24 b | 0.161 b | 43.00 | 134.50 c | 2.98 b | 0.149 b | 11.00 | 73.50 b |
| | 3 kg/ pot | 3.62 ab | 0.180 a | 38.50 | 240.00 a | 3.10 b | 0.154 a | 15.50 | 141.75 a |
| | 4 kg/pot | 3.70 a | 0.184 a | 42.25 | 260.00 ab | 3.22 ab | 0.161 a | 20.50 | 147.5 a |
| A | | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| B | | * | * | ns | * | * | * | ns | ns |
| A x B | | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| C.V.(%) | | 8.29 | 8.28 | 30.33 | 29.88 | 5.33 | 5.28 | 56.58 | 42.07 |

Means within the same column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level.

**Table 2** Effect of biochar on rice height (cm.) at 30 and 60 days after planting.

| Treatment | | Days after planting | |
|---|---|---|---|
| | | 30 day | 60 day |
| A : Pathum thani 1 | B: biochar 0 kg. / pot | 67.72 bc | 111.87 b |
| | 3 kg/ pot | 66.67 cd | 111.97 b |
| | 4 kg/pot | 62.70 d | 113.90 ab |
| A: RD 49 | B: biochar 0 kg. / pot | 71.50 a | 114.65 ab |
| | 3 kg/ pot | 70.75 a | 115.87 a |
| | 4 kg/pot | 69.77 ab | 115.82 a |
| A | | ** | ** |
| B | | * | ns |
| A x B | | ns | ns |
| C.V.(%) | | 1.99 | 1.89 |

Means within the same column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level

**Table 3** Effect of biochar on tiller number and yield of rice.

| Treatment | | Days after planting | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Tiller number | Yiled (g/pot) | 1000 grain weight (g) |
| A : Pathum thani 1 | B: biochar 0 kg. / pot | 30.95 b | 606.25 b | 28.11 c |
| | 3 kg/ pot | 29.70 b | 628.75 b | 28.08 c |
| | 4 kg/pot | 41.44 a | 768.75 a | 28.77 bc |
| A: RD 49 | B: biochar 0 kg. / pot | 22.57 c | 551.25 b | 30.64 a |
| | 3 kg/ pot | 32.55 b | 660.00 ab | 30.12 ab |
| | 4 kg/pot | 31.42 b | 656.25 ab | 29.56 abc |
| A | | * | ns | ** |
| B | | * | * | ns |
| A x B | | * | ns | ns |
| C.V.(%) | | 8.85 | 0.68 | 4.84 |

Means within the same column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level

# ผลของการลวกไอน้ำร้อนต่อคุณสมบัติทางกายภาพชีวเคมีของกระเทียมสดพร้อมปรุง

## Effect of Stream Blanching on Physio-chemical Properties of Ready to Cook Garlic

Aljay Valida[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[2] พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[2] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[2]
Valida, A.[1], Uthairatnakij, A[2]., Boonyarithongchai, P.[2] and Jitareerat, P.[2]

## Abstract

The objective of this research was to study the effects of blanching on the physio-chemical properties of ready-to-cook garlic. The samples were peeled, washed, and blanched using an electric streamer at 100°C for 30 or 60 sec. Samples were then cooled in an ice bath (5-7°C) for 1 min, chopped using a blender, packed in a foam tray, sealed with PVC film and kept at 4°C for 10 days. Non-treated samples served as the control. Browning Index (BI), color and sensory quality, vitamin C, DPPH antioxidant activity, and microbial population were measured. Blanching for 60 sec immediately reduced browning after treatment (day 0 only). No differences occurred in vitamin C content, % DPPH Inhibition and total aerobic bacteria. Garlic blanched for 60 sec and stored for 10 days was preferred by the panel. We have shown that a low-cost approach such as blanching can maintain quality of ready-to-cook products and has commercial potential.
**Keywords**: Browning Index, DPPH assay, Total Aerobic Bacteria, Vitamin C content

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการลวกไอน้ำร้อนต่อคุณสมบัติทางกายภาพ-ชีวเคมีของกระเทียมสดพร้อมปรุง นำกระเทียมมาปอกเปลือก ล้าง และลวกด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100ºC นาน 30 และ 60 วินาที จากนั้นทำให้เย็นในอ่างน้ำเย็น อุณหภูมิ 5-7ºC นาน 1 นาที บทหยาดด้วยเครื่องบด บรรจุในถาดโฟมหุ้มฟิล์ม PVC เก็บรักษาที่ 4ºC เป็นเวลา 10 วัน ส่วนกระเทียมที่ไม่ได้ลวกใช้เป็นชุดควบคุม วิเคราะห์ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล คุณภาพด้านสีและการยอมรับ ปริมาณวิตามินซี กิจกรรม DPPH และปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด พบว่าการลวกไอน้ำนาน 60 วินาทีลดการเกิดสีน้ำตาลได้ทันที (วันที่ 0) การลวกไอน้ำไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี, %DPPH inhibition และปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด และกระเทียมที่ผ่านการลวกไอน้ำร้อนนาน 60 วินาทียังได้รับการยอมรับจากผู้ประเมิน งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการลวกผลผลิตด้วยไอน้ำสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์พร้อมปรุงได้และสามารถนำไปใช้ในการค้าได้
**คำสำคัญ** : ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล การวิเคราะห์ DPPH เชื้อแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณวิตามินซี

## Introduction

Ready to cook or fresh-cut products are often sold in open-air markets and food stands in many Asian countries and are increasingly being sold in supermarkets. Often these products are displayed without the benefits of refrigeration so their shelf-life frequently does not extend beyond the day of display. In Thailand, fresh-cut vegetables such as garlic command a larger market share than fresh-cut fruits (Sa-nguanpuag et al., 2007). With growing consumer demand for ready-to-cook/eat products, the market for these products in Thailand is likely to show a continued growth (James et al., 2010). Fresh-cut products are microbial sensitive entities and highly susceptible to browning as a response to the trimming, peeling and cutting processes. Recently, fresh-cut fruits have been treated with hot water and hot air treatments to maintain quality and safety during prolonged storage and marketing (Noreňa et al., 2011). This study objective was to determine the effects of blanching on the physio-chemical properties of ready-to-cook garlic.

[1] Postharvest Division, Department of Horticulture, Visaya State University, Philippines
[2] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 10150
[2] Postharvest Division, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 10150

## Materials and Methods

Samples were peeled, washed, and blanched using an electric streamer at 100°C for 30 or 60 sec. Untreated samples served as control. Samples were then cooled in an ice bath (5-7°C) for 1 min, chopped using a blender, packed in a foam tray, sealed using PVC film and kept at 4°C for 10 days. Product quality was evaluated in terms of color using a Minolta CR-400 colorimeter, Browning Index (BI) was calculated using the following equation BI={100(x-0.31)}/100 where x=(a+1.75L)/(5.645L+a-3.021b), sensory quality (color, and aroma) using 10 trained panelists and a 1-5 rating scale describing the variation in each attribute and 9-point Hedonic scale for acceptability of each attribute. The general acceptability was also evaluated using a 9-point Hedonic scale. Vitamin C and DPPH antioxidant activity was assayed using a UV-1800 Shimadzu Spectrometer. Microbial analysis was performed after 3 hrs from treatment using plate count agar following US-FDA (2001) methods and the data were expressed as log (CFU/ml). Analysis of variance (ANOVA) and treatment mean comparison by the Least Significant Difference (LSD) were performed using the STAR program of the International Rice Research Institute.

## Results and Discussion

Browning index of garlic treated for 60 sec was lower than the control and 30 sec treatment especially on day 0 only) (Fig. 1A). A similar trend in b* values was also observed for 60 sec blanching relative to the control and 100°C for 30 sec (Fig. 1B and 2). Heat inactivation of enzymes is fundamental to preserving the color of the raw material before any transformation (Ndiaye et al., 2009). Low temperature and low oxygen content in the package also slows the browning rates but does not completely stop it. Blanching did not affect the total aerobic population or the % DPPH inhibition. The total aerobic count ranged from 1.63-2.36 log CFU/ml while % DPPH inhibition from 2.63-15.73 (Fig. 1C-D). Allicin imparts the characteristic aroma of garlic. It has antimicrobial and antioxidant properties that could have contributed to antioxidant activity and lowered the microbial population (Rabinkov et al., 1998). Vitamin C (DHA and ASA) also did not differ among treatments (data not shown). Vitamin C is sensitive to heat treatments like blanching, boiling, cooking and sterilization of foods. Loss of vitamin C increased with heating time but occurs at a slower rate during low temperature storage (Gudden et al., 2012). Garlic blanched for 60 sec were preferred by the panelist in terms of color and aroma that corresponded with the General acceptability value after 10 days storage (Table 1). This panel results suggest that the quality of blanched garlic was better when compared to the control. Initial purchases are based on appearance and freshness, but flavor enjoyment is essential for repeat purchases (Escribano et al., 2014).

## Conclusions

Blanching at 100°C for 60 sec was effective in maintaining the color and sensory quality of ready-to-cook garlic after 10 days storage and has no adverse effect on the DPPH activity and vitamin C content. Initial microbial load was lower among treatments. The result offers a low-cost approach that can be integrated in a commercial scale in maintaining quality of ready-to-cook products.

## Literature Cited

Escribano, S. and Mitcham, E.J., 2014, Progress in heat treatments, Stewart Postharvest Review 3:2

Gudden, S. and Yadava, U., 2012, Effect of Heat Processing on the Vitamin - C of some Fruits, Lambert Academic Publishing, pp. 1-92.

James, J.B. and Ngarmsak, T., 2010, Processing of Fresh-Cut Tropical Fruits and Vegetables: A technical guide, Rap Publication 2010/16, pp. 1-102.

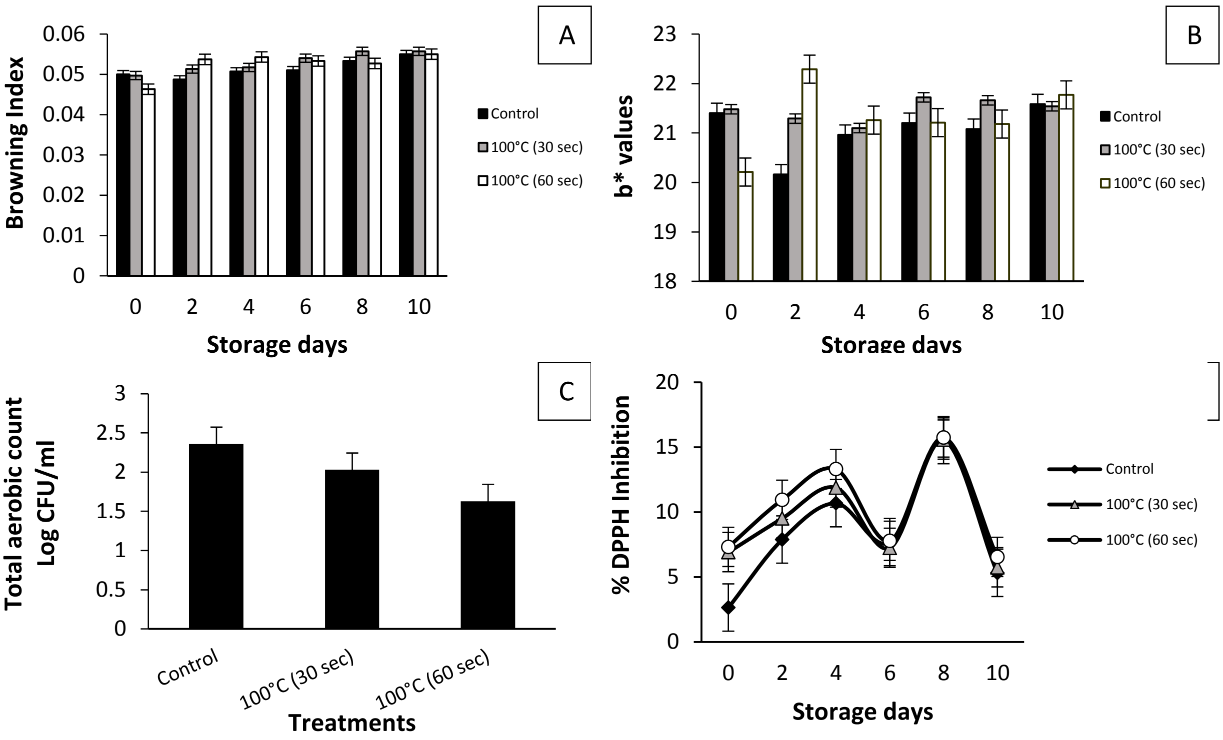
Ndiaye, C., Xu, S.Y. and Wang, Z., 2009, Steam Blanching Effect on Polyphenoloxidase, Peroxidase and Color of Mango (*Mangifera indica* L.) slices, Food Chemistry, 113:92–95.

Noreña, C.P.Z., and Fante, L., 2011, Enzyme inactivation kinetics and colour changes in Garlic (*Allium sativum* L.) blanched under different conditions, Journal of Food Engineering, 108:436–443

Rabinkov, A., Miron, T., Konstantinov, L., Wilcjhek, D. and Weinre, L., 1998, The Mode of Action of Allicin: Trapping of Radicals and Interaction Thiol Containing Proteins. Biochimicaet Biophysuca Acta Mollecular Cell Research, 1379 (2):233–244.

US-FDA (US-Food and Drug Administration), 2001, Bacteriological Analytical Manual (revised edition) http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm#references

Sa-nguanpuag, K., Kanlayanarat, S. and Tanprasert, K., 2007, Trends of Fresh-cut Produce in Thai Retail Markets for Identification of Packaging for Shredded Green Papaya, Acta Horticulturae, 746: 481-483.




Figures 1. The browning Index (A), b* values (B), Total aerobic count (C), and % DPPH inhibition (D) of blanched garlic treated for 30 or 60 sec at 100°C followed by storage at 4°C for 10 days.

**Table 1** Panel evaluation of garlic blanched at 100°C for 30 or 60 sec then stored 4°C for 10 days. Descriptive (Des.) and acceptability (Acc.) rating of sensory quality attributes and overall acceptability of ready-to-cook garlic.

| TREATMENT | COLOR | | AROMA | | OVERALL ACCEPTABILITY |
|---|---|---|---|---|---|
| | Des. | Acc. | Des. | Acc. | |
| Control | 3.60b | 6.03b | 3.10b | 5.5 | 5.60b |
| Blanched 100°C, 30 sec | 3.50b | 6.23b | 3.27ab | 5.63 | 5.60b |
| Blanched 100°C, 60 sec | 3.90a | 6.53a | 3.63a | 6.17 | 6.23a |
| ANOVA | * | * | * | ns | * |
| CV (%) | 3.52 | 2.06 | 6.16 | 5.17 | 3.76 |

*Color descriptive rating: 5-yellow, 4-light yellow, 3-slight brownish yellow, 2-moderate brownish yellow, 1-intense brownish yellow.*

*Aroma descriptive rating: 5-strong cucumber aroma, 4-moderate, 3-slight, 2-none or absent, 1-others, specify.*

*Acceptability/General Acceptability rating: 9-like extremely, 8-like very much, 7-like moderately, 6-likeslightly, 5-neither like nor dislike, 4-dislike slightly, 3-dislike moderately, 2-dislike very much, 1-dislike extremely*

*ANOVA (analysis of variance): ns-not significant,*-significant 5% level.*

# Postharvest Ethanol Vapor Treatment Delays Chlorophyll Degradation and Maintains Quality of Thai Lime (*Citrus aurantifolia* Swingle cv. Paan) Fruit

Opio, P.[1], Pongphen, J.[1,2], Pongprasert, N.[1,2], Wongs-Aree, C.[1,2], Suzuki, Y.[3] and Srilaong, V.[1,2]

## Abstract

Postharvest quality deterioration in Lime (*C. aurantifolia* Swingle cv. Paan) fruit is indicated by loss of green color as a result of Chlorophyll degradation. The Efficacy of postharvest vapor treatment to delay Chlorophyll degradation and quality maintenance of lime was investigated. Mature lime fruits were packaged in perforated polyethylene box liners with 0.3 and 0.6g of ethanol pads and without, then stored under $10^{0}$C. The results revealed that 0.6g Ethanol pad effectively delayed Chlorophyll degradation and remarkably maintained ascorbic acid content in Lime. Weight loss was more pronounced in control without heat sealed package compared to treatments with. No significant changes in TA and TSS were recorded however; 0.6g ethanol pad maintained highest TA. These results show that postharvest ethanol vapor treatment delayed Chlorophyll degradation and maintained quality of lime.

**Keywords:** ascorbic acid, chlorophyll degradation, ethanol pad, postharvest quality

## Introduction

Lime (*Citrus aurantifolia Swingle cv. Paan*) like any green leafy vegetable, broccoli and other horticultural crops is highly susceptible to postharvest yellowing as a result of chlorophyll degradation during transportation and storage (Srilaong et al., 2011). And yet the greenness of the peel is a very important indicator of quality in terms of nutritional value and a potential to attract premium prices in the market (Pranmornkith et al., 2005). It is therefore important to identify an appropriate postharvest technique that is environmentally friendly, cost effective, easy to apply and readily available to maintain quality and prolong the shelf life of the fruit. Of recent, several studies have been conducted that have implicated postharvest ethanol vapor effectiveness to delay senescence and suppress ethylene responsiveness and biosynthesis in broccoli florets (Asoda et al., 2009). Furthermore, it has been reported that postharvest ethanol vapor treatment delays chlorophyll degradation in broccoli (Suzuki et al., 2010) and Saduchi fruits (Noma et al., 2009) through suppression of activities and gene expression of Chl catabolic enzymes. However application of postharvest ethanol vapor treatment to Thai lime fruits is yet to be explored. This study therefore investigated the efficacy of postharvest ethanol vapor treatment to delay Chlorophyll degradation and maintain quality of lime fruits.

## Materials and Methods

**Plant material:** Mature green Thai limes (*C. aurantifolia* Swingle cv. Paan) were harvested from a commercial orchard in Nakhon Pathom province, Thailand. On arrival to the laboratory, sorting of fruits was done for uniformity in maturity, size, shape, peek color and freedom from defects. After sorting, fruits were packaged with ethanol vapor generating pad of 0.3g or 0.6g (Antimold®0.3 and Antimold®0.6 respectively) in a heat sealed perforated polyethylene (PPE) box liner. (6mm hole diameter and 25 µm thick polyethylene). Two controls were used with, first having the package placed in the polyethylene bag (Control 1) and second heat sealed with fruits placed in PPE box liner (control 2). Each replicate had four fruits (on average of 80g) per package, three replication per treatment and stored at $10^{0}$C. Samples were withdrawn for analysis in a five day interval for 30 days. The results show the average values with SE.

---

[1]Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand
[2]Postharvest Technology Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangkok 10400, Thailand
[3]Department of Agrobiological Resource, Faculty of Agriculture, Meijo University, Nagoya 468-8502, Japan

**Quality evaluation**: Weight loss was calculated as percent loss of initial weight. Total soluble solids (TSS) content and titratable acidity were assessed in juice obtained from fruits in each replicate. TSS content determined using a hand refrac-tometer (Model N1; Atago Co., Tokyo, Japan). Titratable acidity (TA) of fruit juice was measured by titrating 5 mL juice with 0.1 N NaOH, to using 1–2 drops of 1% (v/v) phenol-phthalein as an indicator until the end-point. The Titratable acidity was expressed as percentage of citric acid (meq. citric acid = 0.064).

**Chlorophyll assay**: Chlorophyll a and b content was determined using N,N-dimethylformamide (Moran,1982).

**Ascorbic acid**: Total ascorbic acid content was determined by the method of Hashimoto and Yamafuji (2001) with slight modifications.

## Results and Discussion

**Weight loss**: Lime fruits packed in heat sealed perforated polyethylene box line (PPE) showed a significantly lower weight loss compared to the package without heat seal (Figure 1A). Insignificant weight loss differences were observed in heat sealed PPE box liners with Ethanol pads and that without. Noma et al. (2012) observed the ability of Ethanol pads to reduce weight loss in Sudachi (*Citrus suchachi* hort. ex. shurai) fruits. Moreover, small weight loss differences were reported in table grapes between ethanol vapor treatment and control (Karabulut, 2012). In this study, the ability of the packaging technique and ethanol pad to retard weight loss could be attributed to suppression of respiration of the produce within the package.

**Changes in Chlorophyll a content**: Postharvest yellowing in green leafy vegetables, lime and other horticultural crops as a result of chlorophyll degradation is an indicator of a loss in a very important quality attribute (Srilaong et al., 2011). In this study, Packaging lime fruits with 0.6g Ethanol pad greatly delayed degradation of chlorophyll a (Figure 1B). It maintained the highest chlorophyll content on the peel throughout the storage period compared to the controls with and without sealed packages. Compared to the previous findings, postharvest ethanol vapor treatment delayed chlorophyll degradation in Saduchi fruits (Noma et al., 2009) and Broccoli florets (Suzuki etal., 2004) which consequently agree with our findings. It is suggested that postharvest ethanol vapor treatment brings about a delay in chl degradation in two ways; in that it suppresses the activities and gene expression of catabolic enzymes (Suzuki et al., 2010) and on the other hand it represses ethylene responsiveness as well as biosynthesis thus delaying senescence (Asoda et al., 2009).

**Vitamin C** : The vitamin C content in fruits varied considerably in the first 10 days of storage period in all treatments in the range of 24.25 - 60.41 (Figure 1C). The control without sealed packaging and 0.3g ethanol pad treatments observed a remarkable increase in vitamin C in day 10. After day 10, there was a considerable decline in Vitamic C in 0.3 g ethanol pad treatment, control with sealed and without sealed packaging treatments. 0.6g ethanol pad consistently maintained vitamin C content in the overall storage period. It registered a significantly higher levels in the last 10 days of storage period. In contrast to this study, Noma et al. (2009) reported no sigficant effect of ethanol vapor treatment on Vitamin C content in Saduchi fruits. Similar to this study, Candir et al. (2012) observed a significantly higher anthocyanin content in 'Red Globe' grapes during 2 month storage period with postharvest ethanol vapor treatment. It can be suggested that the ability of Ethanol vapor to consistently to maintain vitamic C content in Lime fruit is related to a delay in senescence (Suzuki et al., 2004; Han et al., 2006; Asoda et al., 2009) as this possibly results in preservation of quality and shelf life of fruit.

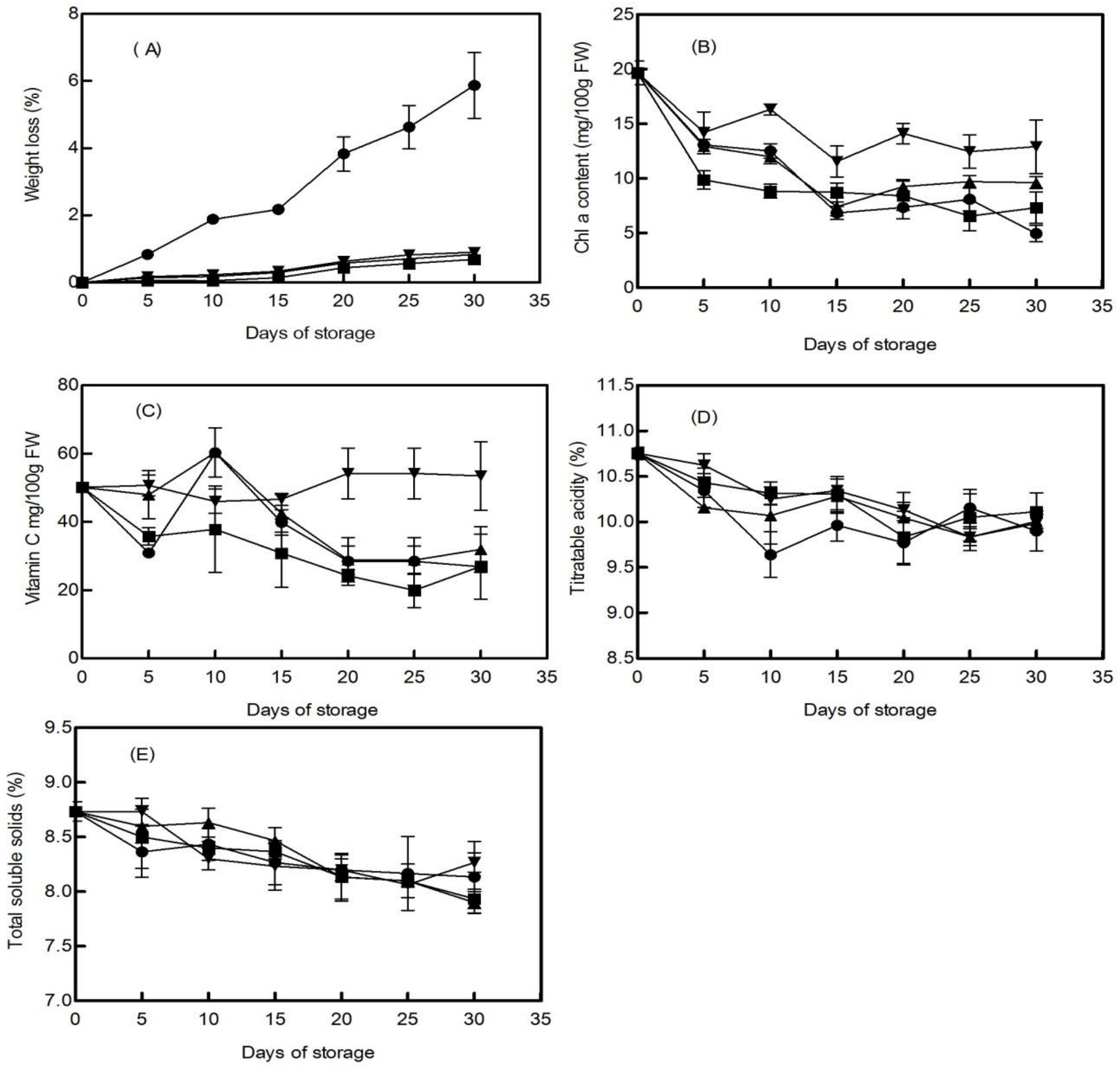



**Figure 1** Changes in the weight loss (A), Chl a (B), Vitamin C (C) Titratable acidity (D) and Total soluble solids in Lime of control 1 without heat sealed package (-●-), control 2 with heat sealed (-■-), 0.3g ethanol pad (-▲-) and 0.6g ethanol pad (-▼-) during storage at 10 ˚C. Vertical bars represent the average values with SE (n = 3).

**Titratable acidity (TA) and Total soluble solids (TSS):** Generally in the course of the storage period, there was an overall decline in TA and TSS in all treatments. For TA, control without heat seal packaging registered the lowest in day 10 (Fig 1D). Meanwhile, 0.6 g ethanol pad maintained a slightly higher TA in the first 20 days compared to other treatments. In this study the TSS varied among treatments with a range of 7.9-8.7 during the storage. There was no significant difference in treatments but 0.6g ethanol pad also appeared to slightly maintain higher TSS in lime in the first 15 days and on the last day of storage (Fig 1E). The effect of Ethanol vapor releasing pads on TA and TSS in Lime fruits was not significant during the storage period. The findings in this study are in consistent with previous studies that showed that ethanol treatment in form of vapor or dipping had no effect on TSS in table grapes (Candir et al., 2011), Saduchi fruits (Noma et al., 2009)

In conclusion, the findings in this study revealed that 0.6g ethanol vapor treatment effectively delayed chl degradation in Lime fruits. In addition, it consistently maintained the vitamin C content throughout the storage period, reduced weight loss but had no significant effect on TSS and TA. Overall 0.6g Ethanol pad could be a potential candidate to be applied commercially to delay Chl degradation and maintain quality in lime fruits.

### Acknowledgement

We would like to thanks Thailand International Cooperation Agency (TICA) and Freund Corporation, Japan for supporting this research.

### Literature Cited

Asoda, T., Terai, H., Kato, M., Suzuki, Y. 2009. Effects of Postharvest Ethanol Vapor Treatment on Ethylene Responsiveness in Broccoli, Postharvest Biol. Technol., 52: 216–220

Candir, E., Onder, K., Ozdemir, A.E., Celebi, S., Coskun, H., Ars, M., Alkan, S. 2011. Alternative Postharvest Treatments to Control Decay Of Table Grabes during Storage, Journal of applied Botany and Food Quality., 84: 72-75

Han, J.H., Tao, W.Y., Hao, H.K., Zhang, B.L., Jiang, W.B., Niu, T.G., Li, Q.H., and Cai, T.Y., 2006, Physiology and Quality Responses Of Fresh-cut Broccoli Florets Pretreated with Ethanol Vapor, J. Food Sci., 71: 385–389.

Hashimoto, S., Yamafuji, K. (2001). The Determination of Diketo-L-gulonic acid, Dehydro-L-ascorbic Acid, and L-ascorbic acid in the Same Tissue Extract by 2,4-dinitrophenol Hydrazine Method, J. Biol., Chem. 147:201-208.

Karabulut, O.A., Gabler, F.M., Mansour, M., and Smilanick J.L., 2004, Postharvest ethanol and Hot Water Treatments of Table Grapes to Control Gray Mold, Postharvest Biol. Technol., 34: 169-177.

Moran, R. 1982. Formulae for Determination of Chlorophyllous Pigments Extracted with *N*,*N*-dimethylformamide, Plant Physiol, 69: 1376–1381.

Noma Y, Suzuki, Y., Terai, H., and Yamauchi, N., 2009, Effects of Postharvest Ethanol Vapor Treatment on Quality of Sudachi (*Citrus suchachi* hort. ex. shurai) Fruit, Food preservation science., 35 (4): 187-193.

Pranmornkith, T., Mawson, A.J., and Heyes, J.A., 2005., Effect of CA and Alternative Postharvest Treatments on Quality of Lime (*Citrus latifolia* Tanaka) Fruit, In: Proceedings of 9$^{th}$ International Controlled Atmosphere Research Conference, Michigan StateUniversity, ISHS, 5–10 July, pp. 21–27.

Srilaong, V., Aiamla-or, S., Soontornwat, A., Shigyo, M., and Yamauchi, N., 2011, UV-Birradiation Retards Chlorophyll Degradation in Lime (*Citrus latifolia* Tan.) Fruit, Postharvest Biol. Technol., 59: 110 -112.

Suzuki, Y., Uji, T., and Terai, H., 2004, Inhibition of senescence in Broccoli Florets with Ethanol Vapor from Alcohol Powder, Postharvest Biol. Technol., 31, 177–182.

Suzukia, Y., Fukasawaa, A., Teraia, H., and Yamauchi, N. 2010. Effects of Postharvest Ethanol Vapor Treatment on Activities and Gene Expression of Chlorophyll Catabolic Enzymes in Broccoli Florets, Postharvest Biol. Technol., 55: 97-102

Ustun, D., Candir, E., Ozdemir, A.E., Kamiloglu, O, Soylu, E.M, and Dilbaz, R., 2012, Effects of Modified Atmosphere Packaging and Ethanol Vapor Treatment on the Chemical Composition of ‘Red Globe’ Table grapes During Storage, Postharvest Biol. Technol., 68: 8–15.

# การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางฟ้า

# Postharvest Handling Appropriate to Extend the Shelf-life of Sajor-Caju Mushroom

**ศรัญญา วอขวา**[1]

Saranya Workhwa[1]

## Abstract

The shelf-life of mushrooms is limited because mushrooms are highly perishable and tend to lose quality after harvest. This loss in quality is a major problem for consumers and farmers. The objective of this research was to study postharvest handling of Sajor-Caju mushroom for extending its shelf-life. Experiments were performed by pre-cooling and non-precooling before storage with 2 kinds of packaging, polyethylene (PE) bag and stencil paper to extend the self-life during storage. Results showed that the use of PE bags had minimal of weight loss of 5.69%. However, biological changes of mushrooms maintained a temperature of 10°C slowed the spoilage of mushroom throughout the self-life of 6 days with a low spoilage score of 3.67. Precooling treatment with PE bag and 10 grams sorbital found to reduce moisture from 93.03 to 82.32% throughout its shelf-life.

**Keywords:** shelf-life, Sajor-Caju mushroom, postharvest handling

## บทคัดย่อ

อายุการเก็บรักษาเห็ดเป็นปัญหาสำหรับผู้บริโภคและเกษตรกร เน่าเสียง่ายและมีแนวโน้มให้สูญเสียคุณภาพภายหลังการเก็บ ดังนั้นการศึกษานี้เป็นการศึกษาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวต่ออายุการเก็บรักษาเห็ดนางฟ้า โดยการใช้กรรมวิธีแช่เย็น และไม่ทำกรรมวิธีแช่เย็น ก่อนการเก็บรักษาร่วมกับบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีน (PE) และกระดาษไข พบว่าเห็ดนางฟ้าที่ผ่านกรรมวิธีแช่เย็นก่อนร่วมกับการใช้ถุง PE มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 5.69 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพของเห็ดนางฟ้าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเน่าเสียของเห็ดตลอดอายุการเก็บรักษา 6 วัน และพบว่าจำนวนดอกเห็ดเน่าเสียมีคะแนนน้อยที่สุดเท่ากับ 3.67 คะแนน กรรมวิธีแช่เย็นก่อนร่วมกับการใช้ถุง PE และใช้ซอร์บิทอล 10 กรัม พบว่าสามารถลดความชื้นจาก 93.03 เป็น 82.32 เปอร์เซ็นต์ ตลอดอายุการเก็บรักษา

**คำสำคัญ**: อายุการเก็บรักษา เห็ดนางฟ้า การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

## คำนำ

เห็ดนางฟ้า มีชื่อสามัญว่า Sajor-Caju Mushroom มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *sajor-caju* (Fr.) Singer เป็นพืชทางการเกษตรที่สาคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศชนิดหนึ่ง เป็นเห็ดที่มีกลิ่นหอม เนื้อแน่น เจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย นอกจากนี้เห็ดนางฟ้าอุดมด้วยวิตามินต่างๆ โดยเฉพาะวิตามินบี (ไรโบฟลาวิน) และไนอะซีน พบว่าเห็ดนางฟ้ามีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 วันที่อุณหภูมิปกติ การเก็บผลิตผลข้ามคืนจะทำให้มีรสชาติและลักษณะปรากฏด้อยลง คือมีรสขม สีเหลืองและคล้ำขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงได้นำการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเห็ด เช่น การเก็บรักษาโดยใช้ความเย็น อุณหภูมิต่ำจะช่วยยับยั้งอัตรการหายใจให้ช้าลง ยับยั้งขบวนการเมตาโบลิซึมให้ช้าลง ช่วยควบคุมการสูญเสียน้ำของผลิตผล ชะลอ การเสื่อมสลาย จากการศึกษาของ Quimio และคณะ (1990) พบว่าการเก็บเห็ดบรรจุในกล่องพลาสติกภายใต้อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาเห็ดได้ 4 วัน โดยมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ การเก็บรักษาเห็ดโดยใช้สภาพควบคุมบรรยากาศ (จีรนันท์, 2544)กล่าวว่าสภาพบรรยากาศให้มีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถชะลอการเสื่อมมสภาพเห็ดแชมปิญองได้และ (Roy และคณะ, 1995) ได้รายว่าการควบคุมการเก็บรักษาเห็ดแชมปิญองสด โดยใช้สภาพดัดแปลงบรรยากาศลดการบานของเห็ดแต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเห็ด และ การเก็บรักษาภายใต้ฟิล์มชนิดต่างๆ โดย (Ben-Yehoshue, 1985)

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

[1] Department of Food science and Technology, Faculty of Technology, UdonThaniRajabhat University 64 Thaharn Road, Muang, UdonThani 41000

รายงานว่าการบรรจุผักและผลไม้ในฟิล์มพลาสติกสามารถลดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ลดการเน่าเสีย และชะลอการเสื่อมสภาพของผักและผลไม้บางชนิดได้ การใช้ polyethylene films ซึ่งมีการซึมผ่านของไอน้ำต่ำในการห่อหุ้มภาชนะบรรจุเห็ด ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์ที่มีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น จะสามารถทำให้เห็ดคายน้ำได้น้อยลง ซึ่งจะมีผลในการชะลอการเหี่ยวของเห็ดได้ และการเก็บรักษาเห็ดโดยใช้สารเคมี เพื่อช่วยควบคุมความชื้นในภายในภาชนะบรรจุได้แก่ sorbitol และ sodium chloride sorbitol ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าในสภาพปรับบรรยากาศและยืดอายุการเก็บรักษา และศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพเห็ดนางฟ้าระหว่างการเก็บรักษา เพื่อลดการสูญเสียและเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของเห็ดนางฟ้า

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำเห็ดนางฟ้าที่ทำการเก็บเกี่ยวหลังจากเขี่ยหัวเชื้อลงปุ๋ยหมักประมาณ 3 สัปดาห์ จากฟาร์มเห็ดในจังหวัดอุดรธานี โดยทำการเลือกเห็ดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการ โดยจะทำการทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง

**การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเห็ดนางฟ้าสด**

ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ 5, 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียสในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเห็ดนางฟ้าสด นำอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาจากการทดลองที่ 1 เพื่อนำมาทำการศึกษาในการทดลองที่ 2 โดยการทดลองที่ 1 ทำการเก็บข้อมูลด้านการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ โดยจะให้คะแนนจำนวนดอกเห็ดที่เน่าเสีย จากผู้ทดสอบจำนวณ 20 คน (โดยจำนวนดอกเห็ดเน่าเสีย 76-100 เปอร์เซ็นต์ ให้คะแนนเป็น 5 จำนวนดอกเห็ดเน่าเสีย 51-75 เปอร์เซ็นต์ ให้คะแนนเป็น 4 จำนวนดอกเห็ดเน่าเสีย 26-50 เปอร์เซ็นต์ ให้คะแนนเป็น 3 จำนวนดอกเห็ดเน่าเสีย 1-25 เปอร์เซ็นต์ ให้คะแนนเป็น 2 จำนวนดอกเห็ดเน่าเสีย 0 เปอร์เซ็นต์ ให้คะแนนเป็น 1)

**การทดลองที่ 2 ศึกษากรรมวิธีจัดการก่อนการเก็บรักษาเห็ดนางฟ้าสด**

ศึกษาผลของการใช้กรรมวิธีแช่เย็น (pre-cooling) คือการลดอุณหภูมิล่วงหน้าโดยนำเห็ดนางฟ้าสดบรรจุในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็ง อุณหภูมิในกล่องโฟมประมาณ 10 องศาเซลเซียส เพื่อลดอุณหภูมิก่อนทำการเก็บรักษา และไม่ทำกรรมวิธีแช่เย็น(non-precooling) คือนำเห็ดบรรจุในกล่องโฟมโดยไม่บรรจุน้ำแข็ง ก่อนนำไปทำการเก็บรักษาโดยจะบรรจุในภาชนะบรรจุ 2 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิด โพลีเอทธิลีน (PE) และถุงเคลือบกระดาษไข เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (เป็นอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองที่ 1) โดยการทดลองที่ 2 ศึกษาร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ทำการชั่งน้ำหนักเห็ดนางฟ้าก่อนและหลังการเก็บรักษา คำนวณร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก

**การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของสารเคมีต่อคุณภาพของเห็ดนางฟ้าสด**

ศึกษาปริมาณของการใช้ sorbitol ที่ 4 ระดับ ได้แก่ 0, 1, 5 และ10 กรัม เพื่อดูดความชื้นในภาชนะบรรจุที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ได้จากการทดลองที่ 2 โดยการทดลองที่ 3 หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเห็ดนางฟ้า (ดัดแปลงจาก AOAC, 1990) โดยชั่งน้ำหนักเห็ดนางฟ้าก่อนนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น เพื่อให้อุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องจึงนำไปชั่งน้ำหนักหลังอบ การวิเคราะห์ข้อมูลทำโดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน และถ้าพบนัยสาคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพเห็ดนางฟ้า พบว่าจาก Table 1 การเน่าเสียของเห็ดนางฟ้าเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาพบว่าวันที่ 4 เห็ดนางฟ้าเริ่มมีกลิ่นสำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสและยังพบว่าตลอดอายุการเก็บรักษา เป็นเวลา 6 วัน จำนวนดอกเห็ดที่มีจำนวนดอกเห็ดเน่าสียโดยการให้คะแนนมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 5 คะแนน แสดงว่าจำนวนการเน่าเสียของเห็ดเน่าเสีย 76-100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นการเสื่อมสภาพในการเก็บรักษาและพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ปอร์เซ็นต์กับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 15 องศาเซลเซียส ละพบว่าจำนวนดอกเห็ดที่มีการเน่าเสียน้อยที่สุดเท่ากับ 3.67 คะแนน เป็นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งจำนวนดอกเห็ดเน่าเสีย 26-50 เปอร์เซ็นต์

จาก Table 2 การหาอัตราการสูญเสียน้ำหนักของเห็ดนางฟ้าพบว่า เห็ดนางฟ้ามีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาทั้ง 2 กรรมวิธี ได้แก่การลดอุณหภูมิล่วงหน้า และไม่ทำกรรมวิธีแช่เย็นพบว่าเมื่อเห็ด 6 วัน

เห็ดนางฟ้าที่ไม่ทำกรรมแช่เย็นร่วมกับการใช้ถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีน มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด เท่ากับ 5.69 เปออร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ผ่านการแช่เย็นร่วมกับการใช้ถุงกระดาษเคลือบไข ทั้งนี้การใช้กรรมวิธีแช่เย็นก่อนการเก็บรักษา อุณหภูมิต่ำอาจช่วยยับยั้งอัตรการหายใจและขบวนการเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึมให้ช้าลง และช่วยการสูญเสียน้ำของเห็ด (จุฬาภรณ์, 2545) และการใช้ถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีนช่วยในเรื่องการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ ทำให้ภายในภาชนะบรรจุมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น จำทำให้เห็ดคายน้ำน้อยลง (Ben-Yehoshue, 1985; จุฬาภรณ์, 2545)

ผลจากการใช้ซอร์บิทอล ในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเห็ดนางฟ้าสด ซึ่งการใช้ถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีนร่วมกับการใช้ซอร์บิทอลปริมาณ 10 กรัม มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 82.32 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งซอร์บิทอลเป็นสารเคมีที่ใช้ควบคุมความชื้น (Table 3)

## สรุปผล

กรรมวิธีแช่เย็นก่อนการเก็บรักษาร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีน (PE) มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เท่ากับ 5.69 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพของเห็ดนางฟ้าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเน่าเสียของเห็ดตลอดอายุการเก็บรักษา 6 วัน และพบว่าจำนวนดอกเห็ดเน่าเสียมีคะแนนน้อยที่สุดเท่ากับ 3.67 คะแนน การใช้ซอร์บิทอล 10 กรัมร่วมกับกรรมวิธีแช่เย็นและใช้ถุง PE พบว่าสามารถลดความชื้นจาก 93.03 เป็น 82.32 เปอร์เซ็นต์ ตลอดอายุการเก็บรักษา

## เอกสารอ้างอิง

จีรนันท์ จันทร์เจริญ, 2544, ส่วนประกอบของบรรยากาศและคุณภาพของเห็ดสดในบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่เป็นผลจากการใช้อุณหภูมิการเก็บไม่คงที่. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จุฬาภรณ์ ยิ่งยงวงศ์สกุล, 2545, การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเห็ดฟางสด คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia, USA, 770-771.

Ben-Yehoshue, S., 1985, Individual Seal-packaging of Fruits and Vegetable in Plastic Film-A new Postharvest Technique, HortSci. 20(1): 32-37.

Quimio, T.H., Chang, S.T., and Royse, D.J., 1990, Technical Guidelines for Mushroom Growing in the Tropics, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italy.

Roy, S., Anantheswaran, R. C.. and Beelman, R. B., 1995, Fresh Mushrooms Quality as Affected by Modified Atmosphere Packaging, J. Food. Sci., 2(60): 334-340.

**Table 1** Biological changes of mushroom that maintains a temperature of 5, 10, 15 and 20°c

| Temperature (°c) | Biological changes of mushroom (DAYS) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0ns | 2 | 4ns | 6 |
| 5 | 1.00±0.00 | 1.33±0.58ab | 2.33±1.15 | 5.00±0.00a |
| 10 | 1.00±0.00 | 1.00±0.00b | 2.00±0.00 | 3.67±0.58b |
| 15 | 1.00±0.00 | 2.00±0.00a | 3.00±0.00 | 5.00±0.00a |
| 20 | 1.00±0.00 | 1.43±0.78ab | 2.67±0.58 | 5.00±0.00a |

ns mean in the same column is non signification ($p \geqslant 0.05$)

a,b,c,... within columns represent significant difference ($p<0.05$)

**Table 2** The rate of weight loss by pre-cooling and non-precooling treatments before storage with 2 kinds of packaging of Sajor-Caju mushroom

| Treatment | The rate of weight loss(%)at 10°c (DAYS) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1ns | 2ns | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Non-precooling+PE | 2.19±0.83 | 4.48±1.47 | 6.04±0.60b | 6.45±0.42b | 6.13±1.20c | 6.76±1.54bc |
| Non-precooling+ stencil paper | 5.99±3.89 | 9.81±1.10 | 13.04±0.54a | 13.64±0.34a | 14.83±0.91a | 15.01±4.03a |
| Precooling+PE | 2.97±0.90 | 4.33±0.96 | 5.35±1.34b | 5.41±0.27b | 5.58±0.85c | 5.69±1.83c |
| Precooling+ stencil paper | 2.36±0.14 | 7.04±3.11 | 9.31±2.96b | 10.05±0.25b | 10.94±0.21b | 11.37±2.70ab |

ns mean in the same column is non signification ($p \geqslant 0.05$)
a,b,c,... within columns represent significant difference ($p < 0.05$)

**Table 3** Effect of sorbitol to reduce moisture at 10°C.

| Treatment | Sorbitol (g) | Moisture content at 10°c (DAYS) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 0ns | 2 | 4 |
| Precooling+PE | 0 | 93.87±0.04 | 93.24±0.97a | 91.76±0.23a |
| | 1 | 111.52±0.26 | 92.46±0.37ab | 91.01±0.25a |
| | 5 | 93.16±0.21 | 93.67±0.39a | 91.35±3.14ab |
| | 10 | 93.03±0.24 | 90.19±0.44bc | 82.32±0.11b |

ns mean in the same column is non signification ($p \geqslant 0.05$)
a,b,c,... within columns represent significant difference ($p < 0.05$)

# การผลิตรงควัตถุสีเหลืองจาก *Monascus* บนเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยกระบวนการหมักแบบอาหารแข็ง

# The Production of *Monascus* Yellow Pigment on Agricultural Residues in Solid-State Fermentation

ศนิ จิระสถิตย์[1] และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1]
Jirasatid S.[1] and Limroongreungrat, K.[1]

## Abstract

The research aim was to screen the optimum type of agricultural residue as a substrate for yellow pigment production by *Monascus purpureus* TISTR 3541. *Monascus* was cultivated on agricultural residues including cassava residue, soybean meal, tomato residue, coffee residue, and rice bran. The results showed that rice bran was the best substrate for growth (200.03 mg biomass/g substrate dry weight) and yellow pigment production (102.62 OD units/g sdw) as compared to other substrates. The effect of initial moisture content on yellow pigment production by *Monascus* using rice bran was further investigated. The highest yield of biomass (200.28 mg/g sdw) and yellow pigment (102.23 OD units/g sdw) was observed when *Monascus* was cultivated on rice bran with initial moisture content of 50% as compared to those of 40% and 60% ($p<0.05$). The results indicated the potential of fermented rice bran with initial moisture content of 50% by *Monascus* for industrial application.

**Keywords:** agricultural residue, *Monascus purpureus*, solid-state fermentation, yellow pigment

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เหมาะสมต่อการผลิตรงควัตถุสีเหลืองจากรา *Monascus purpureus* TISTR 3541 การทดลองทำการหมักรา *Monascus* บนเศษวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ กากมันสำปะหลัง กากถั่วเหลือง กากมะเขือเทศ กากกาแฟ และรำข้าว พบว่ารำข้าวเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญ (200.03 mg biomass/g substrate dry weight) และผลิตรงควัตถุสีเหลือง (102.62 OD units/g sdw) จากรา *Monascus* เมื่อเปรียบเทียบกับเศษวัสดุเหลือทิ้งชนิดอื่น จากนั้นทำการศึกษาผลของความชื้นเริ่มต้นต่อการผลิตรงควัตถุสีเหลืองจากรา *Monascus* บนรำข้าว พบว่า *Monascus* สามารถเจริญ (200.28 mg/g sdw) และผลิตรงควัตถุสีเหลือง (102.23 OD units/g sdw) ได้สูงสุดบนรำข้าวที่ความชื้นเริ่มต้น 50% ซึ่งมีปริมาณชีวมวลและรงควัตถุสีเหลืองสูงกว่าที่ระดับความชื้นเริ่มต้นที่ 40% และ 60% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การหมักรา *M. purpureus* บนรำข้าว ที่ความชื้นเริ่มต้น 50% มีศักยภาพที่จะประยุกต์ใช้สาหรับการผลิตรงควัตถุสีเหลืองในระดับอุตสาหกรรม

**คำสำคัญ:** เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร *Monascus purpureus* กระบวนการหมักแบบอาหารแข็ง รงควัตถุสีเหลือง

## คำนำ

ราแดงสายพันธุ์ *Monascus* ผลิตรงควัตถุประกอบด้วย 3 สีหลัก ได้แก่ สีเหลือง สีส้ม และสีแดง ทั้งนี้รงควัตถุสีเหลืองได้แก่ monascin และ ankaflavin มีคุณสมบัติทางยาหลายประการ ได้แก่ anti-inflammation, anticancer, antioxidation และ anti-atherosclerosis (ต้านทางการเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัว) (Jirasatid และคณะ, 2013; Lee และคณะ, 2006; Lee และคณะ, 2013) และยังมีคุณสมบัติเป็น antihyperlipidemic agent โดยสามารถลดปริมาณคลอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และคลอเลสเตอรอลชนิดเลว (low-density lipoprotein cholesterol) และสามารถเพิ่มปริมาณคลอเลสเตอรอลชนิดดี (high-density lipoprotein cholesterol) ในเซรั่มของหนูแฮมเตอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่มีผลข้างเคียงต่อการเกิด rhabdomyolysis (ภาวะกล้ามเนื้อลายสลายตัว) (Lee และคณะ, 2010; Lee และคณะ, 2013)

---

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง ชลบุรี 20313
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, 169 Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131

ทั้งนี้ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในปริมาณมาก การประยุกต์ใช้เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ใน bioprocess โดยนำมาเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อราคาถูกจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งนอกจากเป็นการลดต้นทุนการผลิตแล้ว ยังเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้ง โดยสามารถเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และลดปัญหาการกำจัดวัสดุเหลือทิ้ง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะคัดเลือกเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เหมาะสม (กากมันสำปะหลัง กากถั่วเหลือง กากมะเขือเทศ กากกาแฟ และรำข้าว) ต่อการผลิตรงควัตถุสีเหลืองจากรา *Monascus* จากนั้นทำการศึกษาผลของ ความชื้นต่อการผลิตรงควัตถุสีเหลืองด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ผ่านการคัดเลือกจากขั้นตอนแรก ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการผลิตรงควัตถุสีเหลืองจาก *Monascus* ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การเตรียมสารละลายสปอร์** (spore suspension)

การเตรียมสารละลายสปอร์ด้วยเชื้อรา *Monascus purpureus* TISTR 3541 (สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) ทาตามวิธีของ Jirasatid และคณะ (2013)

**การคัดเลือกกากเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เหมาะสมต่อการผลิตรงควัตถุสีเหลืองจาก *Monascus***

ขั้นตอนการหมักสามารถทำได้โดย ทำการชั่งกากเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ กากมันสำปะหลัง กากถั่วเหลือง กากมะเขือเทศ กากกาแฟ หรือรำข้าว 5 g ใส่ petri dish เติมน้ำเพื่อปรับความชื้น ให้มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นประมาณ 50% นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C นาน 30 นาที ทิ้งให้เย็น แล้วเติมสารละลายสปอร์ประมาณ 5% (v/w) บ่มที่อุณหภูมิ 30°C นาน 14 วัน ทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (Johns และ Stuart, 1991) และปริมาณความชื้น (AOAC 32.1.03, 1995) ทุกๆ 2 วัน ตลอดระยะเวลาการหมัก และตัวอย่างที่ผ่านการหมักแล้วจะนำเป็นอบแห้งที่ 50°C จนกระทั่งความชื้นน้อยกว่า 10% ทำการบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh วิเคราะห์ปริมาณชีวมวล (Aidoo และคณะ, 1981) และรงควัตถุสีเหลือง (Johns และ Stuart, 1991)

จากนั้นทำการพิจารณาคัดเลือกชนิดของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหมาะสมเพียงหนึ่งชนิด ซึ่งให้ปริมาณรงควัตถุสีเหลืองสูงสุด มาทาการศึกษาปริมาณความชื้นที่เหมาะสมต่อการผลิตรงควัตถุสีเหลืองจาก *M. purpureus* TISTR 3541

**ศึกษาผลของความชื้นต่อการผลิตรงควัตถุสีเหลืองจาก *M. purpureus* TISTR 3541**

ทำการปรับความชื้นเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อให้มีค่าเท่ากับ 40, 50, และ 60% ด้วยการเติมน้ำกลั่น จากนั้นทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองเบื้องต้น

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**การคัดเลือกเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เหมาะสมต่อการผลิตรงควัตถุสีเหลืองจาก *Monascus***

จากการทดลองหมักรา *M. purpureus* ด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร พบว่า กากมันสำปะหลัง กากถั่วเหลือง รำข้าว กากมะเขือเทศ และกากกาแฟ มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น เท่ากับ 50.97, 49.99, 49.51, 52.02 และ 52.79 % ตามลาดับ และมีปริมาณความชื้นค่อนข้างคงที่ในระหว่างการหมัก (ไม่แสดงข้อมูล) โดยมีความชื้นสุดท้าย เท่ากับ 46.18, 50.75, 45.45, 48.86 และ 45.90 % ตามลาดับ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกากเหลือทิ้งทั้ง 5 ชนิด พบว่า ค่า pH เริ่มต้นของกากมันสำปะหลัง กากถั่วเหลือง รำข้าว กากมะเขือเทศ และกากกาแฟ มีค่าเท่ากับ 4.28, 5.92, 5.46, 6.30 และ 5.89 ตามลาดับ ขณะที่ระหว่างการหมัก ค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 - วันที่ 4 และมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่จากวันที่ 4 -วันที่ 14 ของการหมัก (ไม่แสดงข้อมูล) ทั้งนี้ค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิดในระหว่างการหมักอยู่ในช่วงที่รา *Monascus* sp. สามารถเจริญได้ (ไม่แสดงข้อมูล) โดย Carvalho และคณะ. (2003) รายงานว่า *Monascus* sp. สามารถเจริญได้ในช่วง pH กว้าง ตั้งแต่ 2.5-8.0 แต่ pH ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญมีค่าอยู่ระหว่าง 4.0-7.0 อย่างไรก็ตามค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์รงควัตถุมีความแตกต่างกันไป โดยค่า pH ประมาณ 4.0 เหมาะสมต่อการสังเคราะห์รงควัตถุสีเหลือง ขณะที่ pH ประมาณ 5.5-7.0 เหมาะสมต่อการสังเคราะห์รงควัตถุสีแดง (Carvalho และคณะ, 2003; Chen และ Johns, 1993; Johns และ Stuart, 1991)

ผลการทดลองปริมาณชีวมวลและรงควัตถุสีเหลืองภายหลังการหมักด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งชนิดต่างๆ แสดงดัง Figure 1 *M. purpureus* TISTR 3541 สามารถเจริญเติบโตและผลิตรงควัตถุสีเหลืองได้ในเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทุกชนิด โดย *M. purpureus* สามารถเจริญได้ดีที่สุด เมื่อหมักบนรำข้าว (200.03 mg/g substrate dry weight) รองลงมาได้แก่ กากมันสำปะหลัง (137.76 mg/g sdw) กากมะเขือเทศ (135.65 mg/g sdw) กากถั่วเหลือง (128.57 mg/g sdw) และกากกาแฟ (51.97 mg/g sdw) ตามลาดับ นอกจากนี้รำข้าวที่หมักด้วย *M. purpureus* มีปริมาณรงควัตถุสีเหลืองสูงสุดเท่ากับ 102.63 OD units/g sdw ซึ่งมีปริมาณรงควัตถุสีเหลืองสูงกว่ากากมันสำปะหลัง (79.97 OD units/g sdw) กากมะเขือเทศ (27.30 OD units/g sdw) กากกาแฟ (21.84 OD units/g sdw) และกากถั่วเหลือง (18.39 OD units/g sdw) ตามลำดับ ($p<0.05$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ชนิดของเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีอิทธิพลต่อการเจริญและสังเคราะห์รงควัตถุจากรา *Monascus* ทั้งนี้การเจริญเติบโตและการสังเคราะห์รงควัตถุสีเหลืองจากรา *Monascus* ที่แตกต่างกัน อาจเป็นผลมาจากเศษวัสดุเหลือทิ้งแต่ละชนิดประกอบด้วยชนิดและอัตราส่วนของแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน รวมทั้งแร่ธาตุอื่นๆ เช่นเดียวกับค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น ลักษณะความพรุนและขนาดอนุภาคของเศษวัสดุเหลือทิ้ง (Babitha และคณะ, 2006; Nimnoi และ Lumyong, 2009)

ทั้งนี้รำข้าวมีความเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อในการผลิตรงควัตถุสีเหลืองจากรา *M. purpureus* เนื่องจากราสามารถผลิตรงควัตถุสีเหลืองได้สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับเศษวัสดุเหลือทิ้งชนิดอื่นๆ ดังนั้นรำข้าวจึงถูกคัดเลือกสำหรับการใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

**ผลของความชื้นต่อการผลิตรงควัตถุสีเหลืองจาก *M. purpureus* TISTR 3541 บนรำข้าว**

ตัวอย่างรำข้าวมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 40.63, 50.99 และ 59.74% และปริมาณความชื้นมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ระหว่างการหมัก (ไม่แสดงข้อมูล) โดยมีความชื้นสุดท้ายภายหลังการหมักเท่ากับ 42.49, 47.59 และ 55.57% ตามลาดับ นอกจากนี้รำข้าวหมักทุกตัวอย่าง มีค่า pH เพิ่มขึ้นในระหว่างการหมัก โดยรำข้าวหมักที่ระดับความชื้นเริ่มต้น 40, 50 และ 60% มีค่า pH แปรผันอยู่ระหว่าง 5.66-7.47, 5.62-7.38 และ 5.61-6.93 ตามลาดับ เมื่อพิจารณาปริมาณชีวมวลและรงควัตถุสีเหลืองพบว่า การเจริญเติบโตของรา *Monascus* สัมพันธ์กับการผลิตรงควัตถุสีเหลือง (Figure 2) ทั้งนี้รา *Monascus* ที่หมักบนรำข้าวด้วยความชื้นเริ่มต้น 50% สามารถเจริญ (200.28 mg/g sdw) และผลิตรงควัตถุสีเหลือง (102.23 OD units/g sdw) ได้สูงกว่ารำข้าวที่มีความชื้นเริ่มต้น 60% และ 40% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Figure 2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความชื้นเริ่มต้นมีอิทธิพลอย่างมีนัยสาคัญต่อการผลิตรงควัตถุจากรา *Monascus*

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Babitha และคณะ (2007) ซึ่งรายงานว่ารา *M. purpureus* สามารถผลิตรงควัตถุสีแดงและสีเหลืองได้สูงสุด เมื่อหมักด้วยเมล็ดขนุนที่ความชื้นเริ่มต้น 50% รองลงมาได้แก่ ความชื้นเริ่มต้น 60% และ 40% ตามลาดับ ทั้งนี้ความชื้นที่สูงเกินไปจะมีผลทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อเกาะกันเป็นก้อน เป็นผลให้ลดการถ่ายเทออกซิเจนและความร้อนในระบบ ทำให้การเจริญและการผลิตรงควัตุลดลง ขณะที่ความชื้นเริ่มต้นต่ำจะลดความสามารถในการใช้ประโยชน์จากสารอาหารที่มีอยู่ในระบบ ทั้งนี้รงควัตถุสีเหลืองที่ได้รับจากงานวิจัยนี้ (102.23 OD units/g sdw) มีปริมาณสูงกว่างานวิจัยของ Babitha และคณะ (2006, 2007) เมื่อทำการหมัก *M. purpureus* บนเมล็ดขนุน และงานวิจัยของ Srianta และคณะ (2012) เมื่อหมัก *M. purpureus* บนเมล็ดทุเรียน

## สรุปผล

รา *Monascus* สามารถเจริญและผลิตรงควัตถุสีเหลืองได้เมื่อทำการหมักด้วยเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยกระบวนการหมักแบบอาหารแข็ง รำข้าวเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการเจริญและผลิตรงควัตถุสีเหลืองจากรา *Monascus* ด้วยความชื้นเริ่มต้น 50% งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ากากเหลือทิ้งทางการเกษตรซึ่งมีราคาถูกและหาได้ง่ายในประเทศไทยเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตรงควัตถุสีเหลืองจาก *Monascus* และการใช้ประโยชน์ดังกล่าวยังช่วยเพิ่มมูลค่าของเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและลดต้นทุนการกำจัดของเสีย

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

## เอกสารอ้างอิง


Aidoo, K.E., Handry, R. and Wood, B.J.B., 1981, Estimation of fungal growth in a solid state fermentation system, European Journal of Applied Microbiology Biotechnology, 12:6-9.

The Association of Official Analytical Chemists, 1995, Official Method of the Association of Official Analytical Chemists, 15th, The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

Babitha, S., Soccol, C.R. and Pandey, A., 2006, Jackfruit seed-A novel substrate for the production of *Monascus* pigments through solid-state fermentation, Food Technology and Biotechnology, 44:465–471.

Babitha, S., Soccol, C.R. and Pandey, A., 2007, Solid-state fermentation for the production of *Monascus* pigments from jackfruit seed", Bioresource Technology, 98:1554–1560.

Carvalho, J.C., Pandey, A., Babitha, S. and Soccol, C.R., 2003, Production of *Monascus* biopigments, In Biotechnology, Agro-Food industry hi-technology, 37-41.

Chen, M.H. and Johns, M.R., 1993, Effect of pH and nitrogen source on pigment production by *Monascus purpureus*, Applied Microbiology and Biotechnology, 40:132-138.

Jirasatid, S., Nopharatana, M., Kitsubun, P., Vitchitsoonthonkul, T. and Tongta, A., 2013, Statistical optimization for monacolin K and yellow pigment production and citrinin reduction by *Monascus purpureus* in solid-state fermentation, Journal of Microbiology and Biotechnology, 23:364-374.

Johns, M.R. and Stuart, D.M., 1991, Production of pigment by *Monascus purpureus* in solid culture, Journal of Industrial Microbiology, 8:23-28.

Lee, C.L., Hung, Y.P., Hsu, Y.W, and Pan, T.M., 2013, Monascin and ankaflavin have more anti-atherosclerosis effect and less side effect involving increasing creatinine phosphokinase activity than monacolin K under the same dosages, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61:143-153.

Lee, C.L., Kung, Y.H., Wu, C.L., Hsu, Y.W. and Pan, T.M., 2010, Monascin and ankaflavin act as novel hypolipidemic and high-density lipoprotein cholesterol-raising agents in red mold dioscorea, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58:9013-9019.

Lee, C.L., Wang, J.J., Kuo, S.L. and Pan, T.M., 2006, *Monascus* fermentation of dioscorea for increasing the production of cholesterol-lowering agent-monacolin K and antiinflamation agent-monascin, Applied Microbiology and Biotechnology, 72: 1254-1262.

Nimnoi, P. and Lumyoung, S., 2009, Improving Solid-State Fermentation of *Monascus purpureus* on Agricultural Products for Pigment Production, Food and Bioprocess Technology, doi: 10.1007/s11947-009-0233-8.

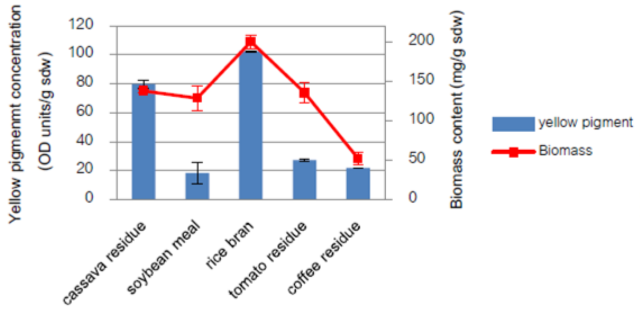




Figure 1 Effect of type of agricultural residues on growth and yellow pigment yield.

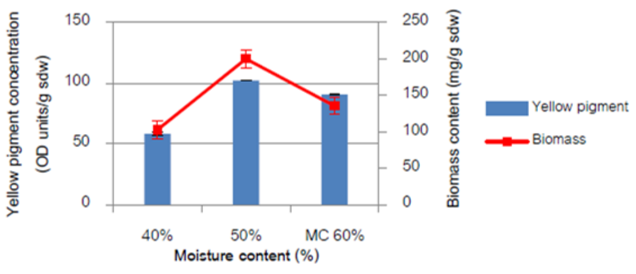



Figure 2 Effect of moisture content on growth and yellow pigment yield.

# การชักนำให้เกิดกลุ่มยอดจากตาข้างของกระดังงาจีน (*Artabotrys hexapetalus*)

# Multiple Shoot Induction from Axillary Bud of Kradang Nga Chin (*Artabotrys hexapetalus*)

**กิตติ โพธิปัทมะ[1] สมโภชน์ น้อยจินดา[1] สุริยา ฤธาทิพย์[1] สร้อยทิพย์ ประเสริฐสงค์[1] และ เสาวรส พนมชัย[1]**

Bodhipadma, K.[1], Noichinda, S.[1], Rutatip, S.[1], Prasertsong, S.[1] and Phanomchai, S.[1]

## Abstract

This study was conducted to determine the nodal position of Kradang Nga Chin [*Artabotrys hexapetalus* (L.f.) Bhandari] that contained the most effective axillary bud for shoot induction on MS basal medium with or without activated charcoal. It was found that the site that gave the highest growth of axillary buds and 83.33% survival was the middle one on MS basal medium without activated charcoal. Multiple shoots were induced on MS medium supplemented with 0, 1 and 2 mg/l BA. Results revealed that maximum multiple shoot initiation from axillary buds was found on MS medium consisted of 2 mg/l BA, and produced an average of 3.33 shoots/explant. MS medium with 2 mg/L IBA resulted in the greatest root initiation.

**Keywords:** *Artabotrys hexapetalus*, Lateral bud, micropropagation, multiple shoot initiation

## บทคัดย่อ

ศึกษาตำแหน่งข้อของกระดังงาจีน [*Artabotrys hexapetalus* (L.f.) Bhandari] ซึ่งมีตาข้างที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการชักนำให้เกิดยอด บนอาหารสูตรพื้นฐาน MS ซึ่งเติมผงถ่านและไม่เติมผงถ่าน พบว่าตำแหน่งที่ให้ตาข้างเติบโตดีที่สุดคือตำแหน่งกลางบนอาหารสูตรพื้นฐาน MS ซึ่งไม่เติมผงถ่าน และมีการรอดชีวิต 83.33 เปอร์เซ็นต์ ต่อจากนั้นชักนำให้เกิดกลุ่มยอดบนอาหารสูตร MS ซึ่งเติม BA 0, 1, และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการชักนำให้เกิดกลุ่มยอดจากชิ้นส่วนตาข้างมากที่สุดพบบนสูตรอาหาร MS ซึ่งเติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีจำนวนยอดเฉลี่ย 3.33 ยอดต่อชิ้นส่วนพืช เมื่อชักนำให้เกิดรากบนอาหารสูตร MS ซึ่งเติม IBA 0, 1, และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสูตรอาหารที่ชักนำให้เกิดรากได้มากที่สุดคืออาหารสูตร MS ซึ่งเติม IBA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร

**คำสำคัญ**: กระดังงาจีน ตาข้าง การขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การชักนำให้เกิดกลุ่มยอด

## คำนำ

กระดังงาจีน [*Artabotrys hexapetalus* (L.f.) Bhandari] ถูกจัดอยู่ในวงศ์ Annonaceae เป็นไม้ประดับที่เป็นไม้เลื้อย มีถิ่นกำเนิดในประเทศศรีลังกา พบการกระจายอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ดอกมีสีเหลืองเข้มเมื่อบานและมีกลิ่นหอม ออกดอกตลอดปี (ปิยะ, 2555; Mahidol และคณะ, 2005; Noichida และคณะ, 2014) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเทคนิคหนึ่งที่ช่วยในการขยายพันธุ์พืชให้ได้จำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น (Smith, 2013; Hannweg และคณะ, 2013) สำหรับพืชในวงศ์ Annonaceae มีงานวิจัยที่ประสบความสำเร็จจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสกุลน้อยหน่า (*Annona* spp.) ได้แก่ เชอริโมยา (cherimoya) เอทีโมยา (atemoya) น้อยหน่า (sugar apple) และทุเรียนน้ำ (soursop) กับพืชสกุลโรลลิเนีย (*Rollinia* spp.) เช่น บิริบา (biriba) (Rasai และคณะ, 1995; Figueiredo และคณะ, 2001; Padilla และ Encina, 2004) นอกจากนี้ Nagori และ Purohit (2004) ได้ชักนำให้เกิดต้นใหม่โดยตรงจากชิ้นส่วนของลำต้นใต้ใบเลี้ยง (hypocotyl) ของน้อยหน่า โดยพบว่าตำแหน่งของลำต้นใต้ใบเลี้ยงส่งผลต่อการเกิดตายอด (shoot bud)

ในเรื่องอิทธิพลของตำแหน่งชิ้นส่วนพืชที่มีผลต่อการตอบสนองจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่าตำแหน่งของชิ้นส่วนข้อทำให้ได้รับจำนวนและความยาวของตายอดที่เกิดใหม่ไม่เท่ากันในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อองุ่น (Ibañez และคณะ, 2005) กุหลาบป่า (Shirdel และคณะ, 2013) และ ไผ่ (Mudoi และคณะ, 2014) อย่างไรก็ตามแม้จะพบว่ามีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในสกุลน้อยหน่ากับสกุลโรลลิเนีย แต่พืชในสกุลการเวก (*Artabotrys* spp.) โดยเฉพาะกระดังงาจีนยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตำแหน่งข้อของกระดังงาจีนที่มีตาข้างซึ่งสามารถอยู่รอดและ

---

[1] สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, บางซื่อ, กรุงเทพฯ 10800, ประเทศไทย

[1] Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand

เติบโตได้ดีที่สุดในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ รวมถึงหาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำตาข้างให้เกิดเป็นกลุ่มยอด (multiple shoot) และรากในสภาพปลอดเชื้อ

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้อของกระดังงาจีน (*Artabotrys hexapetalus*) 3 ตำแหน่ง คือ ส่วนบน กลาง และล่าง ซึ่งนับจากบริเวณปลายยอด (Figure 1) มาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยสารละลายคลอรอกซ์ ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 นาที ร่วมกับ tween-20 3 หยด แล้วฟอกซ้ำที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 นาที ร่วมกับ tween-20 3 หยด ล้างด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที ตัดชิ้นส่วนของตาข้างขนาด 3-4 มิลลิเมตร วางบนอาหารพื้นฐานสูตร MS (Murashige และ Skoog, 1962) ที่ไม่เติมผงถ่านและเติมผงถ่าน 0.2% เป็นเวลา 5 สัปดาห์ จากนั้นย้ายชิ้นส่วนของตาข้างที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดมาชักนำให้เกิดกลุ่มยอดบนอาหารสูตร MS ที่เติม 6-benzylaminopurine (BA) 0, 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 6 สัปดาห์ แล้วชักนำให้เกิดรากบนอาหารสูตร MS ที่เติม indole-3-butyric acid (IBA) 0, 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 4 สัปดาห์ โดยเพาะเลี้ยงภายในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ได้รับความเข้มแสง 20.87 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที เป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน บันทึกอัตราการรอดชีวิต ความยาวและจำนวนของยอดและราก

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการนำข้อของกระดังงาจีน 3 ตำแหน่ง คือ ส่วนบน กลาง และล่าง มาฟอกฆ่าเชื้อแล้วตัดชิ้นส่วนของตาข้างจากข้อที่ตำแหน่งต่างๆ มาเพาะเลี้ยงบนอาหารพื้นฐานสูตร MS ที่เติมและไม่เติมผงถ่าน พบว่าตำแหน่งข้อของกระดังงาจีนมีผลต่ออัตราการรอดชีวิตและการเติบโตของตาข้าง โดยข้อที่ให้ตาข้างซึ่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดคือตำแหน่งกลางจากปลายยอด โดยมีอัตราการรอดชีวิตและความยาวยอดเฉลี่ยสูงสุดบนอาหารพื้นฐานสูตร MS ซึ่งไม่เติมผงถ่าน เท่ากับ 83.33 เปอร์เซ็นต์ และ 4.83 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 1) มีงานวิจัยจากการเพาะเลี้ยงพืชหลายชนิดที่แสดงให้เห็นว่าตาข้างที่มาจากข้อตำแหน่งต่างกันส่งผลต่อการแตกยอดและความยาวยอด เช่น ตาข้างซึ่งมาจากข้อที่ตำแหน่งล่างจากปลายยอดของกุหลาบป่ามีการแตกยอดและความยาวยอดสูงสุด (Shirdel และคณะ, 2013) ในขณะที่ผลดังกล่าวนี้กลับพบในตาข้างซึ่งอยู่บริเวณตำแหน่งกลางของกิ่งไผ่ (Mudoi และคณะ, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับชิ้นส่วนตาข้างของกระดังงาจีนในการทดลองนี้

สำหรับการเกิดกลุ่มยอดจากตาข้างของกระดังงาจีน ผลการวิจัยบ่งชี้ว่าปริมาณ BA ส่งผลทั้งจำนวนการเกิดกลุ่มยอดและความยาวของยอด โดยพบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำให้เกิดกลุ่มยอดและความยาวยอดสูงสุดเท่ากับ 3.33 ยอดต่อชิ้นส่วนพืช และ 7.33 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Figure 2) เมื่อความเข้มข้นของ BA น้อยลง การเกิดกลุ่มยอดก็ลดลงตามไปด้วย (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ibañez และคณะ (2005) ที่พบว่าอาหารสูตรเดียวกันนี้ซึ่งเติม BA สามารถชักนำให้ตาข้างขององุ่นเกิดกลุ่มยอดและจำนวนยอดสูงสุด ในการชักนำรากบนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้นต่างๆ กัน พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม IBA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากได้ดีที่สุด (จำนวน 2 รากใน 4 สัปดาห์) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Najaf-Abadi และ Hamidoghli (2009) ที่ชักนำรากจากยอดซึ่งเกิดจากตาข้างของแบล็กเบอร์รี (blackberry) ได้ดีที่สุด 4 ราก บนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่นเดียวกัน

## สรุปผล

การชักนำให้เกิดกลุ่มยอดจากตาข้างของกระดังงาจีนมีปัจจัยสำคัญที่มาเกี่ยวข้องคือ ตำแหน่งของข้อและสารควบคุมการเติบโต โดยตำแหน่งของข้อที่ให้ตาข้างซึ่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดคือตำแหน่งกลางจากปลายยอด และจำเป็นต้องใช้ไซโทไคนิน (cytokinin) ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ BA ในการชักนำให้เกิดกลุ่มยอด นอกจากนี้การเติมผงถ่านลงในอาหารเพาะเลี้ยงส่งผลให้มีอัตราการรอดชีวิตของตาข้างกระดังงาจีนน้อยกว่าอาหารที่ไม่เติมผงถ่าน

## เอกสารอ้างอิง

ปิยะ เฉลิมกลิ่น, 2555, พรรณไม้สกุลการเวก, วารสารวิทยาศาสตร์, 66(5): 55-56.

Figueiredo, S.F.L., Albarello, N. and Viana, V.R.C., 2001, Micropropagation of *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill., In Vitro Cellular & Developmental Biology, 37: 471-475.

Hannweg, K., Sippe, A. and Bertling, I., 2013, A Simple and Effective Method for the Micropropagation and In Vitro Induction of Polyploidy and the Effect on Floral Characteristics of the South African Iris, *Crocosmia aurea*, South African Journal of Botany, 88: 367–372.

Ibañez, A., Valero, M. and Morte, A., 2005, Establishment and In vitro Clonal Propagation of the Spanish Autochthonous Table Grapevine Cultivar Napoleon: an Improved System where Proliferating Cultures Alternate with Rooting Ones, Anales de Biología, 27: 211-220.

Mahidol, C., Chimnoi, N., Chokchaichamnankit, D. and Techasakul, S., 2005, Identification of Volatile Constituents in *Artabotrys hexapetalus* Flowers using Simple Headspace Solvent-Trapping Technique in Combination with Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Retention Indices, Acta Horticulturae, 677: 43-50.

Mudoi, K.M., Saikia, S.P. and Borthakur, M., 2014, Effect of Nodal Positions, Seasonal Variations, Shoot Clump and Growth Regulators on Micropropagation of Commercially Important Bamboo, *Bambusa nutants* Wall. Ex. Munro, African Journal of Biotechnology, 13(19): 1961-1972.

Murashige, T. and Skoog, F., 1962, A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures, Plant Physiology, 15: 473–497.

Nagori, R. and Purohit, S.D., 2004, In Vitro Plantlet Regeneration in *Annona squamosa* through Direct Shoot Bud Differentiation on Hypocotyl Segments, Scientia Horticulturae, 99: 89-98.

Najaf-Abadi, J.A. and Hamidoghli, Y., 2009, Micropropagation of Thornless Trailing Blackberry (*Rubus* sp.) by Axillary Bud Explants, Australian Journal of Crop Science, 3(4):191-194.

Noichinda, S., Bodhipadma, K., Puangsiri, C. and Chikhuntod, U., 2014, Fatty Acid Degradation in Different Maturity Stages of Kradang Nga Chin (*Artabotrys hexapetalus*) Flower, Agricultural Science Journal, 45(2)(Suppl.): 405-408.

Padilla, I.M.G. and Encina, C.L., 2004, Micropropagation of Adult Cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) cv. Fino de jete, In Vitro Cellular & Developmental Biology, 40: 210-214.

Rasai, S., George, A.P. and Kantharajah, A.S., 1995, Tissue Culture of *Annona* spp. (Cherimoya, Atemoya, Sugar Apple and Soursop): A Review, Scientia Horticultarae, 62: 1-14.

Shirdel, M., Motallebi-Azar, A., Matloob, M. and Zaare-Nahandi, F., 2013, Effects of Nodal Position and Growth Regulators on In Vitro Growth of Dog Rose (*Rosa canina*), Journal of Ornamental and Horticultural Plant, 3(1): 9-17.

Smith, R.H., 2013, In Vitro Propagation for Commercial Production of Ornamentals in Plant Tissue Culture: Techniques and Experiments, 3rd Edition, Elsevier, Amsterdam, pp. 127-145.

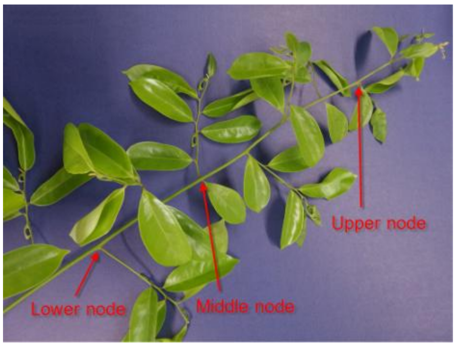



**Figure 1** Different nodal position of Kradang Nga Chin (*Artabotry hexapetalus*)

**Table 1** Survival percentage of Kradang Nga Chin axillary bud explant from different nodal positions on MS basal medium with or without activated charcoal and shoot length from bud break at different nodal positions of Kradang Nga Chin on MS basal medium without activated charcoal

| Nodal position | Survival percentage | | Shoot length (mm) |
|---|---|---|---|
| | MS basal medium | MS basal medium containing activated charcoal | |
| Upper | 50.00±22.36 | 33.33±21.08 | 2.17±0.98 |
| Middle | 83.33±16.67 | 50.00±22.36 | 4.83±1.01 |
| Lower | 33.33±21.08 | 16.67±16.67 | 1.33±0.84 |

*Data are mean ±S.E.

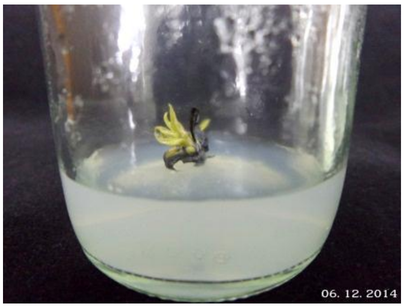



**Figure 2** Multiple shoot induction from axillary bud of Kradang Nga Chin on MS medium comprised 2 mg/l BA

**Table 2** Effect of different BA concentration on multiple shoot induction from axillary bud of Kradang Nga Chin

| BA concentration (mg/l) | Number of shoot per explant | Shoot length (mm) |
|---|---|---|
| 0 | 1.00±0.00 | 5.33±0.33 |
| 1 | 2.66±1.20 | 5.33±0.33 |
| 2 | 3.33±0.88 | 7.33±0.33 |

*Data are mean ±S.E.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 189-192 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 189-192 (2558)

# ผลของสารควบคุมการเจริญในพืช และการสร้างสารหอมระเหยในกะเพราแดง (*Ocimum sanctum* L. cv. Dang)

# Effect of Plant Growth Regulators and Volatile Compounds Synthesis in Holy Basil (*Ocimum sanctum* L. cv. Dang)

**ยศกร ยศชาติ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ แฟรงก์ บี. มาทา[2]**

Yotchart, Y.[1], Kerdchoechuen, O.[1] Laohakunjit, N.[1] and Matta, F.B.[2]

## Abstract

The effect of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D) and 6-benzylaminopurine (BA) on development of holy basil; *Ocimum sanctum* L. cv. Dang in *in vitro* culture for 35 days was investigated and their volatile compounds were analyzed by the Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS). It was found that basil leaf segments cultured without hormones (control), 1 mg/L 2,4-D, 1 mg/L BA and 1 mg/L 2,4-D+BA developed roots, dark clump callus, young shoot, and translucent callus, respectively. Major volatile compounds of basil leaves were α-pinene (0.85%), 3-hexen-1-ol (3.63%), α-cubebene (1.69%), copaene (4.83%), caryophyllene (72.97%), α-caryophyllene (8.26%), borneol (2.03%) and eugenol (2.05%). However, volatiles from explant developed from callus cultured in1 mg/L 2,4-D and 1 mg/L 2,4-D+BA, and young shoot cultured in 1 mg/L BA were carophyllene at 39.14%, 40.55% and 52.43%, respectively, and eugenol at 13.91% was from shoots cultured in 1 mg/L BA.

**Keywords:** plant hormones, tissue culture, volatile compounds, holy basil; *Ocimum sanctum* L. cv. Dang

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ 2,4-dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D) และ 6-benzylaminopurine (BA) ต่อการพัฒนาของกะเพราแดงเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ เป็นเวลา 35 วัน และวิเคราะห์สารหอมระเหย ด้วย Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) ผลการศึกษาพบว่า ใบกะเพราเพาะเลี้ยงในอาหารที่ไม่เติมฮอร์โมน, เติม 1 mg/L 2,4-D, เติม 1 mg/L BA และเติม 1 mg/L 2,4-D+BA มีพัฒนาเป็นราก, เกิดแคลลัสสีเทาคล้ำ, เกิดเป็นยอดอ่อน และเกิดแคลลัสสีขาวใส ตามลำดับ สำหรับสารหอมระเหยหลักจากต้นกะเพรา ได้แก่ α-pinene (0.85%), 3-hexen-1-ol (3.63%), α-cubebene (1.69%), copaene (4.83%), carophyllene (72.97%), α-carophyllene (8.26%), borneol (2.03%) และ eugenol (2.05%). ซึ่งสารหอมระเหยจากแคลลัสที่ได้จากการเติม 1 mg/L 2,4-D และ 1 mg/L 2,4-D+BA และยอดอ่อนจากอาหารที่เติม 1 mg/L BA มีการสร้าง caryophyllene 39.14%, 40.55% และ 52.43%ตามลำดับ ส่วน eugenol สร้างเฉพาะยอดอ่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่เติม 1 mg/L BA เท่ากับ 13.91%

**คำสำคัญ**: ฮอร์โมนพืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ สารหอมระเหย กะเพราแดง

## คำนำ

กะเพราแดง เป็นพืชสมุนไพรมีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีลักษณะเป็นไม้พุ่มทรงเตี้ย ลำต้นเหลี่ยม ดอกออกเป็นช่อยกสูงคล้ายฉัตร และเป็นพืชสมุนไพรกลุ่มหนึ่งที่นิยมนำมาบริโภค มีสรรพคุณในการ ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และมีสารหอมระเหยหรือ essential oil (วิทยา และสันติ, 2535) ที่ให้กลิ่นที่ดี มีสารหอมระเหยหลัก คือ eugenol 60% และ β-caryophyllene 26% ซึ่งเป็นสารกลุ่มเทอร์ปีน ถึงแม้ว่าพืชในวงศ์กะเพราเป็นพืชที่มีอายุสั้นปลูกง่าย แต่พืชเหล่านี้มีโรคแมลงศัตรูพืชมีค่อนข้างมาก การป้องกันกำจัดศัตรูพืชมักใช้สาร เคมีกำจัดศัตรูพืช

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University, 49 Tien-talay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, Starkville MS 39762, fmatta@pss.msstate.edu

(Bodhipadma และคณะ, 2005) ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค อาจมีอาการแพ้ เช่น เกิดอาการอาเจียน เวียนศีรษะ ปวดท้อง หรือเป็นไข้ รวมทั้งส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิต ทั้งในรูปผักสดและในน้ำมันหอมระเหย เทคนิคการเพาะเลี้ยงเยื่อเป็นเทคนิคที่กำลังได้รับความสนใจ มีข้อดีหลายประการ ได้แก่ ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนต้นพันธุ์พืชที่เหมือนต้นแม่ทุกประการในเวลาอันรวดเร็วได้ ขยายพันธุ์พืชหายากหรือใกล้สูญพันธุ์หรือขยายพันธุ์พืชที่มีลักษณะที่ดี สามารถผลิตยาหรือสารเคมีจากพืช และผลิตสารให้กลิ่นรสจากธรรมชาติ ซึ่งฮอร์โมนเป็นสารที่สามารถกระตุ้นให้พืชสามารถเกิดการสร้างสารหอมระเหยได้ (Zielin'ska และคณะ, 2011) ดังนั้นแนวทางหนึ่งของการผลิตสารให้กลิ่นรสจากกะเพรา ด้วยเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยใช้ฮอร์โมนไซโตไคนิน (cytokinin) คือ BA และออกซิน (auxin) คือ 2,4-D

## อุปกรณ์และวิธีการ

<u>สูตรอาหารเพาะเลี้ยง</u>

สูตรอาหารที่ 1; สูตรอาหาร MS ไม่เติมฮอร์โมน

สูตรอาหารที่ 2; สูตรอาหาร MS + 2, 4-D 1 mg/L

สูตรอาหารที่ 3; สูตรอาหาร MS + BA 1 mg/L

สูตรอาหารที่ 4; สูตรอาหาร MS + 2, 4-D 1 mg/L + BA 1 mg/L

นำใบกะเพราแดงทำความสะอาด โดยล้างผ่านน้ำไหลเป็นเวลา 30 นาที ตามด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 70% เป็นเวลา 30 วินาที ล้างด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 2% เป็นเวลา 5 นาที และล้างด้วยน้ำปลอดเชื้อ 3 ครั้ง ครั้งละ 3 นาที ตามลำดับ

เมื่อได้ใบกะเพราแดงที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว นำมาตัดให้มีขนาด 0.5×0.5 ซม. แล้ววางลงในขวดที่มีอาหารเพาะเลี้ยง

ทำการเก็บผลในวันที่ 0, 7, 14, 21, 28 และ 35 เพื่อดูลักษณะปรากฏหรือการเปลี่ยนแปลงของใบกะเพราแดงในอาหารเพาะเลี้ยง

นำตัวอย่างจากต้นแม่กะเพราแดง โดยนำใบของต้นแม่มาตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ และตัวอย่างจากวันที่ 35 มาใส่ขวด vial ที่ทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น แล้วล้างด้วยแอทานอล 95% อบไว้ในตู้อบความร้อนแห้ง เพื่อไล่กลิ่นที่ตกค้าง ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปิดฝาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เก็บไว้เพื่อใส่ตัวอย่าง

วิเคราะห์สารหอมระเหยของตัวอย่างที่ได้จากวันที่ 35 ด้วย SPME/GC-MS บ่มตัวอย่างใน heating box ที่อุณหภูมิ 50°C SPME fiber (PDMS polydimethylsyloxane fibre) ดูดซับไอระเหยของตัวอย่างเป็นเวลา 20 นาที และใช้เวลาปล่อยไอระเหยของตัวอย่างเป็นเวลา 5 นาที โปรแกรมอุณหภูมิที่สารเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ เริ่มต้นที่ 60°C อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 7°C ต่อนาที จนอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 240°C ข้อมูลเทียบกับ NIST98/Wiley library

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ใบกะเพราเพาะเลี้ยงในอาหารที่ไม่เติมฮอร์โมน (Figure 1a) มีการพัฒนาเป็นราก เพื่อให้ใบกะเพราสามารถที่จะดูดซึมอาหารได้ดีและขยายพื้นที่การดูดซึมสารอาหารได้มากขึ้น ในอาหารที่เติม 2,4-D 1 mg/L (Figure 1b) ชักนำให้เกิดแคลลัสสีเทาคล้ำ เพราะว่า 2,4-D กระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการยืดขยายเซลล์ (Zielin'ska และคณะ, 2011) ทำให้เกิดเป็นแคลลัสขึ้นมาและเซลล์ขยายขนาดได้ง่าย ส่วนอาหารที่เติม BA 1 mg/L (Figure 1c) เกิดเป็นยอดอ่อน เนื่องจาก BA จะทำให้เกิดการแบ่งเซลล์และการแปรสภาพของเซลล์ไปเป็นเนื้อเยื่อ (Zielin'ska และคณะ, 2011) ทำให้เกิดการเจริญเติบโตไปเป็นต้นพืช และเติมอาหารที่เติม 2,4-D และ BA 1 mg/L (Figure 1d) จะเกิดแคลลัสสีขาวใส เป็นผลเนื่องจากการทำงานร่วมกันของฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิด ทำให้เกิดการกระตุ้นการเซลล์แบ่งตัวเกิดเป็นแคลลัส แต่แคลลัสที่ได้มีสีแตกต่างจากแคลลัสที่ได้จากการเติม 2,4-D เพียงชนิดเดียว

สารหอมระเหยหลักในใบกะเพราแดง carophyllene (81.23%), 3-hexen-1-ol (3.63%), copaene (4.83%) และ eugenol (2.05%) (Table 1) ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มี eugenol 60% และ β-caryophyllene 26% อาจเนื่องมาจากฤดูกาล พื้นที่เพาะปลูก และต้นพันธุ์ (Raina และคณะ, 2013) และเมื่อเปรียบกับราก แคลลัส และยอดอ่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพบว่า isopropyl myristate ซึ่งเป็นสารที่พบในทุกตัวอย่าง แต่พบในต้นแม่ปริมาณน้อยกว่า เพราะเป็นสารปฐมภูมิที่พืชสร้างขึ้นในขณะพืชกำลังเจริญเติบโต และอาจใช้สารตั้งต้นที่พืชนำไปสร้างสารอื่นๆ (Passinho-Soares และคณะ, 2013) เช่นเดียวกับสาร eicosane ซึ่งไม่พบในต้นแม่ และสาร 1-dodecanol และ

hexacanoic acid พบเฉพาะที่ราก (Figure 2b) เท่านั้น ส่วน 1-hexadecanol พบเฉพาะแคลลัสและยอดอ่อน (Figure 2c, d and e) และยังสามารถสร้างสาร caryophyllene ที่เป็นสารหลักเหมือนกับต้นแม่ได้ นอกจากนี้ยอดอ่อนยังสามารถพบสาร eugenol ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสหลักในกะเพราแดง ทำให้ยอดอ่อนที่มีทั้งสาร caryophyllene และ eugenol ทำให้มีกลิ่นรสของกะเพราที่คล้ายกับต้นแม่ และการเติมฮอร์โมนต่างชนิดกันนอกจากจะส่งผลต่อลักษณะปรากฏของใบกะเพราที่เพาะเลี้ยงแล้ว ยังส่งผลต่อการสร้างสารหอมะเหยที่ต่างกันอีกด้วย

## สรุปผล

การเติมฮอร์โมนที่ต่างชนิดกันจะส่งผลต่อลักษณะที่ปรากฏที่แตกต่างกัน โดยใบกะเพราเพาะเลี้ยงในอาหารที่ไม่เติมฮอร์โมน, เติม 1 mg/L 2,4-D, เติม 1 mg/L BA และเติม 1 mg/L 2,4-D+BA มีพัฒนาเป็นราก, เกิดแคลลัสสีเทาคล้ำ, เกิดเป็นยอดอ่อน และเกิดแคลลัสสีขาวใส ตามลำดับ และส่งผลทำให้เกิดการสร้างสารหอมระเหยที่แตกต่างกัน ซึ่งยอดอ่อนที่ได้จากการเติมฮอร์โมนไซโตไคนิน (BA) เพียงอย่างเดียว จะมีการสร้างสารให้กลิ่นรสกะเพราคล้ายกันกับต้นแม่

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

## เอกสารอ้างอิง

วิทยา ปองอมรกุล และสันติ วัฒฐานะ, 2535, หนังสือชุดพรรณไม้เมืองไทย พืชสมุนไพร 1, องค์การสวนพฤกษศาสตร์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 1-9

Bodhipadma, K., Noichinda, S. and Kludnin, S.., 2005, Eugenol Production from Holy Basil (*Ocimum sanctum* L. cv. Dang) Tissue Culture, Journal of Applied Science, 4: 57-66.

Passinho-Soares, H.C., Meira, P.R., David, J.P., Mesquita, P.R.R., Vale, A.E., Rodrigues F.M., Pereira, P.A.P., Santana, J.R.F., Oliveira, F.S., Andrade, J.B. and David, J.M., 2013, Volatile Organic Compounds Obtained by *in vitro* Callus Cultivation of *Plectranthus ornatus* Codd. (Lamiaceae), Molecules, 18: 10320-10333.

Raina, A.P., Kumar, A. and Dutta, M., 2013, Chemical Characterization of Aroma Compounds in Essential oil Isolated from "Holy Basil" (*Ocimum tenuiflorum* L.) Grown in India, Genetics Resources Crop Evolution, 60: 1727–1735.

Zielin'ska, S., Pia̧tczak E., Kalemba, D. and Matkowski, A., 2011., Influence of Plant Growth Regulators on Volatiles Produced by *in vitro* Grown Shoots of *Agastache rugosa* (Fischer & C.A.Meyer) O. Kuntze, Plant Cell Tissue Organ Culture, 107: 161-167.

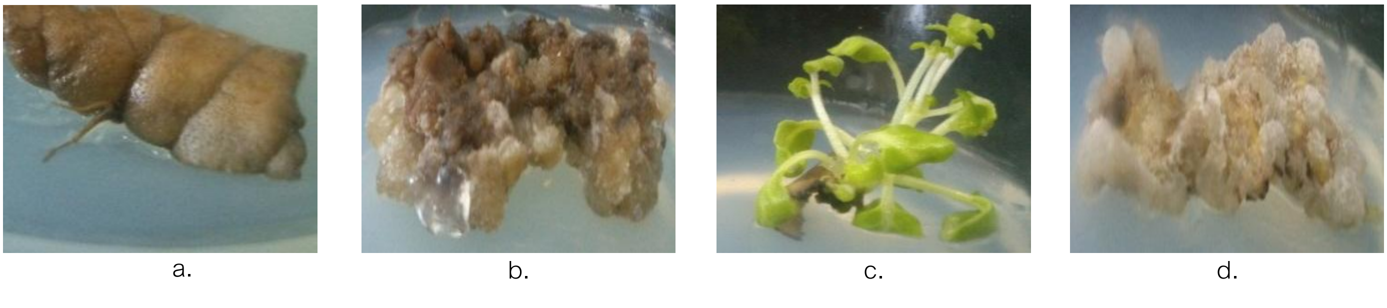



**Figure 1** Appearance of Holy basil leaves in MS medium for 35 days: a.) root, b.) dark grey callus, c.) young shoot and d.) white callus.

**Table 1** Volatile compounds (% relative peak area) of mother plants, root, callus and young shoot were plant tissue cultured.

| Peak No. | Volatile Compounds | Odor Description | RT | RI | Mother Plant | root | dark grey callus | young shoot | white callus |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 3-hexen-1-ol | fresh, green | 8.215 | 1399 | 3.63 | - | - | - | - |
| 2. | α-cubebene | herbal waxy | 9.534 | 1475 | 1.70 | - | - | - | - |
| 3. | copaene | woody spicy | 10.200 | 1514 | 4.83 | - | - | - | - |
| 4. | caryophyllene | spicy, woody | 12.172 | 1630 | 81.23 | - | 32.78 | 52.44 | 40.56 |
| 5. | borneol | balsam herbal | 13.735 | 1725 | 2.03 | - | - | - | - |
| 6. | 1-dodecanol | earthy waxy | 17.657 | 1981 | - | 0.81 | - | - | - |
| 7. | eicosane | waxy | 17.917 | 1999 | - | 11.44 | 8.92 | 2.48 | 2.94 |
| 8. | isopropyl myristate | fatty | 18.597 | 2042 | 0.51 | 54.42 | 31.14 | 12.04 | 12.37 |
| 9. | eugenol | sweet spicy | 20.548 | 2164 | 2.05 | - | - | 13.92 | - |
| 10. | hexadecanoic acid | Waxy, fruity | 21.086 | 2198 | - | 7.44 | - | - | - |
| 11. | 1-hexadecanol | waxy floral | 23.142 | 2327 | - | - | 4.16 | 1.65 | 2.15 |

RT: Retention Time, RI: Retention index, Result show volatile compounds (% relative peak area) > 1% only.

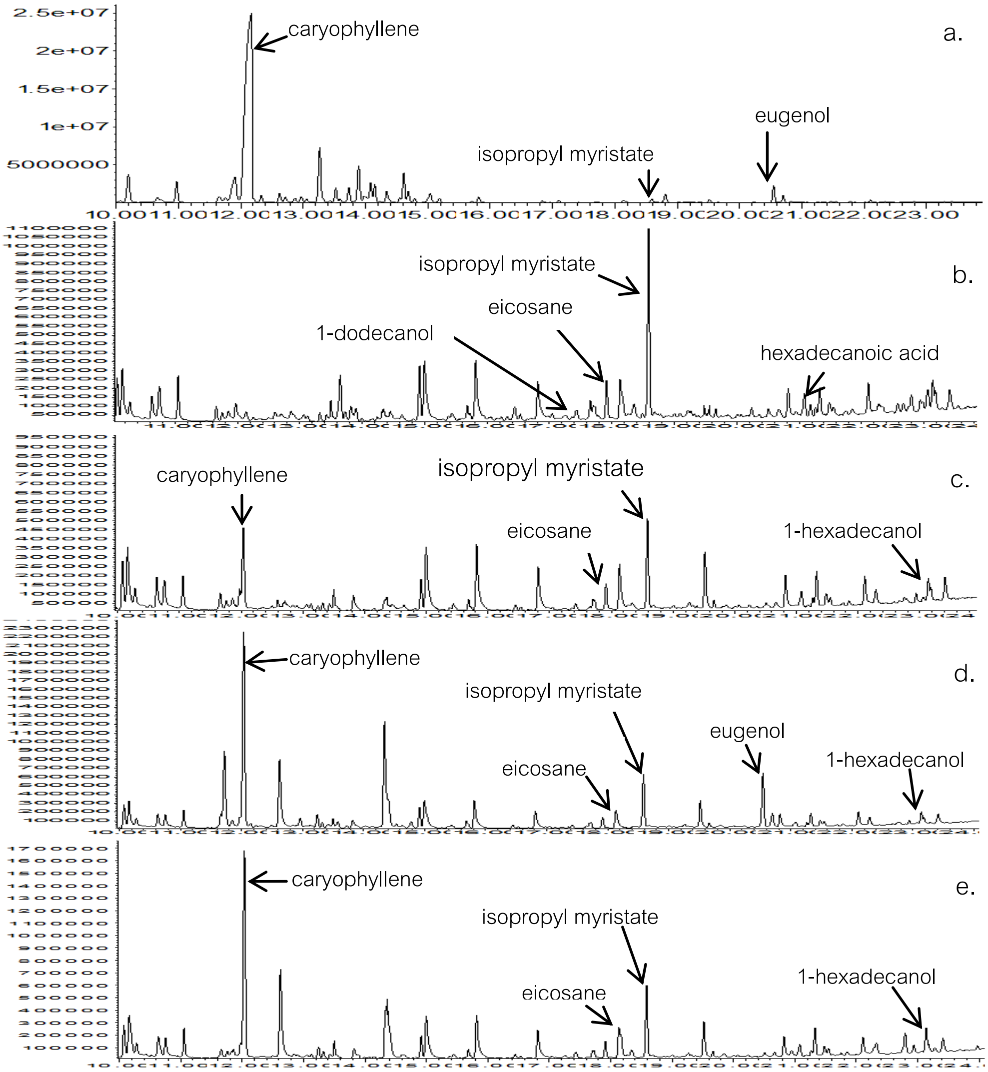



**Figure 2** Chromatograms of a.) mother plant, b.) root, c. and e.) callus and d.) young shoot were plant tissue cultured.

# การพัฒนาอาหารเสริมธาตุเหล็กสำหรับเด็กอายุ 9-11 เดือน
# Development of Iron Complementary Food for 9-11 Months Infant

จิราวรรณ หนูประภา[1] นารีรัตน์ ตันติสว่างวงศ์[1] เปรมศิริ สมพรเสริม[1] และ สุภัทร์ ไชยกุล[2]
Nuprapa, J. [1], Tantisawangwong, N.[1], Sompornserm, P. [1]and Chaiyakul, S.[2]

## Abstract

The objective of this study was to develop a complementary food containing iron for 9 to 11 months old infants using retort pouchs sterilized at 121°C for 20 minutes. The ingredients were chicken thigh, chicken liver, eggs, rice, pumpkin, ivy gourd, black sesame seed and chicken stock. Three recipes varying the three component parts: the chicken thigh, chicken liver, and eggs were formulated by using mixture design and compared with commercial products. Result showed that the pH of all treatments ranged from 5.16 - 6.45. The physical properties of the third formula that had chicken thigh, chicken liver and eggs of 34, 20 and 46 grams, respectively and were not significantly different with the commercial products. Texture values were 3.855, 5.164 N.sec and viscosity values were 3419, 3619 cP. Sterilization did not significantly affect the amount of iron in the diet.

**Keywords:** complementary food for infants, retort pouch, mixture design

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในเพื่อพัฒนาสูตรอาหารเสริมที่เป็นแหล่งของธาตุเหล็กสำหรับทารกวัย 9-11 เดือน บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว และฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อภายใต้แรงดัน ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ใช้วัตถุดิบ 8 ชนิด คือ สะโพกไก่ ตับไก่ ไข่ไก่ ข้าวเจ้า ฟักทอง ตำลึง งาดำ และน้ำสต็อกไก่ พัฒนาสูตร 3 สูตร โดยแปรส่วนประกอบของสะโพกไก่ ตับไก่ และไข่ไก่ การออกแบบการทดลองโดยใช้เทคนิค mixture design เปรียบเทียบสูตรที่พัฒนากับอาหารเสริมที่จำหน่ายทางการค้า ผลการศึกษาพบว่า อาหารเสริมทั้ง 3 สูตรมีค่า pH อยู่ในช่วง 5.16-6.45 และอาหารเสริมสูตรที่ 3 มีส่วนประกอบของ สะโพกไก่ ตับไก่ และไข่ไก่ เป็น 34, 20 และ 46 กรัม ตามลำดับ มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับอาหารเสริมที่จำหน่ายทางการค้า โดยมีค่าเนื้อสัมผัสเป็น 3.855, 5.164 นิวตันต่อวินาที และค่าความหนืดเป็น 3419, 3619 เซนติพอยส์ ตามลำดับ การฆ่าเชื้อไม่มีผลต่อปริมาณธาตุเหล็กในสูตรอาหารอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

**คำสำคัญ**: อาหารเสริมสำหรับทารก บรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว การทดลองแบบส่วนผสม

## คำนำ

เด็กทารกวัย 9-11 เดือน มักพบปัญหาการขาดธาตุเหล็กมากที่สุด ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่สำคัญในการเสริมสร้างภูมิต้านทาน ระบบการสร้างเม็ดเลือดแดง และเสริมสร้างการเจริญเติบโตของเด็กทารก โดยทารก 9-11 เดือน มีความต้องการธาตุเหล็ก 9.3 มิลลิกรัม/วัน (คณะกรรมการจัดทำข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย, 2546) ทารกจึงต้องรับประทานอาหารที่เป็นแหล่งของธาตุเหล็ก ธาตุเหล็กในอาหารหากแบ่งตามความสามารถในการดูดซึมและนำไปใช้ประโยชน์จัดแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ ธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปสารประกอบฮีมจัดเป็นกลุ่ม high bioavailability ร่างกายสามารถดูดซึมนำไปใช้ได้มากกว่าร้อยละ 50 พบในอาหารจำพวก เนื้อสัตว์ ตับ ไข่แดง เป็นต้น กลุ่ม Medium bioavailability ร่างกายดูดซึมนำไปใช้ได้ปานกลาง ร้อยละ 20-30 พบในธัญพืช แป้ง ไข่ ผักใบเขียว ส่วนกลุ่ม Low bioavailability ร่างกายสามารถดูดซึมนำไปใช้ได้ต่ำ เพียงร้อยละ 1-20 เนื่องจากมีตัวขัดขวางการดูดซึม เช่น แทนนิน ไฟเตท ออกซาเลต พบในอาหารประเภท ถั่ว ใบชา ข้าวไม่ขัดสี (World Health Organization, 1998) ดังจะเห็นได้ว่าการ

[1] สาขาวิชาอุตสาหกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี 199 หมู่ 9 ตำบลลุ่มสุ่ม อำเภอไทยโยค กาญจนบุรี 71150
[1] Food Technology Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus
[2] ภาควิชาโภชนาการ คณะสาธารณสุข มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตราชวิถี 420/1 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กทม 10400
[2] Department of Nutritional, Faculty of public health, Mahidol University, Rajavithi Campus 420/1 Rajavithi RD., Rachathewi, Bangkok, 10400

เลือกใช้วัตถุดิบและปริมาณที่เหมาะสมทำให้ทารกได้รับธาตุเหล็กที่เพียงพอและสามารถดูดซึมไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรอาหารเสริมที่เป็นแหล่งของธาตุเหล็กสำหรับทารกวัย 9-11 เดือน ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของธาตุเหล็กในระหว่างกระบวนการผลิตและการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว

## อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของธาตุเหล็กคัดเลือกจากหนังสือตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย (กระทรวงสาธารณสุข, 2544) ได้แก่ สะโพกไก่ ตับไก่ ไข่ไก่ ฟักทอง ตำลึง งาดำ ข้าวหอมปทุมธานี และน้ำสต็อกไก่ นำมาทดลองผลิตตามสูตรต้นแบบอาหารตามวัยสำหรับเด็กทารก (อุมาพร และคณะ, 2552; ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2537) พัฒนาสูตรโดยใช้หลักการสามเหลี่ยม mixture design แปรปริมาณสะโพกไก่ ตับไก่ และไข่ไก่ในสูตร เพื่อให้ได้สูตรอาหารที่มีปริมาณโปรตีนและธาตุเหล็กสูง ดังแสดงใน Table 1 ชั่งวัตถุดิบตามสูตร นำมาปั่นผสมด้วยเครื่อง แล้วให้ความร้อนเบื้องต้น (preheat) ด้วยไอน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95$\pm$5 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที บรรจุร้อนในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว (retort pouch 10×16 cm) ปริมาณ 70 กรัมต่อถุง ปิดปากถุงด้วยเครื่องบรรจุสุญญากาศ แล้วนำเข้าเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้แรงดัน ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 20 นาที ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็ก โดยเตรียมตัวอย่างด้วยเครื่อง microwave digestion และวัดปริมาณธาตุเหล็กด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AOAC., 1990) วัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) โดยใช้ pH meter วัดความหนืด(viscosity) โดยใช้เครื่อง brookfield viscometer วัดค่าค่าความเหนียวข้น (consistency) โดยใช้เครื่อง texture analyzer ใช้หัววัดชนิด heavy duty probe adapter (AOAC., 2000) ศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุเหล็กของผลิตภัณฑ์ ทำโดยเก็บตัวอย่างใน 3 ช่วงเวลาคือ ตัวอย่างก่อน preheat ตัวอย่างหลัง preheat และตัวอย่างหลัง retort นำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็ก ผลิตผลิตภัณฑ์ตามสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมจากการศึกษา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55, 37 และ 25 องศาเซลเซียลเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้ววิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา เพื่อประเมินผลด้านการเก็บรักษาและความปลอดภัยของอาหารตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2556) วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design ทดลอง 3 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance; ANOVA) โดยวิธี general linear model ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window version 18 (SPSS Inc., Thailand) ทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าการใช้ปริมาณสะโพกไก่ ตับไก่ และไข่ไก่ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันในสูตรมีผลต่อปริมาณธาตุเหล็กของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1, 2) การเพิ่มปริมาณของตับไก่และไข่ไก่มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีธาตุเหล็กสูงขึ้น โดยสูตรที่ 2 และ 3 มีอัตราส่วนของตับไก่ร้อยละ 20 และไข่ไก่ร้อยละ 40 และ 46 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์มีปริมาณธาตุเหล็กจากการวิเคราะห์เท่ากับ 7.27 และ 7.38 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง เมื่อนำมาคำนวณปริมาณสารอาหารของผลิตภัณฑ์เพื่อแสดงฉลากโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (237 กรัม) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 เรื่อง ฉลากโภชนาการ (2541) พบว่าผลิตภัณฑ์มีธาตุเหล็กร้อยละ 12 ของ Thai RDI (สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป) ซึ่งสามารถกล่าวอ้างได้ว่าผลิตภัณฑ์เป็นแหล่งของธาตุเหล็ก เมื่อพิจารณาความต้องการธาตุเหล็กในเด็กอายุ 9-12 ปี พบว่าเด็กมีความต้องการธาตุเหล็ก 9.3 มิลลิกรัม/วัน ดังนั้นการบริโภคผลิตภัณฑ์นี้จำนวน 1 ซอง เด็กจะได้รับธาตุเหล็กเพียงพอต่อความต้องการในหนึ่งวัน การเปรียบเทียบค่าของธาตุเหล็กที่ได้จากการคำนวณและจากการวิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละสูตร (Table 2) พบว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีปริมาณสูงกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสายพันธุ์ ฤดูกาล หรือความผันแปรของวัตถุดิบ อย่างไรก็ตามค่าที่วิเคราะห์ได้มีความแตกต่างจากค่าที่คำนวณเพียงเล็กน้อยจึงมีความเป็นไปได้ที่มารดาหรือผู้เตรียมอาหารสำหรับเด็กอาจใช้ข้อมูลจากหนังสือตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย (กระทรวงสาธารณสุข, 2544) เพื่อเป็นแนวทางในการคำนวณสูตรอาหารสำหรับเด็กอายุ 9-12 ปี จากการศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อการสูญเสียธาตุเหล็กในผลิตภัณฑ์ (Table 3) พบว่าการให้ความร้อนในการ preheat (อุณหภูมิ 95$\pm$5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที) และการฆ่าเชื้อ (อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 20 นาที) ในช่วงอุณหภูมิและเวลาในการศึกษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเหล็กของตัวอย่าง ($p \geq 0.05$) อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนที่ระดับต่างๆ อาจมีผลต่อ bioavailability ของธาตุเหล็กด้วย (Heribert, 1998) การทดลองพบว่าการเติมสะโพกไก่

และไข่ไก่สูงในสูตรมีผลให้ค่าความหนืดและค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์สูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ในปริมาณต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1, 4) ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตตามสูตร 3 มีค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความเหนียวข้นและค่าความหนืดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างต้นแบบที่จำหน่ายทางการค้าในสูตรที่ใกล้เคียงกัน ของบริษัท Wakodo ประเทศญี่ปุ่น (Table 4) การศึกษานี้จึงเลือกสูตร 3 เพื่อใช้เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตผลิตภัณฑ์ จากการทดลองผลิตและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 55, 37 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (Table 5) ผลการวิเคราะห์พบว่าผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 7 วัน ตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2556)

## สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้สูตรการผลิตอาหารเสริมที่เป็นแหล่งของธาตุเหล็กสำหรับทารกวัย 9-11 เดือน บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว ที่ประกอบด้วยสะโพกไก่ร้อยละ 14.88 ตับไก่ร้อยละ 20.13 ไข่ไก่ร้อยละ 8.75 ซึ่งมีปริมาณของธาตุเหล็กในตัวอย่างในระดับที่สามารถกล่าวอ้างว่า "เป็นแหล่งของธาตุเหล็ก" ตามเกณฑ์ที่กำหนดในประกาศกระทรวง เรื่องฉลากโภชนาการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55, 37 และ 25 องศาเซลเซียส ได้อย่างน้อย 7 วัน สภาวะที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิและเวลาในการ preheat และการฆ่าเชื้อไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุเหล็กในตัวอย่าง

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรีและคณะสาธารณสุขศาสตร์ ในการสนับสนุนเงินทุน เครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

กองโภชนการ, กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข, 2544, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, กระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี. 132 หน้า.

คณะกรรมการจัดทำข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย, 2546, ตารางปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน สำหรับคนไทย พ.ศ. 2546 [สืบค้น], http:// http://nutrition.anamai.moph.go.th/dri.htm [20/ December/ 14]

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2537, อาหารเสริมสำหรับทารกและเด็กเล็ก, ฉบับที่ 158, สำนักคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2541, ฉลากโภชนาการ, ฉบับที่ 182, สำนักคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2556, อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท, ฉบับที่ 144, 179, 253, สำนักคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข.

อุมาพร สุทัศน์วรวุฒิ สุภาพรรณ ตัณตราชีวธร และสมโชค คุณสนอง, 2552, คู่มืออาหารตามวัยสำหรับทารกและเด็กเล็ก, บริษัทบียอนด์ เอ็นเทอร์ไพรซ์ จำกัด, กรุงเทพฯ. 62 หน้า.

AOAC., 1990, Official Method of Analysis, 15th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Washington: DC.

AOAC., 2000, Official Methods of Analysis, 17th ed., The Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg: MD.

Heribert, J.W., 1998, Impact of Processing on Bioavailability Examples of Minerals in Foods, Trends in Food Science and Technology, 9: 320-327.

World Health Organization, 1998, Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge, WHO/NUT/98.1Genevz:World health Organization.

**Table 1** Three recipes varied weight (g) of chicken thigh, chicken liver, and egg by using mixture design

| Ingredient in mixture | Recipe1 | Recipe2 | Recipe3 |
|---|---|---|---|
| Chicken thigh | 40 | 40 | 34 |
| Chicken liver | 14 | 20 | 20 |
| Whole egg | 46 | 40 | 46 |
| Total | 100 | 100 | 100 |

**Table 2** The iron content of complementary food for 9-11 months infant (mg per 100 g dry basis) from calculation compare with analytical

| Recipe1 | | Recipe2 | | Recipe3 | |
|---|---|---|---|---|---|
| Calculated* | Analyzed | Calculated | Analyzed | Calculated | Analyzed |
| 5.51 | $6.75^{b}$(± 0.72)** | 6.09 | $7.27^{a}$ (± 0.71) | 5.71 | $7.38^{a}$ (± 0.71) |

* The value by calculation from nutrition values of Thai foods by ministry of public health of raw materials except chicken stock

** Mean (± standard deviation of three determinations)

$^{a\text{-}b}$ Different letters of each treatment indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

**Table 3** The iron content of complementary food before and after heat process

| Sample* | Iron content (mg/100 g dry basis) |
|---|---|
| Before preheat | $5.67^{ns}$ (± 0.05)** |
| After preheat | 6.04 (±0.11) |
| After retort | 6.75 (±0.84) |

* Recipe 1 was used to produce a sample.

** Mean (± standard deviation of three determinations)

$^{ns}$ indicate not significant difference ($p>0.05$)

**Table 4** The pH, consistency and viscosity of complementary food for 9-11 months infants

| Sample | pH | Consistency (N.sec) | Viscosity (cP) |
|---|---|---|---|
| Prototype* | $5.16^{b}$ (±0.03)** | $5.16^{c}$ (±0.70) | $3619.00^{a}$ (±42.43) |
| Recipe 1 | $6.40^{a}$ (±0.12) | $2.50^{ab}$ (±0.34) | $5123.75^{b}$ (±126.79) |
| Recipe 2 | $6.45^{a}$ (±0.02) | $3.14^{ab}$ (±0.58) | $5108.75^{b}$ (±134.04) |
| Recipe 3 | $5.62^{ab}$ (±0.95) | $3.86^{abc}$ (±0.40) | $3419.00^{a}$ (±362.90) |

* Wakodo complementary food for 9-11 months infants

** Mean (± standard deviation of three determinations)

$^{a\text{-}c}$ Different letters within the same column of each treatment indicate significant difference ($p<0.05$)

**Table 5** Total plate count, yeast mold, and Coliform on sterilized complementary food at storage 7 day

| Microorganism | Storage at 55˚C | Storage at 37˚C | Storage at 25˚C |
|---|---|---|---|
| Total plate count (CFU/g) | $< 1x10^{3}$ | $< 1x10^{3}$ | $< 1x10^{3}$ |
| Yeast and Mold (CFU/g) | <100 | <100 | <100 |
| Coliform count (CFU/g) | 25 | 8 | 19 |

# ศึกษาวิธีการเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพน้ำมัน

## Study on Storage Managements Affecting on the Quantity and Quality of Soybean Oil

**ภัควิไล ยอดทอง[1] จารุวรรณ บางแวก[1] และ อรวรรณ จิตต์ธรรม[1]**
Yodthong, P.[1], Bangweak, J.[1] and Jittam, O.[1]

### Abstract

This research investigated appropriate storage conditions of crude 'Chiang Mai 2' soybean oil for maintaining its quality during long storage. The experimental design was spit plot in RCBD with 4 replications which the main plot was storage temperatures at 10°C, 25°C and ambiences (29-31°C) and the sub plot was 12 months of storage durations. The oil samples were withdrawn monthly and examined the oil qualities in terms of acid value (AV), iodine value (IV) and peroxide value (PV). Result showed that AV and PV of soybean oil increased significantly from the original samples when they were kept longer than 4 months in 25°C and ambient temperature conditions. Meanwhile, soybean oil qualities in terms of AV and PV were not much changed from the original until 12 months when they were stored room with 10°C. IV was not changed in samples of all tested conditions.

**Keywords:** 'Chiangmai 2' soybean, peroxide value (PV), acid value (AV), iodine value (IV), soybean oil, storage condition

### บทคัดย่อ

การทดลองนี้ศึกษาสภาพและระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เหมาะสม เพื่อคงสภาพน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 2 สกัดหยาบ (crude oil) ให้เสื่อมคุณภาพช้าที่สุด วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ โดยเก็บรักษาที่ 10 25 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิห้อง เป็น Main plot และระยะเวลาการเก็บรักษา 12 เดือน เป็น sub plot ทุกเดือน นำน้ำมันมาวิเคราะห์หาคุณภาพน้ำมัน พบว่า ค่าความเป็นกรด (Acid Value :AV) ซึ่งเกิดจากน้ำมันเกิดปฏิกิริยาได้ กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) และ ค่า Peroxide value (PV) ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ได้สารที่มีกลิ่นหืน จะเกิดมากและเร็ว เมื่อเก็บในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง คือที่ 25 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิห้อง เมื่อเก็บไว้นานกว่า 4 เดือน ส่วนน้ำมันที่เก็บในที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษาน้ำมันได้นาน 12 เดือน โดยที่ค่า AV และ PV จะไม่เปลี่ยนแปลงมาก ส่วนค่า Iodine value (IV) ค่าจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในทุกสภาพ

**คำสำคัญ**: ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 2 peroxide value (PV) acid value (AV) iodine value (IV) น้ำมันถั่วเหลือง การเก็บรักษา

### คำนำ

ถั่วเหลือง (Soybean) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Glycine max (L.) Merrill* (อภิพรรณ, 2546) ประกอบด้วยโปรตีน 30-50 % คาร์โบไฮเดรท 12-24% และน้ำมัน 13-24% (นิรนาม, 2538) คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายประการ เช่น คุณภาพเมล็ดที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน สภาพการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นต้น Alencar และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำมันถั่วเหลืองจากการเก็บรักษาเมล็ดภายใต้สภาวะที่ต่างกันในระยะเวลาต่างๆ พบว่า ค่า IV ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนค่า PV มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างที่เก็บรักษาไว้ คุณภาพน้ำมันที่อยู่ในเมล็ดถั่วเหลืองเมื่อทำการเก็บรักษามีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ คุณภาพที่คำนึงถึงในการเก็บรักษา คือ ปริมาณ Peroxide Value (PV), Acid Value (AV) และ Iodine Value (IV)

ค่า Peroxide Value (PV) เป็นค่าที่บอกถึงการเสื่อมของน้ำมันที่เกิดจากปฏิกิริยา lipid oxidation ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืน

Acid Value (AV) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพน้ำมัน น้ำมันจะเกิดปฏิกิริยา hydrolysis ทำได้เกิดสารกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ ทำให้น้ำมันมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น

---

[1] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ
[1] Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok.

Iodine Value (IV) เป็นตัวชี้ว่า น้ำมันมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว เป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด ถ้าค่า IV สูง แสดงว่าน้ำมันมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมาก และจะเกิดการหืนแบบ lipid oxidation ได้ง่าย

ซึ่งบ่งบอกถึงความหืนและคุณภาพน้ำมันที่ได้ ดังนั้นระยะเวลา และสภาพการเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองจึงมีผลต่อคุณภาพดังกล่าว การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสภาพการเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลือง ที่เหมาะสมเพื่อคงคุณภาพให้นานที่สุด

## อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 2 ขวดแก้ว ตู้เย็น อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการสกัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน เช่น ไซโคลเฮกเซน สารละลายวิจส์ คลอโรฟอร์ม บิวเร็ต บิกเกอร์ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

วางแผนการทดลองแบบ Split plot โดยมี อุณหภูมิในการเก็บรักษา 3 ระดับ คือ ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 25 และ 10 องศาเซลเซียส เป็น Main plot และ ระยะเวลาในการเก็บรักษาในระยะเวลา 12 เดือน เป็น sub plot จำนวน 4 ซ้ำ โดยนำน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้ (Crude oil) พันธุ์เชียงใหม่ 2 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ในสภาพทึบแสงเป็นเวลา 12 เดือน ทุกเดือนนำน้ำมันมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน คือ ค่า Peroxide Value (PV), Acid Value (AV) และ Iodine Value (IV) บันทึก ค่า Peroxide Value (PV) Acid Value (AV) และ Iodine Value (IV) ในน้ำมันถั่วเหลืองที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆกัน ดำเนินการทดลองระหว่าง ตุลาคม 2553 – กันยายน 2555 ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

## ผลการทดลอง

**ค่า** Acid value (AV)

จากผลการทดลองพบว่า มีปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีผลต่อความเป็นกรดจาก free fatty acid จากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ด้วยเอนไซม์ไลเปส ทำให้ค่า AV สูงขึ้นถ้าสภาพเหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยา เมื่อเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองในสภาพอุณหภูมิสูงที่อุณหภูมิห้อง และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 เดือน ค่า AV จะสูงขึ้นและมีความแตกต่างทางสถิติ (1.08 และ 1.07 mg KOH/g oilตามลำดับ) และค่า AV ก็จะสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น เมื่อเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้อง และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน ค่า AV จะเท่ากับ 1.13 และ 1.12 mg KOH/g oil ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาน้ำน้ำมันถั่วเหลืองในสภาพอุณหภูมิต่ำ 10 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด (AV) จะสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่ช้ากว่าเมื่อเก็บในสภาพอุณหภูมิสูงกว่า และเมื่อเก็บไว้นาน 12 เดือน ค่า AV จะมีค่าต่ำกว่าที่สภาพอุณหภูมิสูงกว่า มีค่า 0.94 mg KOH/g oil (Table 1)

**Table 1** Acid Value (AV) (mg KOH/ g oil) in oil from soybean as function of time of storage for each temperature

| Month | Temperature (°C) | | |
|---|---|---|---|
| | RT(29-31) | 25 | 10 |
| 0 | 0.7338 abc | 0.7338 ab | 0.7338 a |
| 1 | 0.8200 a-d | 0.6825 a | 0.9050 a |
| 2 | 0.9284 cde | 0.9349 bcd | 0.9598 ab |
| 3 | 1.0775 a-d | 1.0725 cd | 0.8400 a |
| 4 | 1.3450 h | 1.2875 de | 1.3400 c |
| 5 | 0.9675 cde | 1.0600 cd | 0.9675 bc |
| 6 | 1.2525 fg | 1.3200 ef | 1.1850 bc |
| 7 | 1.3025 g | 1.3500 ef | 1.3550 c |
| 8 | 1.0303 de | 1.4307 f | 1.3102 c |
| 9 | 0.6325 ab | 0.9975 bcd | 0.8950 a |
| 10 | 0.1000 a | 0.5975 a | 0.9525 ab |
| 11 | 0.8800 bcd | 0.9275 abc | 0.7950 a |
| 12 | 1.1275 efg | 1.1225 d | 0.9425 ab |
| | cv (a) = 16.3% , cv(b) = 15.8% | | |

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

**ค่า Peroxide value (PV)**

พบว่า มีปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา ที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา lipid oxidation ทำให้น้ำมันเกิดกลิ่นหืน เมื่อเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 2 ที่อุณหภูมิ ห้อง (มากกว่า 30 องศาเซลเซียส) และที่ 25 องศาเซลเซียส น้ำมันถั่วเหลืองจะมีค่า PV สูงและมีความแตกต่างทางสถิติกับค่า PV ที่ระยะเริ่มต้น เมื่อเก็บรักษานาน 5 เดือนขึ้นไป ค่า PV จะสูงขึ้นเรื่องยๆ เมื่อเก็บไว้นานขึ้น ค่าPV จะมีค่าสูงสุดเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน มีค่า 12.345 meq/kg oil แต่การเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าPV จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่อัตราการเพิ่มค่า PV จะต่ำกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง น้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 12 เดือน มีค่า PV 8.135 meq/kg oil

ระหว่างอุณหภูมิทั้ง 3 แบบ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสจะทำให้น้ำมันมีค่า PV ต่ำที่สุด เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือนค่า PV มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับค่า PV เริ่มต้น คือมีค่า 8.135 meq/kg oil (Table 2)

**Table 2** Peroxide Value (PV) (meq/kg oil) in oil from soybean as function of time of storage for each temperature

| Month | Temperature (°C) | | |
|---|---|---|---|
| | RT(29-31) | 25 | 10 |
| 0 | 1.3425 a | 1.3425 a | 1.3425 a |
| 1 | 2.4850 b | 2.2800 ab | 2.0650 b |
| 2 | 2.3583 b | 3.0735 b | 1.8852 b |
| 3 | 3.7150 c | 2.9250 b | 1.9450 b |
| 4 | 4.7525 cd | 4.6775 c | 2.4350 b |
| 5 | 5.6925 de | 6.0975 d | 5.8875 ef |
| 6 | 6.1675 ef | 5.9250 cd | 5.1075 def |
| 7 | 9.2000 gh | 8.6275 ef | 4.7950 def |
| 8 | 10.0692 gh | 7.9609 ef | 4.1569 de |
| 9 | 9.9575 gh | 8.9600 f | 2.7925 bc |
| 10 | 7.4450 fg | 3.3275 a | 8.7925 f |
| 11 | 10.0925 gh | 7.4800 e | 3.2625 cd |
| 12 | 12.3450 h | 8.1350 ef | 3.3675 cd |
| | cv (a) = 16.1% , cv(b) = 18.0% | | |

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

**ค่า Iodine value (IV)**

พบว่า มีปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา ที่มีผลต่อค่า IV โดย ค่า IV จะสูงขึ้น แต่ไม่ต่างกันมากนักระหว่างอุณหภูมิที่ต่างกัน ค่า IV จะสูงขึ้นและมีความแตกต่างทางสถิติกับค่า IV ที่ระยะเริ่มต้น เมื่อเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองนาน 7 เดือน มีค่า 171.99 160.69 และ 177.11 Wijs ที่อุณหภูมิห้อง 25 และ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่ไม่ต่างจากค่าที่ระยะเริ่มต้น และจะสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาน้ำมันนานขึ้น แสดงว่าอุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว มากนัก (Table 3)

**Table 3** Iodine value (IV) (Wijs) in oil from soybean as function of time of storage for each temperature

| Month | Temperature (°C) | | |
|---|---|---|---|
| | RT(29-31) | 25 | 10 |
| 0 | 123.1950 cde | 123.1950 b-e | 123.1950 bcd |
| 1 | 115.1200 bc | 107.9100 a | 112.5330 a |
| 2 | 116.9800 bcd | 125.8550 cde | 122.1680 bcd |
| 3 | 127.2150 de | 121.7480 b-e | 124.8900 b-e |
| 4 | 126.5330 de | 126.0500 cde | 119.2800 bc |
| 5 | 107.5080 a | 125.5850 cde | 129.4930 cde |
| 6 | 110.8080 b | 115.1350 bc | 115.0030 b |
| 7 | 171.990 e | 169.6850 e | 177.1080 e |
| 8 | 122.0380 b-e | 120.5780 b-e | 123.7280 bcd |
| 9 | 126.6980 de | 127.6700 de | 125.4850 b-e |
| 10 | 176.0780 e | 175.8700 e | 176.6780 e |
| 11 | 111.5400 b | 112.1100 b | 113.8580 b |
| 12 | 118.4330 bcd | 116.7850 bcd | 131.7830 de |
| | cv (a) = 5.8% , cv(b) = 5.6% | | |

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

## วิจารณ์ผล

จากผลการทดลอง พบว่าในสภาพการเก็บรักษาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาจะมีผลต่อคุณภาพน้ำมัน โดยเฉพาะค่าความเป็นกรด (AV) และค่า PV ที่แสดงถึงการเกิดกลิ่นหืนของน้ำมัน และสรุปได้ว่าการเก็บน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่2 ให้คงคุณภาพได้นาน 12 เดือน โดยคุณภาพไม่ต่างจากเริ่มต้นมากนัก โดยดูจากค่า AV และ PV นั้น ควรเก็บน้ำมันถั่วเหลือง (crude extract) ที่อุณหภูมิต่ำ หรือ 10 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 2 ได้นานกว่า การเก็บที่อุณหภูมิที่สูงกว่า สอดคล้องกับผลการทดลองของ Yang และคณะ (2005) และ Alencar และคณะ (2010) ที่ได้ทำการศึกษาผลกระทบของสภาพการเก็บรักษาต่อเสถียรภาพออกซิเดชั่นของน้ำมันดิบถั่วเหลือง พบว่าค่า PV จะเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน

## สรุปผล

สภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ หรือ 10 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 2 ได้นานถึง 12 เดือนโดยน้ำมันไม่มีกลิ่นหืน และมีความเป็นกรด (AV) ต่ำกว่าการเก็บที่อุณหภูมิที่สูงกว่า

## เอกสารอ้างอิง

นิรนาม, 2546, สินค้าถั่วเหลือง, กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, กรุงเทพฯ. 6 หน้า

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2542, พืชเศรษฐกิจ, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 471 หน้า

อภิพรรณ พุกภักดี, 2546, ถั่วเหลือง: พืชทองของไทย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 264 หน้า

Alencar ,E.R.D., Faroni, L.R.D'A., Peternelli, L.A., da Silva M.T.C., Moreira, S.I., 2006, Soybean Oil Quality from Grains Stored under Different Condition, Page 38-44 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Oct.15-18, 2006, Brazil.

Alencar, E.R.D., Faroni, L.R., Peternelli, L.A., da Silva, M.T. and Costa, A.R., 2010, Influence of Soybean Storage Conditions on Crude Oil Quality, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 14(3): 303-308.

Yang, T.S., Chu, Y.H. and Liu, T.T., 2005, Effects of storage conditions on oxidative stability of soybean oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(9): 1587-1595.

# การเตรียมเส้นใยผงจากเปลือกเงาะและการใช้เป็นสารลดการดูดซับน้ำมันในแป้งชุบทอด
# Preparation of Fiber Powder from Rambutan Peel for the Use as an Oil Reduction Substance in Batter

**สิริมา ชินสาร**[1] **และ ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล**[2]
Chinnasarn, S.[1] and Itthisoponkul, T.[2]

## Abstract

This research was to study preparation of fiber powder from rambutan peel which was used for an oil reduction substance in batter. Initially, the effect of hydrogen peroxide concentration (0.5, 1.0 and 1.5 M) on physical property of fiber powder was investigated. Results showed that the fiber extracted from 1.5 M hydrogen peroxide had the highest water holding capacity (7.78 g water/ g fiber), oil holding capacity (3.38 g oil/ g fiber), lightness value (L* = 57.65) and color difference value ($\Delta$E = 16.36) ($p \leq 0.05$). This fiber contained total dietary fiber of 79.60 g/100 g, moisture content of 7.12% and $a_w$ 0.40. Subsequentially, effect of fiber powder content (3, 6 and 9% of total ingredient weight) on oil absorption in batter was studied. Results showed that the batter mixed with 9% fiber had the lowest oil content (15.10%) ($p \leq 0.05$). Oil uptake of this product was reduced to 59.22% as compared to the control.
**Keywords**: rambutan peel, fiber powder, AHP method, oil uptake

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมเส้นใยผงจากเปลือกเงาะ และใช้เป็นสารลดการดูดซับน้ำมันในแป้งชุบทอด การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (0.5 1.0 และ 1.5 โมลาร์) ต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใยผง พบว่า การใช้สารละลายความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ ทำให้เส้นใยผงมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (7.78 กรัมน้ำ/กรัมเส้นใยผง) อุ้มน้ำมัน (3.83 กรัมน้ำมัน/ กรัมเส้นใยผง) ค่าความสว่าง (L* = 57.65) และความแตกต่างของสี ($\Delta$E = 16.36) สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เส้นใยผงที่ได้มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด 79.60 กรัม/ 100 กรัม ความชื้น 7.12 % และ $a_w$ 0.40 การนำเส้นใยผง (3 6 และ 9% ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด) มาทดสอบคุณสมบัติต่อการดูดซับน้ำมันในแป้งชุบทอด พบว่า แป้งชุบทอดที่เติมเส้นใยผง 9% ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดมีปริมาณน้ำมันภายหลังการทอด (15.10%) ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยสามารถลดการดูดซับน้ำมันได้ถึง 59.22% เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม
**คำสำคัญ**: เปลือกเงาะ เส้นใยผง วิธี AHP การดูดซับน้ำมัน

## คำนำ

เงาะเป็นไม้ผลเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย สามารถใช้ในการบริโภคสดและใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรม เช่น ผลิตภัณฑ์เงาะบรรจุกระป๋อง ซึ่งในกระบวนการแปรรูปดังกล่าวทำให้มีเปลือกเงาะเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก เปลือกเงาะเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี โดยมีปริมาณใยอาหารสูง ไขมันต่ำ ให้พลังงานน้อย (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2555) ซึ่งใยอาหารมีประโยชน์ในการช่วยขัดขวางการดูดซึมไขมันและคอเลสเตอรอล ลดอัตราเสี่ยงจากไขมันอุดตันหลอดเลือด ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ช่วยป้องกันหรือลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็งลำไส้ ทำให้การเคลื่อนไหวของลำไส้เป็นปกติ และลดการเกิดอาการท้องผูก เป็นต้น นอกจากนั้นยังพบว่าใยอาหารจากเปลือกเงาะมีเส้นใยชนิดที่ไม่ละลายน้ำสูง ซึ่งใยอาหารชนิดนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์ในการเป็นสารช่วยลดการดูดซับน้ำมันในอาหารทอดได้อีกด้วย แต่การนำเอาเปลือกเงาะอบแห้งมาใช้โดยตรงอาจก่อให้เกิดปัญหาเนื่องจากเปลือกเงาะอบแห้งมีสีน้ำตาลเข้มจะทำให้ลักษณะปรากฏของอาหารไม่น่ารับประทาน งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาวิธีการสกัดใยอาหารจากเปลือกเงาะด้วยวิธี AHP method เพื่อพัฒนาเป็นใยอาหารผงจากเปลือกเงาะที่มีความเข้มของสี

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Saensook, Muang, Chonburi, 20131
[2] คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110
[2] Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, Wattana, Bangkok, 10110.

ลดลง และเพื่อเป็นแนวทางในการนำใยอาหารจากเปลือกเงาะไปประยุกต์ใช้ในอาหาร จึงทำการศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ โดยการเติมใยอาหารลงในแป้งชุบทอดเพื่อศึกษาความสามารถในการลดการดูดซับน้ำมันของใยอาหารจากเปลือกเงาะ

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมเปลือกเงาะโดยนำเปลือกเงาะสดพันธุ์โรงเรียนมาล้างทำความสะอาด วางพักบนตะแกรงเพื่อให้สะเด็ดน้ำ หั่นเป็นเส้นหนา 0.5 มิลลิเมตร ด้วยเครื่อง Slicer จากนั้นอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ปริมาณความชื้น 7±1%) เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ปิดผนึก

**การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใยผง**

บดเปลือกเงาะอบแห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 เมช แล้วนำผงเปลือกเงาะ 30 กรัม สกัดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 300 มิลลิลิตร แปรความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 0.5 1 และ 1.5 M จากนั้นปรับ pH ของสารละลายเป็น pH 9 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 M กวนสารละลายเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกรองผ่านผ้าไนล่อนขนาด 70 เมช ล้างเส้นใยที่สกัดได้ด้วยน้ำประปาจน pH ของน้ำที่ใช้ล้างมีค่าเป็นกลาง นำเส้นใยที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เส้นใยผงที่ได้มีปริมาณความชื้น 7±1 เปอร์เซ็นต์ นำมาวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน และค่าสี ในระบบ L*, a*, b* (ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง) และคำนวณหาค่าความแตกต่างของสี ($\Delta$E) เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ผ่านการสกัด คัดเลือกเส้นใยที่มีค่า L*, $\Delta$E และความสามารถในการอุ้มน้ำสูง มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2005) ค่า $a_w$ ด้วยเครื่อง Novasina Thermoconstanter TH200 และปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2005)

**การศึกษาปริมาณเส้นใยผงต่อการดูดซับน้ำมันในแป้งชุบทอด**

เตรียมแป้งชุบทอดซึ่งมีส่วนผสม คือ แป้งสาลี 80% แป้งข้าวโพด 10% แป้งข้าวเจ้า 5% เกลือ 2.5% ผงฟู 2% และพริกไทย 0.5% เติมเส้นใยที่คัดเลือกได้ โดยแปรปริมาณที่เติมเป็น 0 (ตัวอย่างควบคุม) 3 6 และ 9%(ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด) เตรียมส่วนผสมดังกล่าวให้เป็น batter แล้วนำชิ้นเนื้ออกไก่ที่หั่นเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 1.5 x 1.5 x 1.5 เซนติเมตร มาชุบแล้วนำไปทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 180±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที นำขึ้นมาพักไว้บนตะแกรงเป็นเวลา 15 วินาทีแยกส่วนของแป้งชุบทอดมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2005) และปริมาณไขมัน (AOAC, 1990)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อสมบัติทางกายภาพของ เส้นใยผง พบว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยผงจากเปลือกเงาะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) ซึ่งการสกัดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1.5 M เส้นใยมีค่าการอุ้มน้ำสูงสุด คือ 7.78 กรัมน้ำต่อกรัมเส้นใยผง และสามารถอุ้มน้ำมันได้ 3.83 กรัมน้ำมันต่อกรัมเส้นใยผง เนื่องจากการสกัดด้วยวิธี AHP เป็นการแยกเอาลิกนินและสารอื่นๆ ที่เจือปนอยู่ในโครงสร้างของผนังเซลล์พืชและเส้นใยให้ออกมาอยู่ในรูปของสารละลาย ในขณะที่เซลลูโลสไม่ถูกละลายแต่พันธะไฮโดรเจนบางส่วนในโครงสร้างของเซลลูโลสถูกตัดทอนทำให้โครงสร้างผลึกของเซลลูโลสหลวมขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น (Gould, 1989)

เมื่อพิจารณาค่าสี (Table 2) พบว่า ค่า L*, a*, b* และค่า $\Delta$E ของเส้นใยผงที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทั้ง 3 ความเข้มข้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการสกัดด้วยวิธี AHP สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถทำปฏิกิริยาทั้งฟอกสีและทำให้ลิกนินสลายออกมาพร้อมกับน้ำ ส่วนสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์จะได้โซเดียมเปอร์ออกไซด์กับน้ำ โดยโซเดียมเปอร์ออกไซด์จะเป็นตัวออกซิไดซ์ เมื่อทำปฏิกิริยาจะคายความร้อนออกมาโดยเป็นตัวฟอกสีเพื่อช่วยฟอกสีลิกนินโดยเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสารที่ไม่มีสี (ปราณี และ ศรีไฉล, 2541) จึงมีผลทำให้เส้นใยผงจากเปลือกเงาะมีสีจางลง มีค่า L* เพิ่มสูงขึ้น

จากผลการทดลองสามารถคัดเลือกสภาวะที่ดีที่สุดในการสกัดเส้นใยผง คือ การสกัดด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1.5 M โดยเส้นใยที่ได้มีค่าความสว่างมากที่สุด คือ 57.77 และมีค่าความแตกต่างของสีเท่ากับ 16.37 เมื่อนำเส้นใยดังกล่าวมาวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (Table 3) พบว่า เส้นใยมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด 79.60 กรัมต่อ 100 กรัม โดยมีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมากกว่าปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ และเส้นใยผงยังมีค่า $a_w$ ไม่เกิน

0.6 และมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 15% ซึ่งอยู่ในระดับที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (ไพศาล, 2545) ดังนั้น เส้นใยผงจึงสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน โดยไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและไขมันของแป้งชุบทอดภายหลังการทอด (Table 4) พบว่า ปริมาณความชื้นของแป้งชุบทอดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยผงเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณไขมันมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยผงจากเปลือกเงาะมีปริมาณใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำนี้ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเซลลูโลสที่มีสมบัติที่สำคัญ คือ สามารถดูดซับน้ำไว้ได้ที่บริเวณผิวและเกิดการพองตัว ส่งผลให้การเติมเส้นใยผงในปริมาณมากขึ้นสามารถช่วยให้แป้งชุบทอดสามารถดูดซับน้ำไว้ได้มากขึ้นเช่นกัน โดยความสามารถในการดูดซับน้ำของเซลลูโลสเป็นปฏิกิริยาที่มีความแข็งแรงจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของน้ำในแป้งและเซลลูโลส มีผลทำให้การระเหยและการแพร่ผ่านของน้ำลดลงจึงช่วยลดการดูดซับน้ำมันเข้ามาในผลิตภัณฑ์ภายหลังการทอดได้ (Mellema, 2003) โดยพบว่าแป้งชุบทอดที่มีการเติมเส้นใยผงปริมาณ 9% (ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด) สามารถลดการดูดซับน้ำมันได้ 59.22% เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

## สรุปผล

ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมในการสกัดเส้นใยจากเปลือกเงาะ คือ 1.5 M ซึ่งจะทำให้ได้เส้นใยผงที่มีค่าสีและความสามารถในการอุ้มน้ำสูง โดยมีค่าความสว่างมากที่สุด คือ 57.65 และความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุด คือ 7.78 กรัมน้ำต่อกรัมเส้นใยผง เมื่อนำมาทดลองใช้เป็นสารลดการดูดซับน้ำมันในแป้งชุบทอด การเติมเส้นใยผงทำให้การดูดซับน้ำมันในแป้งชุบทอดน้อยลง โดยการเติมเส้นใยผงปริมาณ 9% (ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด) สามารถลดการดูดซับน้ำมันในแป้งชุบทอดลงได้ 59.22% เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ

## เอกสารอ้างอิง

ปราณี รัตนวลีดิโรจน์ และศรีไฉล ขุนทน, 2541, การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากชานอ้อย, สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ไพศาล วุฒิจำนง, 2545, เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร, ร่วมจัดโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สถาบันอาหาร, ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. หน้า 51-53

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2555, ผลิตภัณฑ์แปรรูปเงาะครบวงจร [สืบค้น], http://www.tistr.or.th/tistr/newsboard/shownews.php?Category=newsboard&No=330 [20/ May/ 13]

AOAC., 1990, Method of analysis.Association of Official Chemisis, Washington, DC.

AOAC., 2005, Official Method of Analysis (15$^{th}$ ed.), In house method based: The Association of official Analysis Chemists.

Gould, J.M., 1989, Alkaline Peroxide Treatment of Agricultural by Products, US patent 4, 806, 475.

Mellema, M., 2003, Mechanism and Reduction of Fat Uptake in Deep-fat Fried Food, Trends in Food Science & Technology, 14: 364-373.

**Table 1** Water holding capacity (WHC) and oil holding capacity (OHC) of fiber powder from rambutan

| Hydrogen peroxide concentration (M) | WHC (g water/ g fiber) | OHC (g oil/ g fiber) |
|---|---|---|
| 0 (control) | 3.88 ± 0.09[c] | 2.88 ± 0.10[d] |
| 0.5 | 5.52 ± 0.31[b] | 3.11 ± 0.06[c] |
| 1.0 | 5.67 ± 0.12[b] | 3.52 ± 0.09[b] |
| 1.5 | 7.78 ± 0.04[a] | 3.83 ± 0.05[a] |

[a,b,c,d] Difference letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

**Table 2** Color value of fiber powder from different concentration of hydrogen peroxide

| Hydrogen peroxide concentration (M) | L* | a* | b* | $\Delta E$ |
|---|---|---|---|---|
| 0 (control) | 42.43 ± 0.07[c] | 8.27 ± 0.23[b] | 19.41 ± 0.12[c] | - |
| 0.5 | 36.87 ± 0.59[d] | 6.61 ± 0.14[d] | 16.85 ± 0.19[d] | 6.35 ± 0.53[b] |
| 1.0 | 47.96 ± 0.16[b] | 8.70 ± 0.08[a] | 20.63 ± 0.39[b] | 5.69 ± 0.11[c] |
| 1.5 | 57.65 ± 0.05[a] | 7.75 ± 0.11[c] | 25.37 ± 0.20[a] | 16.36 ± 0.12[a] |

[a,b,c,d] Difference letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

**Table 3** Dietary fiber content, moisture content and $a_w$ of fiber powder

| Composition | Quantity |
|---|---|
| Insoluble dietary fiber (g/ 100 g) | 76.58 ± 0.39 |
| Soluble dietary fiber (g/ 100 g) | 3.02 ± 0.08 |
| Total dietary fiber (g/ 100 g) | 79.60 ± 0.38 |
| Moisture content (%) | 7.12 ± 0.10 |
| $a_w$ | 0.40 ± 0.00 |

**Table 4** Moisture content and oil content of batter after frying

| fiber powder content (%) | Moisture content (%) | Oil content (%) |
|---|---|---|
| 0 | 21.88 ± 3.17[d] | 37.03 ± 1.43[a] |
| 3 | 29.59 ± 3.08[c] | 27.94 ± 2.28[b] |
| 6 | 37.33 ± 2.04[b] | 19.74 ± 1.00[c] |
| 9 | 42.29 ± 1.69[a] | 15.10 ± 0.77[d] |

[a,b,c,d] Difference letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากผสมเนื้อขนุน

## Development Product of Khaomak Mixed with Jackfruit

**ศริสา ทวีแสง**[1]
Thaweesang, S.[1]

### Abstract

Product of sweet fermented rice (Khaomak) mixed with jackfruit was developed by using 3 levels of jackfruit; 1, 2 and 3% and 3 levels of Thai traditional mixed culture (Look Paeng); 0.01, 0.02 and 0.03%, respectively. The experimental units was made by using constant amount of sticky rice. Sensory evaluation indicated that the best recipe is the mixture of 2% jackfruit and 0.03% Look Paeng. Physical analysis of color measurement by Hunter lab (Model Color Flex : CX 1463) had the results of L*, a* and b* as 68.17, -1.39 and 12.29, respectively. pH was 3.75. and TSS was 8.23 °Brix. Microbial testing was done to compare between Khaomak mixed with jackfruit and commercial product in market on day 5 of strrage. All products had amount of total microbial, yeast and mold higher than Thai Community Product Standard. However, microbial in Khaomak is probiotics.

**Keywords:** Khaomak, jackfruit

### บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากผสมเนื้อขนุน โดยใช้เนื้อขนุน 3 ระดับคือ 1 2 และ 3% และลูกแป้ง 3 ระดับ คือ 0.01 0.02 และ 0.03% นำมาผลิตข้าวหมากโดยใช้ปริมาณข้าวเหนียวคงที่ และทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมากผสมเนื้อขนุน คือ เนื้อขนุน 2% ต่อลูกแป้ง 0.03% การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพพบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวหมากผสมขนุนมีค่าความสว่าง (L*) 68.17 ค่าความเป็นสีแดง (a*) -1.39 ค่าความเป็นสีเหลือง(b*) 12.29 การวิเคราะห์ค่าทางเคมีพบว่ามีค่า pH เท่ากับ 3.75 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 8.23 °Brix การวิเคราะห์จุลินทรีย์ของข้าวหมากผสมเนื้อขนุนเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่มีขายในท้องตลาด ในระหว่าง 5 วันของการเก็บรักษา พบว่าข้าวหมากทั้งสองชนิดมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์เกินมาตรฐานชุมชนกำหนดแต่จุลินทรีย์ที่พบในข้าวหมากมีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติก

**คำสำคัญ**: ข้าวหมาก ขนุน

### คำนำ

ข้าวหมากเป็นอาหารที่เกิดจากการหมักข้าวในวิถีแบบพื้นบ้านของไทย จัดเป็นอาหารหวานหรืออาหารว่าง ทำมาจากทั้งข้าวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำ โดยนำข้าวเหนียวที่ เป็นข้าวสารเต็มเมล็ดคุณภาพดี เมล็ดขาว สวยมาล้างน้ำให้สะอาด แช่น้ำค้างคืนหรือ 3 ชั่วโมงเป็น อย่างน้อย นำไปนึ่งให้สุกพอควรและนำมาผสมลูกแป้งข้าวหมากให้สม่ำเสมอ เกลี่ยให้กระจายตัวโดยใช้ลูกแป้ง ข้าวหมากบด 0.2-0.3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวเหนียวดิบ บรรจุภาชนะที่เป็นใบตองห่อ หรือถ้วยแก้ว โถแก้ว ถ้วยพลาสติกอย่างหลวมๆ ทิ้งไว้ในที่เย็น 2-3 วัน เมล็ดข้าวจะนิ่มมีน้ำหวานออกมา ทำให้ข้าวหมากเนื้อนุ่มมีรสชาติหวาน หอม มีกลิ่นแอลกอฮอล์เล็กน้อย (อรอนงค์, 2547) ข้าวหมากถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางภูมิปัญญาท้องถิ่น เนื่องจากข้าวหมากเกิดจากกระบวนการหมักข้าวที่อาศัยเชื้อยีสต์จากลูกแป้งที่มีส่วนประกอบของสมุนไพร เมื่อเชื้อเจริญบนข้าวจะเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลและแอลกอฮอล์ หากแต่คนในสมัยก่อนอาจจะยังไม่ทราบถึงประโยชน์ที่ของยีสต์ที่มีอยู่ในลูกแป้ง รวมทั้งข้าวหมากว่าแท้จริงแล้วจุลิทรีย์ชนิดนี้จัดเป็นจุลินทรีย์ที่ส่งผลดีต่อร่างกายหรือที่ปัจจุบันรู้จักกันโดยทั่วไปในชื่อโปรไบโอติก (ฉัตรภา, 2556; ทองจุล, 2554) ซึ่งเชื้อยีสต์ในข้าวหมากมีคุณสมบัติเป็นโปรไบโอติกชนิดหนึ่งที่ก่อประโยชน์ต่อร่างกายโดยทำการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในร่างกาย กระตุ้นการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ภูมิคุ้มกันมะเร็ง ช่วยระบบทางเดินอาหารให้ทำงานเป็นปกติและดูดซึมวิตามินดีขึ้น ส่งเสริมการผลิตเม็ดเลือดแดง ยับยั้งการเจริญของ

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000
[1] Department of Food science and Technology, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University 64 Thaharn Road, Muang, Udon Thani 41000, Thailand

แบคทีเรียก่อโรค และช่วยให้การดูดซึมแคลเซียมดี รวมถึงมีผลในการรักษาแผลในลำไส้จากการอักเสบเรื้อรัง (Gibson และ Roberfroid, 1995; FAO/WHO, 2002) ในสมัยก่อนนั้นข้าวหมากนิยมรับประทานทั้งเด็กและผู้ใหญ่โดยที่ผู้ใหญ่จะให้เด็กกินข้าวหมากเพราะจะทำให้แข็งแรงและเจริญเติบโตดี ส่วนผู้สูงอายุก็นิยมรับประทานข้าวหมากเพราะช่วยให้แข็งแรงไม่เจ็บป่วย ในปัจจุบันนี้ถึงแม้ว่าจะมีผลิตภัณฑ์ข้าวหมากขายตามร้านสะดวกซื้อแต่ความนิยมในการรับประทานข้าวหมากมีน้อยลงเนื่องจากลักษณะการบริโภคของผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัย ผู้บริโภคบางส่วนเห็นว่าข้าวหมากแบบดั้งเดิมนั้นมีรสชาติที่หวานมากเกินไป และลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากยังไม่เป็นที่ดึงดูดใจกับผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากให้เป็นที่น่าสนใจของผู้บริโภคมากขึ้นโดยการเพิ่มเนื้อผลไม้ที่มีตามท้องถิ่น เช่น เนื้อขนุนสุก เพื่อเพิ่มสีสรรให้กับข้าวหมาก อีกทั้งขนุนสุกยังมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ที่จะช่วยส่งเสริมกลิ่นรสที่ดีของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการลดปริมาณการใช้ลูกแป้งลงเพื่อลดปริมาณน้ำตาลที่เกิดจากการหมัก

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้าวเหนียวเขี้ยวงูมาแช่น้ำนาน 4 ชั่วโมง จากนั้นล้างน้ำให้สะอาดแล้วนำมานึ่งให้สุกและพักไว้ให้เย็น และนำเนื้อขนุนสุกพันธุ์ทองประเสริฐมาหั่นตามยาวของยวงขนุนให้มีความกว้างขนาด 2 มิลลิเมตร ส่วนลูกแป้งที่ใช้ในการทดลองจะใช้ลูกแป้งที่จำหน่ายในท้องตลาด อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี นำลูกแป้งมาบดด้วยโกร่งให้ละเอียดก่อนนำไปผสมกับข้าวนึ่งสุก การผลิตข้าวหมากผสมขนุนแต่ละสูตรจะใช้น้ำหนักข้าวเหนียวนึ่งสุกคงที่ (100 กรัม) และนำมาล้างด้วยน้ำที่สะอาดสามครั้งเพื่อไม่ให้ข้าวติดกันเป็นก้อน จากนั้นนำข้าวเหนียวสุกและเนื้อขนุนผสมให้เข้ากันโดยใช้เนื้อขนุนในปริมาณที่แตกต่าง 3 ระดับ คือ 1%, 2% และ 3% ของน้ำหนักข้าว จากนั้นโรยลูกแป้งที่บดละเอียดแล้วในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.01%, 0.02% และ 0.03% ของน้ำหนักข้าว คลุกเคล้าลูกแป้ง เนื้อขนุน และข้าวเหนียวนึ่งสุกให้เข้ากันจากนั้นนำไปใส่ในกระปุกที่ผ่านการลวกน้ำร้อนฆ่าเชื้อแล้ว ปิดฝาให้สนิทและนำไปวางไว้ที่อุณภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน โดยสังเกตปริมาณน้ำที่ออกมาจากข้าวหมากขนุน และสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วยเครื่อง Hand refractometer (Atago CO., LTD, Japan) วัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วย Alcohol hydrometer วัดค่าสี (Hunter lab, Color Flex CX1463) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter (Multi-parameter analyzer C830) และใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสร่วมตัดคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมากผสมเนื้อขนุน โดยทำการทดสอบด้วยวิธี 9 – point hedonic scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝน 15 คน ทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากขนุนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม และหลังจากที่ได้สูตรที่เหมาะสมแล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในวันที่ 1, 3 และ 5 ของการเก็บรักษาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่มีขายอยู่ในท้องตลาด การผลิตข้าวหมากขนุนวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Factorial 3x3 in CRD) ทำการทดลองสองซ้ำและวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan’s new multiple range test (DMRT)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากผสมเนื้อขนุนโดยใช้เนื้อขนุนและลูกแป้งในปริมาณที่ต่างกัน เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าสีของข้าวหมากพบว่า มีค่าความสว่าง ($L^*$) อยู่ในช่วง 43.23 ถึง 68.17 มีค่าความเป็นสีแดง ($a^*$) อยู่ในช่วง -1.39 ถึง 0.43 และค่าความเป็นสีเหลือง ($b^*$) อยู่ในช่วง 10.37 ถึง 17.88 และพบว่าค่าสีของข้าวหมากผสมเนื้อขนุนทั้งเก้าสูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของข้าวหมาก (มผช.162/2546) กำหนดค่าความเป็นกรด-ด่าง ต้องเท่ากับ 4–5 และปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ ต้องไม่เกินร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก แต่ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากขนุนที่ผลิตได้ไม่เป็นไปตาม มผช.กำหนด โดยทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า มผช. กำหนด ซึ่งอยู่ในช่วง 3.50 – 3.75 เช่นเดียวกับปริมาณแอลกอฮอล์พบว่าอยู่ในช่วง 0.34 – 0.61% อย่างไรก็ตามพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณแอลกอฮอล์สูงขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเนื้อขนุนและลูกแป้งในปริมาณที่มากขึ้น (Table 2) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้พบว่าการเติมเนื้อขนุนไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของข้าวหมากโดยการใช้ลูกแป้ง 0.03% ส่งผลให้ข้าวหมากที่ได้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงสุดเท่ากับ 8.23°Brix ($p \leq 0.05$) (Table 3) ซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของข้าวหมากผสมเนื้อขนุนนั้นไม่เป็นไปตาม มผช.ข้าวหมาก ที่กำหนดของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ต้องอยู่ระหว่างร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก ถึงร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก จากการวิเคราะห์ค่าทางเคมีของข้าวหมากผสมเนื้อขนุน พบว่า

โดยส่วนใหญ่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของ มผช.ข้าวหมาก ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการลดปริมาณลูกแป้งลง ซึ่งโดยปกติในการผลิตข้าวหมากจะใช้ลูกแป้งประมาณ 0.2 – 0.3% ของน้ำหนักข้าว หรือใช้ลูกแป้ง 1 ลูกต่อข้าว 1 กิโลกรัม สำหรับการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าคุณลักษณะด้านต่างๆ คือ กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ของข้าวหมากผสมเนื้อขนุนทั้งเก้าสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นด้านลักษณะปรากฏ ซึ่งมีค่าคะแนนจากการประเมินอยู่ในช่วง 5.30 ถึง 6.07 (Table 4) จากการทดสอบด้านกลิ่นรสพบว่า มีค่าคะแนนจากการประเมินอยู่ในช่วง 5.03 ถึง 6.27 ซึ่งว่าการใช้เนื้อขนุนในระดับ 2% และใช้ปริมาณลูกแป้งทั้งสามระดับ มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) ส่วนการประเมินความชอบด้านรสชาติ พบว่า มีค่าคะแนนจากการประเมินอยู่ในช่วง 4.30 ถึง 6.63 โดยเมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อขนุนและปริมาณลูกแป้งมากขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบด้านรสชาติมีค่าน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$) และด้านการยอมรับโดยรวม พบว่ามีค่าคะแนนจากการประเมินอยู่ในช่วง 4.70 ถึง 6.50 จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้เนื้อขนุนที่ระดับ 2 หรือ 3% และการใช้ลูกแป้งมากกว่า 1% จะส่งผลให้คะแนนความชอบด้านการยอมรับรวมมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (Table 4) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลที่ได้จากการทดสอบทางด้านเคมี กายภาพและการทดลอบทางประสาทสัมผัสร่วมกันเพื่อพิจารณาสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากผสมเนื้อขนุน พบว่าการใช้ปริมาณเนื้อขนุน 2% ของน้ำหนักข้าว และการใช้ปริมาณลูกแป้ง 0.03% ของน้ำหนักข้าว มีความเหมาะสมในการผลิตข้าวหมากผสมเนื้อขนุนมากที่สุด ซึ่งสูตรดังกล่าวมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัม ผัสในด้านต่างๆ ค่อนข้างสูง มีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เกินข้อกำหนดของ มผช.ข้าวหมาก และการใช้ปริมาณลูกแป้ง 0.03% จะทำให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบทางด้านจุลินทรีย์ของข้าวหมากผสมเนื้อขนุนเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่มีจำหน่ายทางการค้า (Table 5) ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวหมากทั้งสองชนิดที่อุณภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน พบว่าในตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่ 5 ของการเก็บรักษานั้นข้าวหมากทั้งสองชนิดมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์เกินมาตรฐานชุมชนกำหนด แต่อย่างไรก็ตามยีสต์ที่พบในข้าวหมากนั้นมีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติก (ฉัตรภา, 2556; ทองจุล, 2554)

## สรุปผล

การใช้ปริมาณเนื้อขนุน 2% ของน้ำหนักข้าว และการใช้ปริมาณลูกแป้ง 0.03% ของน้ำหนักข้าว มีความเหมาะสมในการผลิตข้าวหมากผสมเนื้อขนุนมากที่สุด

## เอกสารอ้างอิง

ฉัตรภา หัตถโกศล, 2556, ข้าวหมากแหล่งจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ของไทย [สืบค้น], http://www.manager.co.th/Family/ViewNews.aspx?NewsID=9560000020113, [22/ August/ 15]

ทองจุล ขันขาว, 2554, ข้าวหมากอาหารโพรไบโอติกเพื่อสุขภาพ [สืบค้น], http://www.thongjoon.com/2011/10/blog-post.html, [22/ August/ 15]

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวหมาก. มผช. 162/2546 [สืบค้น], http://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx, [22/ August/ 15]

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Gibson, R.G. and Roberfroid, M.B., 1995, Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics, Journal of Nutrition, 125: 1401-1412.

FAO/WHO, 2002, Guideline for the Evaluation of Probiotics in Food, Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Oganization Working Group Report [Online]. Available: http://www.fao.org/es/ESN/food/foodandfood probio en.stm 2002 [August 22/ 2015]

**Table 1** Physical analysis of color measurement of Khaomak mixed with jackfruit by Hunter lab

| Jackfruit (% w/w) | Look Paeng (% w/w) | Color | | |
|---|---|---|---|---|
| | | L* $^{NS}$ | a* $^{NS}$ | b* $^{NS}$ |
| 1 | 0.01 | 43.23±1.70 | -1.18±0.60 | 13.10±4.18 |
| | 0.02 | 65.44±1.11 | -0.42±1.95 | 13.34±8.70 |
| | 0.03 | 62.89±1.63 | -1.30±6.36 | 10.37±6.47 |
| 2 | 0.01 | 63.37±1.25 | 0.43±1.50 | 14.54±6.57 |
| | 0.02 | 65.12±2.30 | 0.11±1.58 | 17.15±5.09 |
| | 0.03 | 68.17±2.09 | -1.39±7.77 | 12.29±1.81 |
| 3 | 0.01 | 64.00±5.66 | -0.50±3.11 | 12.84±2.89 |
| | 0.02 | 61.53±2.84 | -0.18±4.24 | 17.88±2.10 |
| | 0.03 | 62.91±3.20 | -0.56±0.95 | 13.68±3.42 |

$^{ns}$ means in the same column are non-significantly different at the 0.05 level of confidence

**Table 2** pH and alcohol of Khaomak mixed with jackfruit

| Jackfruit (% w/w) | Look Paeng (% w/w) | pH $^{ns}$ | Alcohol (ABV%) $^{ns}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.01 | 3.50±0.18 | 0.49±0.19 |
| | 0.02 | 3.52±0.22 | 0.41±0.12 |
| | 0.03 | 3.70±0.27 | 0.34±0.16 |
| 2 | 0.01 | 3.52±0.11 | 0.40±0.06 |
| | 0.02 | 3.67±0.22 | 0.45±0.06 |
| | 0.03 | 3.75±0.27 | 0.57±0.04 |
| 3 | 0.01 | 3.58±0.11 | 0.58±0.19 |
| | 0.02 | 3.66±0.14 | 0.37±0.05 |
| | 0.03 | 3.70±0.39 | 0.61±0.11 |

$^{ns}$ means in the same column are non-significantly different at the 0.05 level of confidence

**Table 3** Total soluble solid of Khaomak mixed with jackfruit

| Look Paeng (% w/w) | Total soluble solid (°Brix) |
|---|---|
| 0.01 | 7.33±0.93$^{b}$ |
| 0.02 | 7.66±1.20$^{b}$ |
| 0.03 | 8.23±1.16$^{a}$ |

$^{a,b}$ means in the same column are significantly different at the 0.05 level of confidence by DMRT

**Table 4** Sensory evaluation of Khaomak mixed with jackfruit

| Jackfruit (% w/w) | Look Paeng (% w/w) | Sensory attributes | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Appearance $^{ns}$ | Flavor | Taste | Overall acceptance |
| 1 | 0.01 | 5.70±1.21 | 6.07±1.20$^{ab}$ | 6.43±1.36$^{a}$ | 6.50±1.17$^{a}$ |
| | 0.02 | 6.07±1.87 | 5.73±1.93$^{abc}$ | 6.20±1.73$^{ab}$ | 6.20±1.52$^{ab}$ |
| | 0.03 | 5.93±1.78 | 5.53±1.48$^{abc}$ | 5.36±2.00$^{bc}$ | 5.47±1.78$^{bcde}$ |
| 2 | 0.01 | 5.50±1.83 | 5.50±1.78$^{abc}$ | 4.30±1.80$^{e}$ | 4.76±1.73$^{e}$ |
| | 0.02 | 5.80±1.81 | 6.27±1.44$^{a}$ | 5.57±1.71$^{b}$ | 6.17±2.00$^{ab}$ |
| | 0.03 | 5.90±1.60 | 5.97±1.94$^{ab}$ | 5.40±2.06$^{bc}$ | 5.53±1.77$^{bcde}$ |
| 3 | 0.01 | 5.30±1.56 | 5.30±2.10$^{bc}$ | 4.33±2.02$^{e}$ | 4.70±1.86$^{e}$ |
| | 0.02 | 5.37±1.59 | 5.03±1.71$^{c}$ | 4.47±2.03$^{de}$ | 5.03±1.99$^{de}$ |
| | 0.03 | 5.39±1.39 | 5.37±1.63$^{bc}$ | 4.97±1.71$^{cde}$ | 5.27±1.62$^{cde}$ |

$^{a,b,c...}$ means in the same column are significantly different at the 0.05 level of confidence by DMRT

**Table 5** Microbial test of Khaomak mixed with jackfruit and commercial product in market between storage in refrigerator (4°C) for 5 days

| Storage time (day) | Total plate count (CFU/g) | | Yeast and mold (CFU/g) | |
|---|---|---|---|---|
| | Khaomak mixed with jackfruit | Commercial product | Khaomak mixed with jackfruit | Commercial product |
| 1 | $1.69x10^{6}$ | $1.65x10^{6}$ | $1.77x10^{6}$ | $1.48x10^{6}$ |
| 3 | $2.20x10^{6}$ | $1.60x10^{6}$ | $2.17x10^{6}$ | $1.92x10^{6}$ |
| 5 | $2.23x10^{6}$ | $1.84x10^{6}$ | $2.52x10^{6}$ | $1.85x10^{6}$ |

# ผลของวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปักชำใบดอกหิน [*Selaginella pulvinata* (Hook. et Grev.) Maxim.]

# Effect of Growing Media on Growth of *Selaginella pulvinata* (Hook. et Grev.) Maxim. Leafy Shoot Cutting

**ทัศไนย จารุวัฒนพันธ์[1] ศรัณย์พร ล่องชูผล[1] และ ปริยานุช จุลกะ[1]**

Jaruwattanaphan, T.[1], Longchuphon, S.[1] and Chulaka, P.[1]

## Abstract

*Selaginella pulvinata* is a rare plant in Thailand and studies on it propagation for *ex situ* conservation are limited. Therefore, the objective of this study was to determine the effect of growing medium on growth on leafy shoot cutting of *S. pulvinata*. The experiment design was a RCBD with 6 types of growing media: Kanuma pumice [T1], expanded clay [T2], peat moss (1): gravel(1) [T3], peat moss(1):pumice(1) [T4], Asplenium root [T5], and chopped coconut husk [T6]. Results showed that the highest survival percentage of leafy shoot cutting occurred in growing media T1, T2, T3, T5 and T4, respectively, while the lowest survival occurred in growing media T6. Media T4 resulted in a greater number of new shoot, but did not differ significantly from the other media. T2 (expanded clay) was better than T1 (Kanuma pumice) which is expensive in Thailand.

**Keywords:** propagation, Kanuma pumice, *ex situ* conservation

## บทคัดย่อ

ดอกหินเป็นพืชหายากในประเทศไทย และยังขาดการศึกษาเกี่ยวกับการขยายพันธุ์เพื่อการอนุรักษ์นอกแหล่งกำเนิด การศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาผลของวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์ดอกหินด้วยวิธีปักชำใบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ ใช้วัสดุปลูก 6 ชนิด คือ หินภูเขาไปคานูมะ (T1) เม็ดดินเผา (T2) พีทมอส:กรวดละเอียด อัตราส่วน 1:1 (T3) พีทมอส:หินภูเขาไฟ อัตราส่วน 1:1 (T4) รากเฟินข้าหลวงหลังลาย (T5) และกาบมะพร้าวสับ (T6) พบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของใบที่ชำในวัสดุปลูก T1 T2 T3 T5 และ T4 มีค่าสูงสุดตามลำดับ ในขณะที่ T6 มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตต่ำสุด เมื่อวัดจำนวนของยอดใหม่ในทุกวัสดุยกเว้น T6 พบว่าใบที่ชำใน T4 มีค่าเฉลี่ยจำนวนยอดใหม่สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับวัสดุอื่น โดย T2 เป็นวัสดุปลูกที่ดีที่สุดในการนำมาใช้ทดแทน T1 ซึ่งมีราคาแพงในประเทศ

**คำสำคัญ**: การขยายพันธุ์ หินภูเขาไฟคานูมะ การอนุรักษ์นอกแหล่งกำเนิด

## คำนำ

ดอกหิน (*Selaginella* spp.) เป็นพืชในวงศ์หญ้ารังไก่ (Selaginellaceae) (Xianchun et al., 2013) โดยพบมากในเขตร้อน มีจำนวน 750 ชนิดทั่วโลก และพบในประเทศไทยประมาณ 30 ชนิด ในประเทศไทยพบดอกหิน 2 ชนิด คือ *S. tarmariscina* (P. Beauv.) Spring และ *S. pulvinata* (Hook. et Grev.) Maxim. (ทวีศักดิ์, 2554; Boonkerd และ Pollawatn, 2000) เนื่องจากดอกหินในธรรมชาติถูกรบกวนจากมนุษย์โดยนำออกมาจากถิ่นอาศัยเพื่อนำไปเป็นไม้ประดับ และใช้เป็นพืชสมุนไพร ทำให้สหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (International Union for Conservation of Nature and Natural resources; IUCN) จัดดอกหินอยู่ในกลุ่มพืชพึงระวัง (Least concern; LC) (พัชรียา, 2554) และในประเทศไทยดอกหินจัดเป็นพืชหายาก (Rare Thailand; RT) และมีแนวโน้มเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (ทวีศักดิ์, 2554) การขยายพันธุ์พืชในกลุ่มไลโคไฟท์ (วงศ์ Lycopodiaceae และ Selaginellaceae) สามารถใช้การชำส่วนของใบหรือปลายสตรอบิลัส ซึ่งพืชในวงศ์ Selaginellaceae นิยมใช้การปักชำใบ (Hoshizaki และ Moran, 2001; Hidemitu, 2006) ในประเทศญี่ปุ่นมีการปลูกเลี้ยงและขยายพันธุ์ดอกหินโดยใช้หินภูเขาไฟคานูมะ (Kanuma pumice) (Hidemitu, 2006) Yabashi และคณะ (1994) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของหินภูเขาไฟคานูมะ พบว่ามีการระบายน้ำและเก็บความชื้นได้ดี จึงเป็นวัสดุปลูกทางพืชสวนที่ได้รับความนิยมในประเทศญี่ปุ่น แต่ในประเทศไทยหินภูเขาไฟคานูมะมีราคาสูงและไม่สามารถหาได้ ต้องนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นเท่านั้น จึงนำมาสู่แนวทางในการศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมซึ่งมีประสิทธิภาพและสามารถหาได้ง่ายในประเทศไทยสำหรับการขยายพันธุ์ดอกหินชนิด *S. pulvinata* ด้วยวิธีปักชำใบ

---

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

## อุปกรณ์และวิธีการ

ชำใบดอกหินชนิด *S. pulvinata* ในตะกร้าที่มีวัสดุปลูก 6 ชนิด ชนิดละ 3 ซ้ำ ดังนี้ หินภูเขาไฟคานูมะ (Kanuma pumice) เม็ดดินเผา พีทมอส + กรวดละเอียด (อัตราส่วน 1:1) พีทมอส + หินภูเขาไฟ (อัตราส่วน 1:1) รากเฟินข้าหลวงหลังลาย (*Asplenium nidus* L.) สับ และกาบมะพร้าวสับ ชำใบดอกหินตะกร้าละ 9 ใบ และใช้ sphagnum moss วางบริเวณโคนใบเพื่อรักษาความชื้นให้กับใบ (Hidemitu, 2006) นำตะกร้าทั้งหมดวางในโดมพลาสติกระบบปิดเพื่อรักษาความชื้นให้สม่ำเสมอ ทำการบันทึกผลการทดลองโดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงของยอดใหม่ที่เกิดขึ้นในแต่ละสัปดาห์ บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของใบดอกหินที่ชำในแต่ละวัสดุ และบันทึกความสูงของยอดใหม่ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของแต่ละวัสดุปลูก โดยดัดแปลงวิธีการของ Styer และ Koranski (1997) ทำการบันทึกผลและวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองใช้วัสดุปลูกทั้ง 6 ชนิดสำหรับการขยายพันธุ์ดอกหินด้วยวิธีการชำใบ พบว่าอัตราการรอดชีวิตของดอกหินมีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละวัสดุปลูก (Table 1) ดอกหินที่ชำใบในหินภูเขาไฟคานูมะ มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุปลูกชนิดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yamaji และ Mori (as cited in Mori และคณะ, 2003) ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์การงอกเมล็ดของสน (*Thujopsis dolabrata* var. *hondai*) ในหินภูเขาไฟคานูมะมีค่าสูงที่สุด โดยใบดอกหินที่ชำในเม็ดดินเผา มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตรองจากหินภูเขาไฟคานูมะ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก พบว่าหินภูเขาไฟคานูมะและเม็ดดินเผา มีค่าเปอร์เซ็นต์ช่องว่างขนาดใหญ่ที่บรรจุอากาศ (air porosity) ใกล้เคียงกัน (Table 2) ส่วนกาบมะพร้าวสับมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตต่ำที่สุด คือ 44.44% ซึ่งกาบมะพร้าวสับมีเปอร์เซ็นต์ช่องว่างขนาดใหญ่ที่บรรจุอากาศสูงที่สุด (Table 2) จึงทำให้โปร่งมากเกินไป ทำให้การระเหยหรือการระบายน้ำเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว (สันต์, 2551) ดอกหินที่ชำใบในกาบมะพร้าวสับจึงได้รับความชื้นได้ไม่ทั่วถึง ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตต่ำ

อัตราการเกิดยอดใหม่และค่าเฉลี่ยความสูงยอดใหม่ของดอกหินจากการการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการชำใบในวัสดุปลูกทั้ง 5 ชนิด (ยกเว้นกาบมะพร้าวสับ) พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) เมื่อพิจารณาจากลักษณะของยอดใหม่ในแต่ละวัสดุปลูกพบว่าการชำใบดอกหินโดยใช้หินภูเขาไฟคานูมะและเม็ดดินเผาส่งผลให้ดอกหินมีการเกิดยอดใหม่ที่สมบูรณ์โดยมีระบบรากที่แข็งแรงและยอดใหม่มีใบอัดเรียงตัวแน่น การชำใบในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของพีทมอส ได้แก่ พีทมอส + กรวดละเอียด อัตราส่วน 1:1 และพีทมอส + หินภูเขาไฟ อัตราส่วน 1:1 มีผลทำให้ระบบรากของดอกหินไม่แข็งแรง อาจเนื่องจากพีทมอสเป็นวัสดุปลูกที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ส่งผลให้การเกิดรากลดลง (Hartmann และคณะ, 2002) ส่วนดอกหินที่ชำใบในรากเฟินข้าหลวงหลังลายสับพบว่ามีการเจริญเติบโตของยอดใหม่ที่สมบูรณ์ มีระบบรากที่แข็งแรงแต่มีรากสั้น เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ช่องว่างขนาดใหญ่ที่บรรจุอากาศ พบว่ามีค่าน้อยกว่าหินภูเขาไฟคานูมะและเม็ดดินเผา (Table 2) นอกจากนี้รากเฟินข้าหลวงหลังลายมีอายุการใช้งานที่สั้น และไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งรากเฟินข้าหลวงหลังลายเป็นวัสดุปลูกที่ได้จากส่วนของเหง้าที่มีรากอัดแน่น โดยในปัจจุบันสามารถหาได้ตามตลาดไม้ดอกไม้ประดับ แต่หากมีการนำมาใช้อย่างต่อเนื่องอาจทำให้ปริมาณของเฟินข้าหลวงหลังลายในธรรมชาติลดลงเหมือนรากเฟินชายผ้าสีดา (*Platycerium* spp.) ซึ่งเป็นวัสดุปลูกเฟินที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน (ไพรัตน์, 2558)

นอกจากนั้นปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อการเจริญเติบโตของดอกหิน (จารุพันธ์, 2536) ซึ่งอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดยอดใหม่ของดอกหิน โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 30°C มีผลทำให้อัตราการเกิดยอดใหม่ของดอกหินในทุกวัสดุปลูกมีอัตราการเกิดยอดใหม่ที่ค่อนข้างคงที่ และเมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 30°C พบว่าอัตราการเกิดยอดใหม่เพิ่มสูงขึ้นในทุกวัสดุปลูก เนื่องจากในธรรมชาติดอกหินเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่อากาศค่อนข้างเย็น (จารุพันธุ์, 2536) โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตได้ดีที่สุดของเฟินในเขตร้อน คือ อุณหภูมิในช่วงกลางวันอยู่ในช่วง 19 – 27°C (จารุพันธ์, 2536; Hoshizaki และ Moran, 2001)

แม้ว่าดอกหินจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีความชื้นสูง แต่ปริมาณความชื้นในการทดลองค่อนข้างสูงตลอดเวลา และเมื่อดอกหินได้รับความชื้นที่สูงเกินไปและไม่มีการระบายอากาศที่เพียงพอจึงส่งผลให้ดอกหินแสดงอาการใบไหม้และมีการเข้าทำลายของเชื้อราบริเวณยอด (สืบศักดิ์, 2540) โดยความชื้นในอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเฟินโดยทั่วไปอยู่ที่ 60 – 80% โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางวัน (Hoshizaki และ Moran, 2001) นอกจากนั้นยังพบว่าแสงเป็น

ปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของยอดใหม่โดยแสงมีผลทำให้ยอดใหม่ของดอกหินในแต่ละบล็อกมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยพบว่ายอดใหม่ของดอกหินในบล็อกแรกซึ่งได้รับแสงมากที่สุด มีลักษณะที่สมบูรณ์กว่าบล็อกอื่นๆ เนื่องจากได้รับแสงที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต บล็อกที่สองเป็นบล็อกที่ถูกบังแสงจากบล็อกแรก ทำให้ยอดใหม่ในบล็อกนี้แสดงอาการยืดยาวและไม่แข็งแรง และในบล็อกที่สามเป็นบล็อกที่ได้รับแสงน้อยที่สุด พบว่ายอดใหม่เกิดขึ้นน้อยและมักพบปัญหาของยอดไหม้และมีการเข้าทำลายของเชื้อราบริเวณยอด เนื่องจากได้รับแสงน้อยและอยู่ในสภาวะที่มีความชื้นสูง

## สรุปผล

จากการขยายพันธุ์ดอกหินด้วยวิธีการชำใบในวัสดุปลูกจำนวน 6 ชนิด พบว่า ดอกหินที่ชำใบในหินภูเขาไฟคานูมะ มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุด และกาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูกที่มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกชนิดอื่น ดอกหินที่ชำใบในพีทมอส + หินภูเขาไฟ อัตราส่วน 1:1 เป็นวัสดุปลูกมีอัตราการเกิดยอดใหม่และค่าเฉลี่ยความสูงของยอดใหม่สูงที่สุด แต่มีลักษณะยอดใหม่ที่ไม่สมบูรณ์เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะยอดใหม่ของดอกหินที่ชำใบในหินภูเขาไฟคานูมะและเม็ดดินเผา

วัสดุปลูกทุกชนิดยกเว้น กาบมะพร้าวสับ สามารถนำมาขยายพันธุ์ดอกหินด้วยวิธีการชำใบแทนหินภูเขาไฟคานูมะ ซึ่งมีราคาแพง และหาได้ยากในประเทศไทย โดยเม็ดดินเผาเป็นวัสดุปลูกที่ทำให้ดอกหินมีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์และมีระบบรากแข็งแรงใกล้เคียงกับดอกหินที่ชำใบในหินภูเขาไฟคานูมะมากที่สุด

## เอกสารอ้างอิง


จารุพันธ์ ทองแถม, ม.ล., 2536, เฟิน สำหรับคนรักเฟินและผู้ปลูกมืออาชีพ, อมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊พ, กรุงเทพฯ. 265 หน้า.

ทวีศักดิ์ บุญเกิด, 2554, พื้นที่สำคัญสำหรับอนุรักษ์เฟิร์น [สืบค้น], http://chm-thai.onep.go.th/chm/Meeting/2011/may23-24/doc/20110524_C011.pdf, [12/ May/ 15].

พัชรียา บุญกอแก้ว, บก., 2554, บัญชีรายการทรัพย์สินชีวภาพเฟิน, สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์กรมหาชน), กรุงเทพฯ. 523 หน้า.

ไพรัตน์ อำลอย, 2558, เอกสารประกอบการฝึกอบรม: การเพาะเลี้ยงเฟินสาย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี. 38 หน้า.

สันต์ ไกยนาม. 2551. ไม้ดอกกระถาง. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 241 หน้า.

สืบศักดิ์ สนธิรัตน, 2540, การจัดการโรคพืช, ลินคอร์น, กรุงเทพฯ. 140 หน้า.

Boonkerd, T. and Pollawatn, R., 2000, Pteridophytes in Thailand, Office of Environment Policy and Planning, Bangkok. 312 p.

Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T. and Geneve, R.L., 2002, Plant Propagation: Principles and Practices. (7$^{th}$ ed.), Pearson Education, New Jersey. 880 p.

Hidemitu, O., 2006, Have Fun with *Selaginella tamariscina*. Nihon Housou Kyoukai, Japan, 143 p. (in Japanese)

Hoshizaki, B.J. and Moran, R.C., 2001, Fern Grower's Manual, Timber Press, Oregan. 604 p.

Styer, R. and Koranski, D., 1997, Plug and Transplant Production, Ball Publishing, Batavia, Ill. 374 p.

Xianchun, Z., Nooteboom, H.P. and Kato, M., 2013, Selaginellaceae, Flora of China, Vol. 2–3 (Pteridophytes). China Science Press, Beijing.

Yabashi, S., Amemiya, Y., Koh, S., Mizuniwa, C. and Takahashi, S., 1994, Studies on the Physical Properties of Horticultural Soils, 2: Characteristics of the Soil Structure and Soil Water Retentivity of Kanuma-tsuchi, The Technical Bulletin of Faculty of Horticulture, Chiba University, 48: 135-140. (in Japanese)

Yamaji, K. and Mori, S., 2006, Nursery Soil Cover Influences Germination of *Thujopsis dolabrata* var. *hondai* Seeds, The Japanese Forest Society and Springer, 11: 467–470 *Cited by* Mori, S., Yamaji, K., Ishimoto, H., Shimoda, N., Hitsuma, G., Kudoh, T., Itoya, Y., Narita, T., Hikage, M. and Takaki, N., 2003, Germination Rate of Hiba (*Thujopsis dolabrata* (L.f.) Sieb. & Zucc. var. *hondae* Makino) Seeds and Growth of the Seedlings in Two Different Soils, Tohoku Journal for Science, 8: 108–110. (in Japanese)

**Table 1** The survival percentage of *Selaginella pulvinata* 5 months after leafy shoot cutting

| Growing medium | Survival Percentage |
|---|---|
| Kanuma pumice | 100.00 a |
| Expanded clay | 96.30 ab |
| Peat moss + Gravel (1:1) | 92.59 ab |
| Peat moss + Pumice (1:1) | 77.78 b |
| Asplenium root | 92.59 ab |
| Chopped coconut husk | 44.44 c |
| F-test | * |
| C.V. (%) | 22.37 |

* Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, using DMRT (Duncan' New Multiple Range Test)

**Table 2** Chemical and Physical characteristics of growing media used for propagation of *Selaginella pulvinata*

| Growing medium | Bulk density (g/cm$^3$) | Porosity (%) | | | pH | EC (mS·cm$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Total | Water holding Capacity | Air | | |
| Kunuma pumice | 0.31 d | 60.37 b | 45.47 b | 14.90 b | 6.26 b | 0.04 d |
| Expanded clay | 0.69 b | 38.55 e | 26.44 d | 12.11 bc | 7.19 a | 0.18 c |
| Peat moss + Gravel (1:1) | 0.92 a | 52.73 d | 47.39 b | 5.34 d | 5.88 c | 0.56 a |
| Peat moss + Pumice (1:1) | 0.37 c | 59.78 b | 52.86 a | 6.92 d | 5.37 d | 0.55 a |
| Asplenium root | 0.06 e | 63.56 a | 54.47 a | 9.09 cd | 4.71 e | 0.15 c |
| Chopped coconut husk | 0.05 e | 59.78 c | 52.86 c | 23.55 a | 6.25 b | 0.44 b |
| F-test | * | * | * | * | * | * |
| C.V. (%) | 4.58 | 3.86 | 3.19 | 21.31 | 1.36 | 14.58 |

* Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, using DMRT (Duncan' New Multiple Range Test)

**Table 3** The average height of new shoots of *Selaginella pulvinata* by leafy shoot cutting after 5 months using five growing medium.

| Growing medium | Height (mm) |
|---|---|
| Kanuma pumice | 5.99 |
| Expanded clay | 4.93 |
| Peat moss + Gravel (1:1) | 4.76 |
| Peat moss + Pumice (1:1) | 6.47 |
| Asplenium root | 5.74 |
| F-test | ns |
| C.V. (%) | 16.94 |

ns = not significant

# อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า 8 พันธุ์ จากต้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

## Vegetative Development of Eight Namwa Bananas (ABB Genome)

**กัลยาณี สุวิทวัส[1] ภาสันต์ ศารทูลทัต[2] พินิจ กรินท์ธัญญกิจ[1] พิมพ์นิภา เพ็งช่าง[1] เรืองศักดิ์ กมขุนทด[1] และ ขวัญหทัย ทนงจิตร[1]**
Suvittawat, K.[1], Saradhuldhat, P.[2], Karintanyakit, P.[1], Phengchang, P.[1], Komkhuntod, R.[1] and Tanongjid, K.[1]

### Abstract

To investigate the vegetative growth of Thai Namwa banana (*Musa* ABB genome), eight cultivars as 'Namwa Pakchong50' (PC50), 'Namwa Mali-Ong' (ML), 'Namwa Tanaow Sri' (TNS), 'Namwa Ngern' (NWN), 'Namwa Kom' (NWK), 'Num Vo' (NV), 'Namwa Tong Ma Eang' (TME) and 'Namwa Dum' (NWD) were planted and monitored. Results showed that all cultivars continuously increased in growth and leaf number, and reached their maximum growth rate 4 months after planting (MAP). The plantlets were 56-72 cm tall, had 19-24 cm pseudo-stem circumference, and 7-8 leaves. During 6 MAP, growth rates varied among the cultivars. NV, PC50 and NWK reached second growth rate peak at 7 MAP, and then declined until flower emergence at 10-11 MAP, while the other cultivars reached other two peaks at 6-7 and 9 MAP before noticeably declined at 10-11 MAP. For pseudo-stem-circumference, the maximum rate was observed at 6 MAP, then pseudo-stem-circumference declined until flower emergence, except for PC50 and NV reaching peaks at 7-8 MAP prior to shapely declining. Leaf production rate was not significantly different among the cultivars.
**Keywords:** banana, Musa sp., Kluai Namwa, growth rate

### บทคัดย่อ

ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า 8 พันธุ์ในประเทศไทยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ พันธุ์กล้วยน้ำว้าปากช่อง 50 (PC50)) กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง (ML) กล้วยน้ำว้าตะนาวศรี (TNS) กล้วยน้ำว้าเงิน (NWN) กล้วยน้ำว้าค่อม (NWK) กล้วยน้ำโว้ (NV) กล้วยน้ำว้าทองมาเอง (TME) กล้วยน้ำว้าดำ (NWD) ผลการทดลอง พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของลำต้นและการผลิตใบในช่วง 4 เดือนแรกของกล้วยทั้ง 8 พันธุ์ มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นและเพิ่มมากที่สุดในเดือนที่ 4 โดยมีอัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้น 56-72 ซม. เส้นรอบวงต้น 19-24 ซม. และจำนวนใบ 7-8 ใบ และลดต่ำลงในเดือนที่ 5 ในเดือนที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างกันออกไป โดยพบว่า น้ำโว้ น้ำว้าปากช่อง 50 และน้ำว้าค่อม มีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นเพิ่มขึ้นอีกครั้งในเดือนที่ 7 จากนั้นจะลดลงเรื่อยๆจนกระทั่งเดือนที่ 10-11 (กล้วยแทงช่อดอก) แต่พันธุ์อื่นๆนั้นมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นเพิ่มขึ้นอีก 2 ครั้ง ในเดือนที่ 6-7 และ 9 และลดลงอย่างมากในเดือนที่ 10-11 ส่วนอัตราการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงต้นพบว่า หลังเดือนที่ 4 อัตราการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในเดือนที่ 6 และลดลงมาเรื่อยๆ จนกระทั่งกล้วยแทงช่อดอก ยกเว้น น้ำว้าปากช่อง 50 และน้ำโว้ ที่เพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในเดือนที่ 7 และ 8 และลดลงอย่างมากในเดือนที่ 9 และ 10 ตามลำดับ ด้านอัตราการผลิตจำนวนใบไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์
**คำสำคัญ:** กล้วย Musa sp. กล้วยน้ำว้า อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า

### คำนำ

กล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ที่มีคุณประโยชน์มากมายและสามารถใช้ในการแปรรูปได้หลายรูปแบบในกลุ่มบรรดากลุ่มกล้วย จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมศุลกากร ปี 2558 พบว่า การส่งออกผลิตภัณฑ์กล้วยแปรรูปมีมูลค่าถึง 108,486,596 บาท และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น คู่ค้าที่สำคัญได้แก่ อเมริกา ออสเตรเลีย จีน สิงคโปร์ ญี่ปุ่น ฮ่องกง นิวซีแลนด์ อังกฤษ ฝรั่งเศส นับว่าเป็นทางเลือกที่ดีอีกทางหนึ่งของการผลิตกล้วยเพื่ออุตสาหกรรมและเป็นการเพิ่มมูลค่าของกล้วยในตลาดบ้านเรา ในการผลิตกล้วยเพื่อการค้าหรือการแปรรูปในอุตสาหกรรมนั้น กล้วยต้องมีคุณภาพและผลผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการ การปลูกจากหน่อพันธุ์ผลผลิตที่ออกในแต่ละแปลงมักไม่พร้อมกัน เนื่องจากใช้หน่อพันธุ์ที่มีขนาดและอายุ

[1] **สถานีวิจัยปากช่อง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา** 30130
[1] Pakchong Research Station, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima 30130
[2] **ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม** 73140
[2] Tropical Fruit Research and Development Center, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakon Pathom 73140

ต่างกัน ที่มีทั้งหน่อขนาดใหญ่ (ใบกว้าง) และหน่อขนาดเล็ก (ใบแคบ) ทั้ง 2 ขนาดมีความแตกต่างกันในด้านการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต (กวิศร์, 2540) จึงเป็นปัญหาในการผลิตกล้วยจากหน่อพันธุ์ในเชิงการค้าที่ทำการปลูกในพื้นที่ขนาดใหญ่ เพราะคาดการผลผลิตได้ค่อนข้างยาก ในต่างประเทศที่ปลูกกล้วยเป็นการค้าระดับส่งออก เช่น ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน ออสเตรเลียและคอสตาริก้า ได้นำเอาวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาใช้ในการขยายพันธุ์กล้วยในเชิงการค้าได้ดี สามารถผลิตต้นพันธุ์กล้วยจำนวนมากในระยะเวลาสั้นและต้นที่ได้มีความสม่ำเสมอปราศจากโรคและแมลง (Smith และคณะ, 2001; Robinson และ Alberts, 1983) ในประเทศไทยสามารถทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยได้ผลดีและทำเป็นการค้ากันบ้างแล้ว (เบญจมาศ, 2558, กัลยาณี และคณะ, 2533; ประภาสินี, 2529) ในการผลิตกล้วยน้ำว้าเพื่อการค้าจึงต้องคำนึงถึงพันธุ์กล้วยที่ปลูกและเทคโนโลยีการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพผลดีที่สุดคุ้มค่ากับการลงทุน และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในการนำไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณภาพตามวัตถุประสงค์ต่อไป โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต ของกล้วยน้ำว้า 8 สายพันธุ์ ที่ได้จากต้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการดูแลรักษากล้วยน้ำว้าให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี

## อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ (Completly randomized Design (CRD)) 8 ทรีตเม้นท์ ทรีตเม้นท์ละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ต้น ใช้ต้นพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีความสูงประมาณ 20 ซม. ดังนี้
ทรีตเม้นท์ ที่ 1 กล้วยน้ำว้าไส้เหลืองอุบล (ปากช่อง 50), ทรีตเม้นท์ ที่ 2 กล้วยน้ำว้าตะนาวศรี, ทรีตเม้นท์ ที่ 3 กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง, ทรีตเม้นท์ ที่ 4 กล้วยน้ำว้าเงิน, ทรีตเม้นท์ ที่ 5 กล้วยน้ำว้าดำ, ทรีตเม้นท์ ที่ 6 กล้วยน้ำว้าค่อม, ทรีตเม้นท์ ที่ 7 กล้วยน้ำว้าทองมาเอง, ทรีตเม้นท์ ที่ 8 กล้วยน้ำโว้ นำต้นพันธุ์ตามที่กำหนดปลูกลงในแปลงทดลองที่มีระยะปลูก 3 x 3 เมตร ในหลุมขนาด 50x50x50 เซนติเมตร โดยใช้ปุ๋ยขี้ไก่รองก้นหลุมประมาณหลุมละ 3 กิโลกรัม ให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์ทุก 3-5 วัน กำจัดวัชพืชโดยการถากโคนในระยะแรก เมื่อต้นโตจึงใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชจำพวกพาราควอต ให้ปุ๋ย16-16-16 จำนวน 150 กรัม/ต้น ในเดือนที่ 1, 2, 4, 5 และเมื่อกล้วยแทงปลี ส่วนเดือนที่ 3 และ 6 ใส่ปุ๋ยขี้ไก่ 2-3 กิโลกรัมต่อต้นโดยการหว่านรอบโคนต้นแล้วพรวนดินผสม ให้น้ำตาม การปฏิบัติดูแลอื่นๆ เช่น การตัดแต่งใบ การตัดแต่งหน่อ การดูแลเรื่องโรคและแมลง เป็นต้น เก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของกล้วย ศึกษาความสูงต้น ขนาดต้น จำนวนใบ โดยการวัดด้วยไม้เมตร สายเมตร และนับจำนวนใบทุกเดือน จนกระทั่งกล้วยแทงช่อดอก

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า กล้วยน้ำว้าแต่ละพันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตความสูงต้น เส้นรอบวงต้น และใบในแต่ละเดือนไม่เท่ากันแต่มีลักษณะช่วงเวลาอัตราการเจริญเติบโตคล้ายกัน (Figure 1,2,3) โดยพบว่าอัตราการเจริญเติบโตความสูง เส้นรอบวงและการผลิตใบ สูงที่สุดในช่วงเดือนที่ 4 ในทุกพันธุ์ ดังนี้ กล้วยน้ำโว้ มีอัตราการเจริญเติบโตความสูงมากที่สุด 83.8 ซม. รองลงมาได้แก่ กล้วยน้ำว้าทองมาเอง 77.5 ซม. กล้วยน้ำว้าปากช่อง 50 72.1 ซม. กล้วยน้ำว้าเงิน 69.8 ซม. กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง 69.1 ซม. กล้วยน้ำว้าตะนาวศรี 60.8 ซม. กล้วยน้ำว้าค่อม 57.1 ซม. และ กล้วยน้ำว้าทองมาเอง 55.5 ซม. ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตเส้นรอบวงต้น ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 19-22 ซม. อัตราการเพิ่มจำนวนใบใกล้เคียงกัน 7-8 ใบ (Table 1) อัตราการเจริญเติบโตเริ่มลดลงในเดือนที่ 5 และแสดงความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตในกล้วยแต่ละพันธุ์ใน เดือนที่ 6 โดยพบว่า น้ำโว้ น้ำว้าปากช่อง 50 และน้ำว้าค่อม มีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นเพิ่มขึ้นอีกครั้งในเดือนที่ 7 จากนั้นจะลดลงเรื่อยๆจนกระทั่งเดือนที่ 10-11 (กล้วยแทงช่อดอก) แต่พันธุ์อื่นๆ นั้นมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นเพิ่มขึ้นอีก 2 ครั้ง ในเดือนที่ 6-7 และ 9 และลดลงอย่างมากในเดือนที่ 10-11 อัตราการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงต้น พบว่า หลังเดือนที่ 4 อัตราการเจริญเติบโตของ เส้นรอบวงเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในเดือนที่ 6 และลดลงมาเรื่อยๆ จนกระทั่งกล้วยแทงช่อดอกยกเว้น น้ำว้าปากช่อง 50 และน้ำโว้ ที่เพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในเดือนที่ 7 และ 8 และลดลง อย่างมากในเดือนที่ 9 และ 10 ตามลำดับ ซึ่งเป็นระยะที่กล้วยเริ่มแทงช่อดอก (แทงปลี) ในขณะที่อัตราการผลิตใบของกล้วยทั้ง 8 พันธุ์ในเดือนอื่นๆ อยู่ที่ 4-6 ใบและจำนวนใบรวมตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งแทงปลีไม่แตกต่างกันอยู่ระหว่าง 40-45 ใบ (Table 1) ผลการทดลองยังพบว่าเมื่อกล้วยเริ่มแทงปลีความสูง เส้นรอบวงและใบไม่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจึงเท่ากับศูนย์ ซึ่งเป็นระยะที่กล้วยหยุดการเจริญเติบโตทางลำต้นเทียม (psuedostem) (เบญจมาศ, 2558)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในด้านการเจริญเติบโตของลำต้นที่ได้ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้าจากการเพาะลี้ยงเนื้อเยื่อทุกพันธุ์ในเดือนที่ 4 มีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ทั้งนี้อาจเนื่องจากกล้วยสามารถปรับตัวเข้ากับ

สภาพแวดล้อมได้เหมาะสมและมีความพร้อมที่จะพัฒนาต้นสู่การสะสมอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ส่วนในช่วงเดือนอื่นๆ กล้วยน้ำว้าจะมีระยะการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นหรือลดลงแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดพันธุ์ของกล้วยนั้นๆ ในขณะที่กล้วยมีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น เป็นช่วงที่ควรมีการให้น้ำให้ปุ๋ยอย่างเพียงพอเพื่อที่กล้วยจะได้นำไปใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้เต็มที่ จะทำให้กล้วยแข็งแรงและสมบูรณ์ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณและคุณภาพสูงตามไปด้วย การเข้าใจถึงอัตราการเจริญเติบโตของกล้วยจะช่วยแบ่งเบาภาระเรื่องการดูแลรักษาลงได้ ทั้งในเรื่องของการประหยัดเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายของปุ๋ย ที่ไม่จำเป็นต้องใช้ทุกเดือน เพราะจะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด แต่ควรใช้ในจังหวะที่กล้วยมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ดีกว่า

## สรุปผล

1. กล้วยน้ำว้าทั้ง 8 พันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตที่คล้ายกัน โดยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดขึ้นในเดือนที่ 4 มีความสูงต้น 56-72 ซม. เส้นรอบวงต้น 19-24 ซม. จากนั้นอัตราการเจริญเติบโตเริ่มลดลงในเดือนที่ 5
2. อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างกันออกไปใน เดือนที่ 6 โดยพบว่า น้ำโว้ น้ำว้าปากช่อง 50 และน้ำว้าค่อม มีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นเพิ่มขึ้นอีกครั้งในเดือนที่ 7 จากนั้นจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งเดือนที่ 10-11 (กล้วยแทงช่อดอก) แต่พันธุ์อื่นๆ นั้นมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นเพิ่มขึ้นอีก 2 ครั้ง ในเดือนที่ 6-7 และ 9 และลดลงอย่างมากในเดือนที่ 10-11
3. อัตราการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงต้น พบว่า หลังเดือนที่ 4 อัตราการเจริญเติบโตของ เส้นรอบวงเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในเดือนที่ 6 และลดลงมาเรื่อยๆจนกระทั่งกล้วยแทงช่อดอกยกเว้น น้ำว้าปากช่อง 50 และน้ำโว้ ที่เพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในเดือนที่ 7 และ 8 และลดลง อย่างมากในเดือนที่ 9 และ 10 ตามลำดับ
4. อัตราการผลิตใบของกล้วยน้ำว้าทุกพันธุ์ในแต่ละเดือนใกล้เคียงกัน คือ 5-6 ใบ ยกเว้นเดือนที่ 2 อัตราการผลิตใบ 3-4 ใบ และเดือนที่ 4 ที่มีการผลิตใบสูงสุด 7-8 ใบ โดยมีจำนวนใบรวมไม่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ อยู่ระหว่าง 40-45 ใบ

## เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร, 2558, สถิติการนำเข้า – ส่งออก [สืบค้น], http://www.customsclinic.org/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=4%3Aimport-and-export-statistic-&Itemid=222&lang=th. [18/ August/ 15]

กวิศร์ วานิชกุล, 2540, การศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางวิชาการและการพัฒนาการของกล้วยน้ำว้าพันธุ์ต่างๆ, รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, บางเขน, กรุงเทพฯ. 110 หน้า

กัลยาณี อรรถฉัตร กวิศร์ วานิชกุล และจุลภาค คุ้นวงศ์, 2533, การเจริญเติบโตและการเพิ่มปริมาณต้นของกล้วยหอม Grand Nain โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, วารสารวิชาการเกษตร, 8(2): 2-7

เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2558, กล้วย, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 512 หน้า

ประภาสินี รัตโนภาส, 2529, เทคนิคการขยายพันธุ์กล้วยโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, ปัญหาพิเศษปริญญาโท, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 54 หน้า

Robinson, J.C. and Alberts, A.J., 1983, Influence of Type and Size of Banana Planting Material (C.V. Williams) on the Plant Crop, Inligtingsbulletin-Navorsingsinstituut vir Sitrus en Subtropiese Vrugte, 53(9): 663

Smith, M.K., Searle, C., Langdon, P.W., Schaffer, B. and Whiley, A.W., 2001, Comparison between Micropropagated Banana (*Musa* AAA; 'Williams') and Conventional Planting Material during the First 12 Months of Development, Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 76: 83-88.

**Table 1** Growth rate of growth development banana (Leaf Banana, Height Pseudostem and Circumference Pseudostem)

| Month | Growth rate of leaf, height (Hp.) and circumferenc | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pakchong 50 | | | Mali Ong | | | Tanaow Sri | | | Numwa Ngern | | |
| | Leaf | Hp. | Ccp. | Leaf | Hp. | Ccp. | Leaf | Hp. | Ccp. | Leaf | Hp. | Ccp. |
| 1 | 0.0 | 8.0 | 1.1 | 0.0 | 2.8 | 0.5 | 0.0 | 5.9 | 0.8 | 0.0 | 8.9 | 1.0 |
| 2 | 3.9 | 11.3 | 5.6 | 3.6 | 15.7 | 6.2 | 3.9 | 10.1 | 5.6 | 3.6 | 29.0 | 4.7 |
| 3 | 4.6 | 23.1 | 5.7 | 5.0 | 21.3 | 6.2 | 4.6 | 20.2 | 4.8 | 4.6 | 15.2 | 4.3 |
| **4** | **7.7** | **72.1** | **19.7** | **7.3** | **69.1** | **19.8** | **7.2** | **60.8** | **18.4** | **7.6** | **69.8** | **19.0** |
| 5 | 4.5 | 41.3 | 13.0 | 4.6 | 40.7 | 12.7 | 4.3 | 39.5 | 12.2 | 4.6 | 48.8 | 15.7 |
| 6 | 5.5 | 57.3 | 15.5 | 5.4 | 51.0 | 15.2 | 5.6 | 40.2 | 13.3 | 6.0 | 60.3 | 18.2 |
| 7 | 5.7 | 60.0 | 15.4 | 5.2 | 48.2 | 12.7 | 5.1 | 45.5 | 11.3 | 5.6 | 57.6 | 12.4 |
| 8 | 4.6 | 50.7 | 9.4 | 4.6 | 38.0 | 6.3 | 4.6 | 40.6 | 6.9 | 5.1 | 41.0 | 9.5 |
| 9 | 5.0 | 34.0 | 7.0 | 4.8 | 53.1 | 7.1 | 4.3 | 47.0 | 8.7 | 4.2 | 53.4 | 4.5 |
| 10 | 3.4 | 27.0 | 2.8 | 3.4 | 22.3 | 5.3 | 3.8 | 37.8 | 2.9 | 0.0 | 5.9 | 4.9 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

# การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของหญ้าทะเลในเขตภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยใช้เครื่องหมาย AFLP

## Assessment of Genetic Diversity on Seagrass from the East of Thailand Using AFLP Technique

**ปัทมา ศรีน้ำเงิน**[1]
Srinamngoen, P.[1]

### Abstract

Information about the genetic diversity of seagrass is significantly important. Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) technique was applied to assess the genetic diversity of seagrass. Twenty-two samples of six seagrass species from the East of Thailand were collected. High level of polymorphisms within species was detected due to a variation of locations and environments. For the genetic similarity, the phylogenetic tree was constructed and the genotypes formed 4 clusters based on unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA). A wide range (52 to 98%) of the Dice similarity coefficient was observed and cophenetic correlation (*r*) was 0.98. Moreover, Principle Coordinates Analysis (PCoA) for branches was strong. According to the result, AFLP was successfully used to evaluate diversity different ecological of seagrass.
**Keywords:** seagrass, genetic diversity, phylogenetic tree, AFLP technique

### บทคัดย่อ

การศึกษาทางด้านความหลากหลายทางพันธุกรรมหญ้าทะเลนับว่ามีความสำคัญมาก การทดลองนี้จึงได้มีการนำเทคนิค Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) มาใช้ในการประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของหญ้าทะเลจำนวน 6 สายพันธุ์ รวม 22 ตัวอย่าง ที่เก็บมากจากบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ผลการทดลองพบว่าหญ้าทะเลเหล่านี้ที่เก็บมาจากต่างสถานที่และสิ่งแวดล้อมมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูงมาก และเมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมโดยการจัดกลุ่มแผนภูมิ phylogenetic tree โดยใช้ unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA) พบว่า สามารถจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมได้ 4 กลุ่ม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนของ Dice อยู่ระหว่าง 52-98% และมีค่า cophenetic correlation (*r*) ที่ระดับ 0.98 นอกจากนี้ยืนยันผลการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยการวิเคราะห์ Principle Coordinates Analysis (PCoA) จากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่า เทคนิค AFLP เป็นเทคนิคที่สามารถในการนำมาใช้ในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมได้เป็นอย่างดี
**คำสำคัญ**: หญ้าทะเล ความหลากหลายทางพันธุกรรม แผนภูมิสัมพันธ์ทางพันธุกรรม เทคนิค AFLP

### คำนำ

หญ้าทะเลเป็นพืชน้ำชั้นสูงที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศทางทะเล เพราะผลผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์แสงจะให้ทั้งอาหารและออกซิเจนแก่สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในทะเล หญ้าทะเลเป็นแนวเชื่อมประสานระหว่างป่าชายเลนและแนวปะการัง (Greiner และคณะ, 2013) ปัจจุบันพบว่าหญ้าทะเลในประเทศไทยมีทั้งหมด 12 ชนิด มีพื้นที่การแพร่กระจายตามชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและอันดามัน เนื่องจากแหล่งหญ้าทะเลมีความสำคัญทั้งทางเศรษฐกิจและระบบนิเวศชายฝั่ง แต่พบว่าปัจจุบันแหล่งหญ้าทะเลในบริเวณต่างๆ รวมทั้งประเทศไทยกำลังอยู่ในสภาวะเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติสิ่งแวดล้อม ความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ การไม่ตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของแหล่งหญ้าทะเล การละเลยต่อการป้องกันแหล่งหญ้าทะเล ซึ่งเกิดจากกิจกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ จะมีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อแหล่งหญ้าทะเลทั้งทางตรงและทางอ้อม จากข้อมูลพื้นฐานหญ้าทะเลที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้น พบว่างานวิจัยที่ผ่านมาในเรื่องหญ้าทะเลและความหลากหลายทางชีวภาพของหญ้าทะเล รวมถึงสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ที่อยู่ในแหล่งหญ้า

[1] คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี ต.ขุมง อ.ท่าใหม่ จ. จันทบุรี 22170
[1] Faculty of Science and Arts, Burapha University, Chanthaburi Campus, Kamong, Thamai, Chantaburi. 22170

ทะเลมีน้อย (สมบัติ และคณะ, 2549) อาจเนื่องนักวิจัยยังไม่รู้แหล่งหรือการแพร่กระจายของหญ้าทะเลว่าอยู่ที่ใดบ้างตามชายฝั่งทะเลของไทย ความไม่ชัดเจนของพื้นที่และไม่คุ้นเคยกับระบบนิเวศหญ้าทะเล ทำให้นักวิจัยสนใจทรัพยากรอื่นๆ อย่างเช่น ป่าชายเลนหรือแนวปะการังมากกว่า

หญ้าทะเลเป็นพืชที่มีความหลากหลายทางด้านสัณฐานวิทยา ความหลากหลายนี้ไม่ได้เกิดจากโครงสร้างทางจีโนมเท่านั้น แต่ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันก็อาจมีผลต่อการแสดงออกของยีนที่ต่างกัน ทำให้เกิดลักษณะภายนอก (Phenotype) ที่ต่างกันด้วย เครื่องหมายโมเลกุล (Molecular Markers) เช่น RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA; William และคณะ, 1990) AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism; Vos และคณะ, 1995) และไอโซไซม์ (Isozyme) ถูกนำมาใช้ในการจำแนกพันธุ์และศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในพืชหลายชนิดได้เป็นอย่างดี ประกอบกับข้อมูลทางพันธุกรรมของหญ้าทะเลในประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคตะวันออกยังไม่ได้มีการศึกษา ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของหญ้าทะเลเหล่านี้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานทางพันธุกรรมของหญ้าทะเลในประเทศไทย เป็นการสนับสนุนงานทางด้านอนุกรมวิธาน (Taxonomy) การขยายพันธุ์ รวมไปถึงมาตรการการคุ้มครองพันธุ์พืชในอนาคตด้วย

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บตัวอย่างหญ้าทะเล 6 พันธุ์ จำนวน 22 ตัวอย่าง ในเขตภาคตะวันออก ได้แก่ พันธุ์ *Halodule pinifolia* จำนวน 1 ตัวอย่าง บริเวณหน้าฐานทัพเรือสัตหีบ จังหวัดชลบุรี พันธุ์ *H. pinifolia* จำนวน 7 ตัวอย่าง บริเวณหมู่บ้านร็อกการ์เดน และบ้านหาดชมตะวัน จังหวัดระยอง พันธุ์ *H. pinifolia และ Enhalus acoirodes* จำนวนชนิดพันธุ์ละ 2 ตัวอย่าง บริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี และพันธุ์ *Halophila ovalis* จำนวน 3 ตัวอย่าง พันธุ์ *Cymococea serrulata* จำนวน 5 ตัวอย่าง พันธุ์ *Thalassia hempricii* และ *H. uninervis* จำนวนชนิดพันธุ์ละ 1 ตัวอย่าง บริเวณเกาะกระดาด จังหวัดตราด (Figure 1) นำใบของหญ้าทะเลมาสกัดดีเอ็นเอตามวิธีของ Doyle และ Doyle (1990) จากนั้นนำดีเอ็นเอของหญ้าทะเลทั้งหมดมาตรวจสอบความแตกต่างทางพันธุกรรมโดยใช้เทคนิค AFLP ตามวิธีการของ Vos และคณะ(1995) โดยใช้ไพรเมอร์ในการตรวจสอบทั้งหมด 22 คู่ และแยกความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอด้วย 6% nature polyacrylamide gel electrophoresis วิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม Phylogenetic tree และจัดกลุ่มโดย UPGMA และวิเคราะห์ค่า cophenetic correlation และ PCoA ด้วยโปรแกรม NTSYS v2.21q (Rohiff, 2005)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของหญ้าทะเลในเขตภาคตะวันออกจำนวน 6 พันธุ์ ด้วยเทคนิค AFLP โดยใช้ไพรเมอร์ทั้งหมด 22 คู่ พบว่าทุกคู่ไพรเมอร์สามารถตรวจสอบความแตกต่างได้ โดยเฉลี่ยจะพบแถบดีเอ็นเอเกิดขึ้น 12 แถบดีเอ็นเอต่อคู่ไพรเมอร์ มีขนาดประมาณ 100-1500 คู่เบส และเมื่อพิจารณาถึงการจัดกลุ่มทางพันธุกรรมพบว่า สามารถจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของหญ้าทะเลทั้ง 6 พันธุ์ จำนวน 22 ตัวอย่าง ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของหญ้าทะเลในแต่ละจังหวัดในเขตภาคตะวันออก ได้ 4 กลุ่ม (Figure 2) ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 คือ หญ้าทะเลชนิด *H. pinifolia* ที่เก็บจากจังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี เป็นที่มีลักษณะใบยาว เรียว กลุ่มที่ 2 คือ หญ้าทะเลชนิด *Halophila ovalis* มีลักษณะแบบสั้นรูปรี คล้ายใบมะกรูด กลุ่มที่ 3 คือ หญ้าทะเลชนิด *C. serrulata*, *T. hempricii* และ *H. uninervis* เป็นกลุ่มที่มีลักษณะใบแบนยาว หรือใบกลมยาว และกลุ่มที่ 4 คือ *E. acoroides* ถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่มีลักษณะใบแบนยาวเช่นเดียวกัน โดยพบว่าการจัดกลุ่มความสัมพันธุ์ทางพันธุกรรมในครั้งนี้ มีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนของ Dice อยู่ระหว่าง 0.52-0.98 (52-98%) และค่า $r$ = 0.988 ซึ่งถือว่าจัดกลุ่มได้ดีมาก และผลการวิเคราะห์ PCoA = 17.08 (Figure 3) สอดคล้องกับการทดลองของ Waycott และ Barnes (2001) ที่พบว่าหญ้าทะเลชนิด *T. testudinum* บริเวณทะเลสาบแคริบเบียน มีค่าความเหมือนทางพันธุกรรมที่ 0.87 เมื่อทดสอบด้วยเทคนิค AFLP ผลจากการจดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของหญ้าทะเลในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ สมบัติ และคณะ (2549) ซึ่งได้จัดกลุ่มหญ้าทะเลตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาในประเทศไทยออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใบแบนยางหรือใบกลมรี และกลุ่มที่ใบแบนสั้น แต่ผลการทดลองในครั้งนี้ยังสามารถจัดแบ่งกลุ่มได้ละเอียดกว่า คือหญ้าทะเลชนิด *C. serrulata*, *T. hempricii H. uninervis* และ *E. acoroides* จะถูกจัดอยู่คนละกลุ่มกันอย่างชัดเจน แม้ว่าสมบัติ และคณะ (2549) จะจัดหญ้าทะเลทั้งสี่ชนิดนี้ไว้ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งหากพิจารณาจาก Figure 1 จะพบว่าหญ้าทะเลทั้งสี่ชนิดนี้มีลักษณะหรือโครงสร้างภายนอกที่คล้ายคลึงกันโดยเฉพาะ *C. serrulata*, *T.*

*hempricii* และ *H. uninervis* อาจก่อให้เกิดความสับสนได้ หากผู้ศึกษาไม่มีความชำนาญเพียงพอ ดังนั้นจึงเป็นการสนับสนุนหลักการที่ว่า เครื่องหมายดีเอ็นเอ เช่น AFLP สามารถนำมาช่วยใช้ในการจำแนกชนิดและศึกษาความหลากหลายหรือความแปรปรวนทางพันธุกรรมได้เป็นอย่างดี (Vos และคณะ, 1995; Waycott และ Barnes. 2001)

## สรุปผล

การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของหญ้าทะเลนับว่ามีความสำคัญมาก การนำเอาเทคนิคทางด้านเครื่องหมายโมเลกุลมาช่วยในการจัดกลุ่ม จะทำให้ได้ข้อมูลเชิงพันธุกรรมที่ละเอียดมากยิ่งขึ้น ผลการวิจัยในครั้งบ่งชี้ชัดว่าข้อมูลลักษณะทางสัณฐานเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวในการจัดอันดับการศึกษาทางอนุกรมวิธานและการจำแนกชนิด รวมไปถึงการศึกษาทางด้านการวางแผนการอนุรักษ์สายพันธุ์หญ้าทะเลได้อีกทางหนึ่งด้วย

## คำขอบคุณ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งระยองในการช่วยเหลือเก็บตัวอย่างหญ้าทะเล

## เอกสารอ้างอิง

สมบัติ ภู่วชิรานนท์ กาญจนา อดุลยานุโกศล ภูธร แซ่หลิ่ม อดิศร เจริญวัฒนาพร ชัยมงคล แย้มอรุณพัฒนา และจันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์, 2549, หญ้าทะเลในน่านน้ำไทย, สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

Doyle, J.J. and Doyle, J.L., 1990, Isolation of Plant DNA from Fresh Tissue, Focus, 12(1): 13-15.

Greiner, J.T., McGlathey, K.J., Gunnell, J. and McKee, B.A., 2013, Seagrass Restoration Enhances "Blue Carbon" Sequestration in Coastal Water, PLoS ONE, 8(8): e72469. doi:10.1371/journal.pone.0072469

Rohlf, F.J., 2005, Numerical Taxonomy and Myltivariate Analysis System (NTSYS-PC) version 2.21q. User guide, Exeter Software, New York, USA: 31.

Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijans, M., van de Lee, T., Hornes, M., Frijters, A, Pot, J., Peleman, J., Kuiper, M. and Zabeau, M., 1995, AFLP: A New Technique for DNA Fingerprinting, Nucleic Acids Research, 23: 4407–4414.

Waycott, M. and Barnes, P.A.G., 2001, AFLP Diversity within and between Populations of the Caribbean Seagrass *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae), Marine Biology, 139(6): 1021-1028.

Williams, J., Kubelik, A., Livak, K., Rafalski, J. and Tingey, S. 1990. DNA Polymorphisms Amplified by Arbitrary Primers are Useful as Genetic Markers, Nucleic Acids Research, 18: 6531-6653.

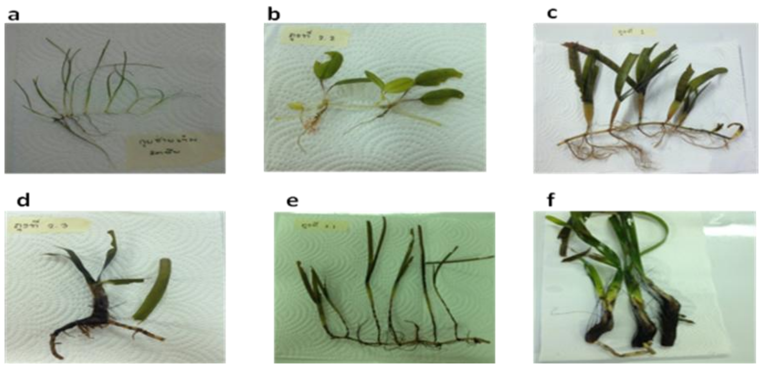



**Figure 1** The 6 species of seagrass a) *Halodule pinifolia* b) *Halophila ovalis* c) *Cymococea serrulata* d) *Thalassia hempricii* e) *Halodule uninervis* f) *Enhalus acoroides*

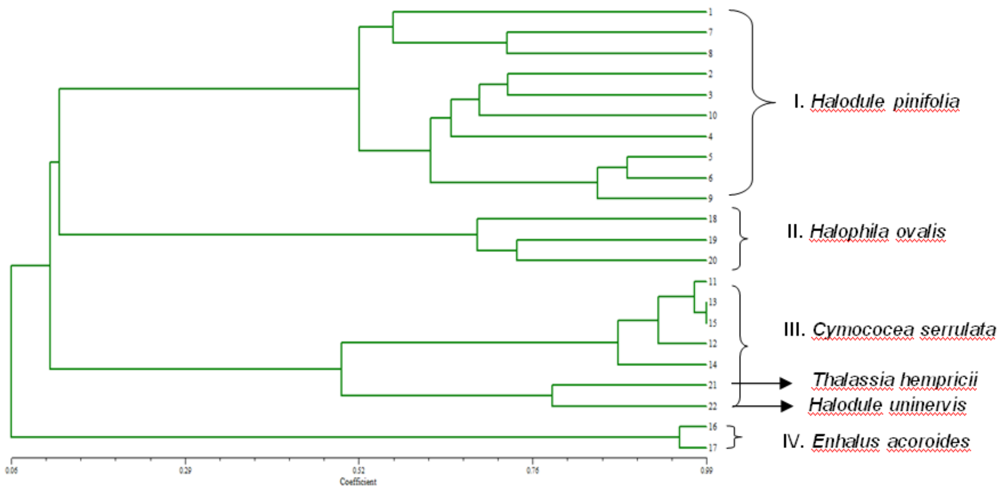



**Figure 2** Phylogenetic tree of genetic distance among individual based on UPGMA of 6 species of seagrass population.

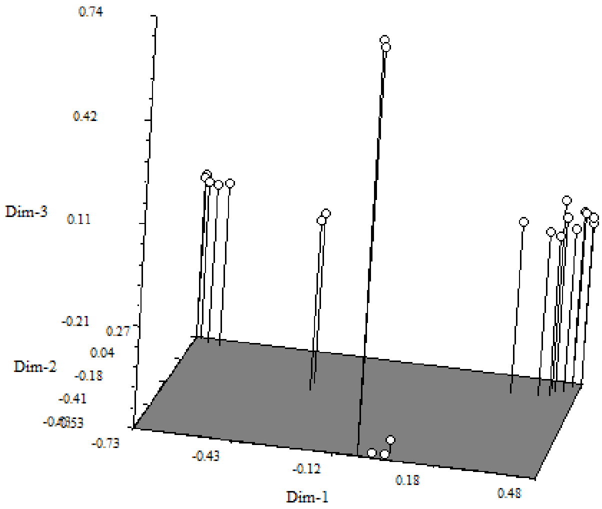



**Figure 3** Principle Coordinates Analysis (PCoA) of 4 groups of seagrass generated by NTSYS v2.21q

# การศึกษาการเกิด DNA Methylation ของหญ้าทะเลชนิด *Halodule pinifolia* โดยใช้เทคนิค MSAP
# Study of DNA Methylation of Seagrass *Halodule pinifolia* Using MSAP Technique

**ปัทมา ศรีน้ำเงิน**[1] **และ กนกอร ดวงปากดี**[1]
Srinamngoen, P.[1] and Duanpakdee, K.[1]

## Abstract

Seagrass plays as an important role in ecological habitat. It also found that the seagrass has the ability to absorb carbon by acting as a carbon sink for the marine ecosystem. Unfortunately, the seagrass, *Halodule pinifolia* is listed as a "Critically Endangered" species. The objective of this study was to estimate DNA methylation of 7 samples of *H. pinifolia* that were collected from Rock garden Community and Chom Ta-wan resort, Rayong province using Methylation-sensitive Amplified Polymorphism (MSAP) technique. The result showed 78.49% of DNA methylation polymorphism. From the BLAST analysis, HM7.1 MSAP fragment was highly similar to Salinity-stressed gene from chickpea. According to the result, the genetic variation in the term of DNA methylation could be induced by environmental change, which has an impact on its evolution and adaptation.

**Keywords**: *Halodule piniforlia*, genetic variation, DNA methylation, MSAP technique

## บทคัดย่อ

หญ้าทะเลเป็นพืชที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากสิ่งมีชีวิตในทะเล ทั้งยังพบว่าหญ้าทะเลจัดเป็นพืชที่มีความสามารถในการดูดซับคาร์บอนโดยทำหน้าที่เป็น carbon sink ให้กับระบบนิเวศทางทะเล แต่ปัจจุบันพบว่า หญ้าทะเลชนิดพันธุ์ *Halodule pinifolia* ถูกระบุว่าอยู่ในภาวะคุกคามเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเกิด DNA methylation โดยใช้เทคนิค Methylation-sensitive Amplified Polymorphism (MSAP) กับหญ้าทะเลชนิด *H. pinifolia* จำนวน 7 ตัวอย่างที่เก็บจากบริเวณหมู่บ้านร็อคกาเด้น และบ้านชมตะวันรีสอร์ท จังหวัดระยอง ผลการทดลองพบว่า หญ้าทะเลชนิดนี้มีระดับการเกิด DNA methylation ที่สูงมาก คือ 78.49% และเมื่อทำการวิเคราะห์ความเหมือนของลำดับนิวคลีโอไทด์ ด้วยโปรแกรม BLAST พบว่า ชิ้นดีเอ็นเอ HM7.1 มีความเหมือนกับยีนที่แสดงลักษณะทนต่อสภาพเค็มของถั่วหัวช้าง จากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่า สิ่งแวดล้อมมีผลต่อการแปรปรวนทางพันธุกรรมและการปรับต่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมโดยผ่านทางการเกิด DNA methylation ซึ่งอาจจะมีผลต่อการเกิดวิวัฒนาการของหญ้าทะเลในอนาคตได้

**คำสำคัญ**: *Halodule pinifolia* การแปรปรวนทางพันธุกรรม DNA methylation เทคนิค MSAP

## คำนำ

หญ้าทะเล *Halodule pinifolia* หรือกุ่ยช่ายเข็ม เป็นหญ้าทะเลที่พบขึ้นตามแนวชายฝั่งอ่าวไทย ในเขตภาคตะวันออกของประเทศไทย จัดอยู่ในวงศ์ *Potamogetanaceae* โดยมีลักษณะโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับหญ้าที่อยู่บนบกแต่ลักษณะใบนั้นแคบ ปลายใบมีรอยหยักแหลม โดยพบว่าหญ้าทะเล *H. pinifolia* มีประโยชน์ต่อระบบนิเวศทางทะเลเช่นเดียวกับหญ้าทะเลชนิดอื่นๆ คือเป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อน ที่อยู่อาศัย และที่หลบภัยของสัตว์ทะเลหลายชนิด ช่วยชลอความเร็วของกระแสน้ำ ลดความแรงของน้ำ เป็นอาหารของสัตว์ทะเลขนาดใหญ่โดยเฉพาะเต่า และพะยูน และคุณลักษณะที่ของหญ้าทะเลที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ หญ้าทะเลเป็นพืชที่ใความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้สูง จึงมีส่วนช่วยในเรื่องการลดภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วย (Short และคณะ, 2011)

จากรายงานการสำรวจพื้นที่หญ้าทะเลในประเทศพบว่า มีแนวโน้มลดลง ซึ่งมีสาเหตุมาจากธรรมชาติ และกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ซึ่งการศึกษาเป็นการดูภาพรวมของหญ้าทะเลทุกชนิด ในขณะที่ข้อมูลการสำรวจของแต่ละชนิดยังมีน้อย และจากการสำรวจของ Short และคณะ (2011) พบว่าพื้นที่แหล่งหญ้าทะเลบางชนิด เช่น *H. pinifolia* ในแถบอิน

[1] คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี ต.โขมง อ.ท่าใหม่ จ. จันทบุรี 22170
[1] Faculty of Science and Arts, Burapha University, Chanthaburi Campus, Kamong, Thamai, Chantaburi. 22170

โด-แปซิฟิก มีแนวโน้มลดลง ดังนั้นการวิจัยเพื่อศึกษาความแปรปรวนของหญ้าทะเล *H. pinifolia* จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นที่จะศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมหญ้าทะเลชนิด *H. pinifolia* ในเขตจังหวัดระยอง โดยผ่านกระบวนการเกิด DNA methylation ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีรายงานว่า พื้นที่หญ้าทะเลได้รับผลกระทบจากปัญหาการเสื่อมโทรมบริเวณชายฝั่ง การขยายของที่พักอาศัยของชุมชน รวมไปถึงการทิ้งน้ำเสียจากชุมชนและท่าเรือด้วย

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลสดชนิด *H. pinifolia* ในเขตจังหวัดระยอง โดยเลือกตัวแทนพื้นที่คือ บริเวณหมู่บ้านร็อกการ์เด้นจำนวน 5 ตัวอย่าง (ตัวอย่างที่ 1-5) และบริเวณหน้ารีสอร์ทบ้านชมตะวันจำนวน 2 ตัวอย่าง (ตัวอย่างที่ 6-7) (Figure 1) โดยกำหนดให้แต่ละจุดของการเก็บตัวอย่างห่างกันไม่น้อยกว่า 100 เมตร เพื่อป้องกันการเก็บตัวอย่างที่มีข้อมูลพันธุกรรม (genotypic data) ซ้ำ ล้างตัวอย่างหญ้าทะเลให้สะอาด ปราศจากโคลนและ microorganisms ต่างๆ ทำการสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธี CTAB Method (Doyle และ Doyle, 1990) จากนั้นทำการทดสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของหญ้าทะเล *H. pinifolia* โดยเทคนิค MSAP โดยการตัดดีเอ็นเอของหญ้าทะเลความเข้มข้น 500 ng ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Eco*RI/*Hpa*II และ *Eco*RI/*Msp*I จากนั้นทำตามวิธีการของ Reyna-Lopez และคณะ (1997) โดยทดสอบกับไพรเมอร์ทั้งหมด 16 คู่ ได้แก่ (E/HM): ACT/TCAC (HM1), GTC/TCAC (HM2), ACT/ATG (HM3), ACT/GTC (HM4), ACT/TCCA (HM5), ACT/TTTC (HM6), AGG/ATG (HM7), AGG/GTC (HM8), AGG/TCAC (HM9), AGG/TCCA (HM10), AGG/TTTC (HM11), AAG/ATG (HM12), AAG/GTC (HM13) , AAG/TCAC (HM14), AAG/TCCA (HM15), AAG/TTTC (HM16) แยกความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นด้วย 6% polyacrylamide gel electrophoresis และย้อมสีด้วย ethidium bromide จำแนกความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นในรูปของ monomorphic polymorphism (1/1) และ methylation polymorphism (1/0, 0/1) และทำการคัดเลือกเฉพาะแถบดีเอ็นเอที่เกิด methylation polymorphism สกัดดีเอ็นเอออกจากเจลและส่งไปวิเคราะห์เพื่อหาลำดับนิวคลีโอไทด์ เปรียบเทียบความเหมือนของลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้กับฐานข้อมูล GenBank โดยใช้โปรแกรม BLAST algorithm

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

กระบวนการแปรปรวนทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ซึ่งบางครั้งอาจส่งผลต่อการดำรงชีวิต การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่เกิดจากกระบวนการ DNA methylation ถือเป็นการเกิด epigenetic อย่างหนึ่งที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่นได้ เทคนิค MSAP ถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบการเกิด DNA methylation กันอย่างกว้างขวาง โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ 2 ชนิดที่เป็น isoschizomer กันคือ *Hpa*II และ *Msp*I ซึ่งเอนไซม์ทั้งสองชนิดจดจำตำแหน่งเดียวกัน คือ 5’-CCGG-3’ แต่ตัดดีเอ็นเอที่แตกต่างกันทั้งในส่วนของ internal และ external cytosine methylation (Kanchanaketu และคณะ, 2012) จากการตรวจสอบการเกิด DNA methylation ในจีโนมของหญ้าทะเล *H. pinifolia* ทั้ง 7 ตัวอย่าง พบมีอัตราการเกิด DNA methylation ในระดับสูง คือ 78.49% สอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐานที่พบคือ หญ้าทะเล *H.pinifolia* ทั้ง 7 ตัวอย่างจาก 7 ตำแหน่ง ซึ่งบางตัวอย่างจะมีลักษณะภายนอกที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน คือ ตัวอย่างที่ 1 จะมีลักษณะข้อปล้องที่สั้น และแตกแขนงมากกว่าตัวอย่างที่ 2 และ 3 ส่วนตัวอย่างที่ 4 จะมีลักษณะต้นอวบอ้วน ข้อปล้องห่าง ใบกว้างและหนามากกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ในขณะที่ตัวอย่าง 6 และ 7 มีลักษณะภายนอกที่ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเป็นจุดหญ้าทะเลเกิดจากการย้ายปลูกโดยมนุษย์ ไม่ได้เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ Greco และคณะ (2013) ได้ทำการศึกษาผลของแสงต่อการเกิด DNA methylation บริเวณรากของหญ้าทะเลชนิด *Posidonia oceanic* โดยใช้เทคนิค MSAP พบว่า แสงมีผลต่อการกระบวนการเกิด DNA methylation ชนิด hypermethylation โดยจะมีผลต่อการทำงานของยีนต่างๆ เช่น *PoPHYB* และ *LHCB5* ซึ่งเป็นการควบคุมการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของหญ้าทะเล Lira-Medeiros และคณะ (2010) พบว่าต้นโกงกางในป่า Sepetiba รัฐริโอ เดอ จาเนโร ประเทศบราซิล มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของ DNA methylation ประมาณ 44.5% โดยความแปรปรวนนั้นเป็นผลมาจากสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป

จากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ พบว่า แถบดีเอ็นเอ HM7.1 ซึ่งมีขนาดประมาณ 464 คู่เบส มีความคล้ายคลึงกับยีนที่ก่อให้เกิดสภาวะทนเค็มในรากของถั่วหัวช้าง (Table 1) Koch และคณะ (2007) ได้ศึกษาความสามารถในการทนเค็มในหญ้าทะเล พบว่า หญ้าทะเลเป็นพืชที่มีความสามารถในการปรับตัวให้สามารถทนอยู่ในน้ำที่มีความเค็มเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา แม้ว่าการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลนั้นจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วก็ตาม โดยพบว่าหญ้า

ทะเลชนิด *Thalassis testudinum Halodule wrightii* และ *Ruppia maritima* สามารถทนความเค็มของน้ำทะเลได้ที่ระดับ 60, 65 และ 55 psu ตามลำดับ สอดคล้องกับ Khalafallah และคณะ (2013) พบว่าหญ้าทะเลชนิด *Halodule uninervis* (Forssk) สามารถทนความเค็มได้ถึงระดับ 55 psu โดยจะทำการสะสมสารจำพวก organic osmoprotactants เช่น อะมิโนแอซิด โพรลีน และน้ำตาลบางชนิด และสารจำพวก inorganic osmoprotactant โดยเฉพาะ $Na^+$ และ $K^+$ โดยพลาสมาเมมเบนจะเป็นตัวควบคุมให้ภายในเซลล์มีระดับของ $Na^+$ ต่ำอยู่ตลอดเวลา รวมไปถึงการปรับสมดุลคาร์บอนและออกซิเจนในเซลล์ของหญ้าทะเล ซึ่งจะมีผลทำให้หญ้าทะเลสามารถเจริญเติบโตและแพร่กระจายได้

## สรุปผล

จากการที่ตรวจพบกระบวนการเกิด DNA methylation สูงในหญ้าทะเล *H. pinifolia* แถบจังหวัดระยองนั้น เป็นการบ่งชี้ว่าลักษณะทางสัณฐานที่เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลมาจากความแปรปรวนทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจจะเกิดจากการปรับตัวของหญ้าทะเลโดยผ่านทางกระบวนการ DNA methylation และเทคนิค MSAP เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจีโนมของสิ่งมีชีวิตโดยผ่านทางกระบวนการ DNA methylation และยังสามารถใช้ค้นหายีนที่ตอบ สนองในสภาวะเครียดได้ดีอีกด้วย

## คำขอบคุณ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนเงินวิจัยจาก คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

## เอกสารอ้างอิง

Doyle, J.J. and Doyle, J.L., 1990, Isolation of Plant DNA from Fresh Tissue, Focus, 12: 13-15.

Greco, M., Chiappetta, A., Bruno, L. and Bitonti, M.B., 2013, Effects of Light Deficiency on Genome Methylation in *Posidonia oceanic*, Marine Ecology Progress Series, 473: 103–114.

Kanchanaketu, T., Sangduen, N., Toojinda, T. and Hongtrakul, V., 2012, Genetic Diversity Analysis of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) based on Methylation-sensitive Amplification Polymorphism, Genetics and Molecular Research, 11(2): 944-955.

Khalafallah, A.A., Geneid, Y.A., Shaetaey, S.A. and Shaaban, B., 2013, Response of the Seagrass *Halodule uninervis* (*Forssk.*) Aschers. To Hypersaline Condition, Egyptian Journal of Aquatic Research, 39: 167-176.

Koch, M.S., Schopmeyer, S.A., Kyhn-Hansen, C., Madden, C.J. and Peters, J.S., 2007, Tropical Seagrass Species Tolerance to Hypersalinity Stress, Aquatic Botany, 86: 14–24.

Lira-Medeiros, C., Parisod, C., Fernande, R.A., Mata, C.S., Cardoso, M.A. and Ferreira, P.C.G., 2010, Epigenetic Variation in Mangrove Plants Occurring in Contrasting Natural Environment, PLOS one, 5(4): e10326

Reyna-Lopez, G.E., Simpson, J. and Ruiz-Herrera, J., 1997, Differences in DNA methylation Patterns are Detectable during the Dimorphic Transition of Fungi by Amplification of Restriction Polymorphisms, Molecular Genetics and Genomics, 253: 703–710.

Short, F.T., Polidoro, B., Livingstone, S.R., Carpenter, K.E., Bandeira, S., Bujang, J.S., Calumpong, H.P., Carruthers, T.J., Coles, R.G., Dennison, W.C. and Erftemeijer, P.L., 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. Biological Conservation, 144(7): 1961-1971.

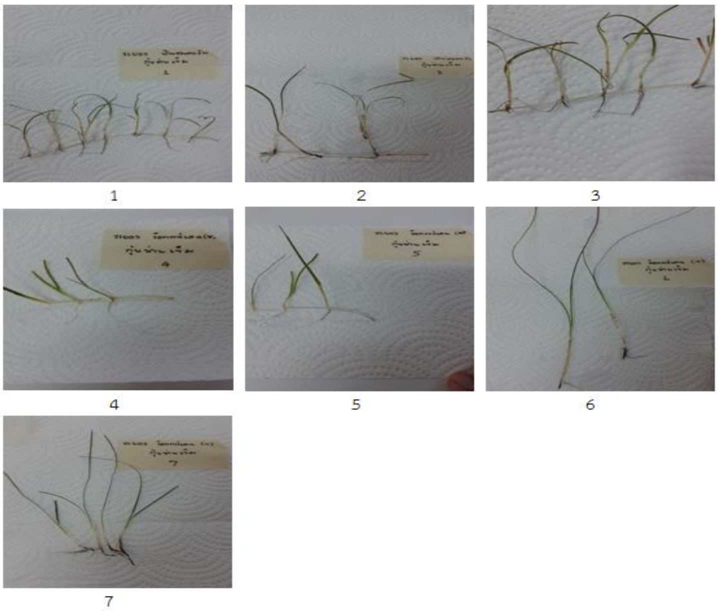


**Figure 1** Samples collection of Individual *H. pinifolia* from Rayong province, 1-5 collected form Rock garden community and 6-7 collected form Ban Chom Ta-wan resort

**Table 1** Sequence homology analysis of MSAP fragments derived from *H.pinifolia* using BLATN algorithm

| Name | Size (bp) | Sequence Homology | Identity |
|---|---|---|---|
| HM1.3 | 249 | *Gossypium hirsutum* clone MSAP-Cold-17 MSAP genomic sequence (JN568578.1) | 100% |
| HM1.4 | 171 | *Glycine dolichocarpa* genomic survey sequence (HN472938.1) | 82% |
| HM7.1 | 464 | *Cicer arietinum* Salinity-stressed chickpea root, mRNA sequence (GR401436.1) | 85% |
| HM7.2 | 323 | *Brassica oleracea* var. alboglabra leaf cDNA library Brassica oleracea var. mRNA sequence (EH426786.1) | 89% |
| HM13.2 | 462 | *Morus notabilis* External alternative NADH-ubiquinone oxidoreductase partial mRNA (XM_010097534.1) | 83% |

# ผลของน้ำสกัดจากเศษเหลือใช้ของต้นมะเขือเทศเป็นสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรพอนิกส์

# Effects of Liquid Extract from Tomato Residues as Nutrient Solution for Lettuce Growing in Hydroponic System

**ชิตชนก มาลาวิสุทธิ์**[1] **ปริยานุช จุลกะ**[1] **และ** Takahiro Oshio[2]
Malavisut, C.[1], Chulaka, P.[1] and Oshio, T.[2]

## Abstract

Since tomato is cultivated in all regions of Thailand, there are a lot of tomato residues after fruit harvesting. The residues contain plant nutrients that are necessary for plant growth. Therefore, this experiment was conducted to evaluate the use of liquid extract from tomato residues (LETR) for growing lettuce in hydroponic a system. The experiment was laid out in a CRD design with 4 replications. The nutrient solution was applied with 4 ratios of Enshi's nutrient solution and LETR; 1:0 (control), 2:1, 1:1 and 0:1. Results showed that growth of lettuce was significantly different depending on the ratio of Enshi's nutrient solution and LETR. The ratio of 2:1 nutrient solution resulted in highest number of leaves, root length, shoot and root fresh weight (18.94 leaves, 39.65 cm, 121.80 g and 21.20 g respectively) while lettuce grown in the ratio of 0:1 nutrient solution showed the lowest growth.

**Keywords:** hydroponic system, plant residues, deep water technique, salad crop

## บทคัดย่อ

การผลิตมะเขือเทศพบได้ทั่วไปในประเทศไทยจึงทำให้มีเศษต้นเหลือใช้ในปริมาณมาก ซึ่งในส่วนเหลือใช้เหล่านี้มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำสกัดจาก เศษเหลือใช้ของต้นมะเขือเทศมาใช้เป็นสารละลายธาตุอาหารเพื่อปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรพอนิกส์ วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยให้สารละลายธาตุอาหารที่มีสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi และ น้ำสกัดจากเศษเหลือใช้จากต้นมะเขือเทศ ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน คือ 1:0 2:1 1:1 และ 0:1 พบว่า ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารอัตราส่วนที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมอย่างมีนัยสำคัญ โดยผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายอัตราส่วน 2:1 มีจำนวนใบ, ความยาวของราก และน้ำหนักสดของต้นและรากสูงที่สุด (18.94 ใบ 39.65 เซนติเมตร 121.80 กรัม และ 21.20 กรัม ตามลำดับ) ส่วนการใช้น้ำสกัดจากเศษเหลือใช้จากต้นมะเขือเทศเพียงอย่างเดียว (อัตราส่วน 0:1) ให้การเจริญเติบโตต่ำที่สุด

**คำสำคัญ**: ระบบไฮโดรพอนิกส์ ส่วนเหลือใช้จากพืช ระบบน้ำลึก ผักสลัด

## คำนำ

การผลิตผักกาดหอมหรือผักสลัดในระบบไฮโดรพอนิกส์ เป็นนิยมเป็นอย่างมากในประเทศไทย เนื่องจากมีระบบการผลิตที่สะอาด การปลูกพืชในระบบไฮโดรพอนิกส์เป็นการปลูกพืชโดยให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารไหลผ่านราก สูตรสารละลายธาตุอาหารทุกสูตรได้มาจากสารอนินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่างๆ (สมัย, 2553) ในปี 2556 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะเขือเทศรวม 34,651 ไร่ และมีผลผลิตรวม 105,967 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) เศษเหลือใช้จากต้นมะเขือเทศเหล่านี้มีไนโตรเจนประมาณ 2.1 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร อีกทั้งยังประกอบด้วยธาตุอาหารรองอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช (Catello และคณะ, 2015) ซึ่งเศษเหลือใช้จากต้นมะเขือเทศเหล่านี้มักถูกกองทิ้งไว้แล้วเผาทิ้งหรือปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ หากนำเศษเหลือใช้จากต้นมะเขือเทศมาทำเป็นสารละลาย แล้ว

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen, Bangkok, 10900
[2] Center for Environment, Heath and Field Science, Chiba University, Kashiwa no ha, Japan

ประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมของสารละลายธาตุอาหารในระบบไฮโดรพอนิกส์จึงน่าจะช่วยลดต้นทุนในการใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดจากเศษเหลือใช้ของต้นมะเขือเทศร่วมกับสารละลายธาตุอาหารพืชเพื่อใช้ในการผลิตผักกาดหอมในระบบไฮโดรพอนิกส์

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำส่วนของลำต้นและใบมะเขือเทศหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตมาสับย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ และผึ่งให้แห้ง จากนั้นทำให้เป็นผงโดยใช้เครื่องทำปุ๋ย นำผงของเศษเหลือใช้จากมะเขือเทศปริมาณ 5 กิโลกรัม แช่ในน้ำประปา 250 ลิตร แยกกากออกใช้เครื่องกรองที่มีทรายเป็นตัวกรอง เตรียมสารละลายธาตุอาหารโดยใช้น้ำสกัดจากเศษเหลือจากต้นมะเขือเทศที่ได้ปริมาตร 50 ลิตร ผสมน้ำประปา 100 ลิตร เพื่อเจือจางความเข้มข้นได้เป็นน้ำสกัดจากส่วนเหลือใช้ของมะเขือเทศ (LETR) จากนั้นเตรียมสารละลายธาตุอาหารผสมระหว่างสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ความเข้นข้น 0.5 เท่าและ LETR ในอัตราส่วน 1:0, 2:1, 1:1 และ 0:1 โดยปริมาตร ปลูกผักกาดหอมพันธุ์แกรนด์แรปิดส์ ในระบบ Deep water technique (DWT) วางแผนการทดลองแบบสุ่ม (Completely Randomized Design) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ต้น บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกาดหอม ได้แก่ ความสูงของต้น จำนวนใบ น้ำหนักสดของส่วนต้นและราก น้ำหนักแห้งของส่วนต้นและราก คุณภาพของผลผลิตและคุณภาพของสารละลายปุ๋ยน้ำผสม ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) และปริมาณธาตุอาหาร

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 1. การเจริญเติบโตของผักกาดหอม

การใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ต่อLETR อัตราส่วนที่แตกต่างกัน มีผลทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ต่อ LETR (2:1 โดยปริมาตร) มีผลทำให้จำนวนใบ (18.94 ใบ) ความเขียวของใบ (17.58 SPAD) ความยาวของราก (39.65 เซนติเมตร) น้ำหนักสดของต้นและราก (121.80 กรัม และ 21.20 กรัม ตามลำดับ) และน้ำหนักแห้งของลำต้นและราก (5.99 กรัม และ 0.88 กรัม ตามลำดับ) มีค่าสูงที่สุด ในขณะที่ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายที่มี LETR เพียงอย่างเดียว (0:1 โดยปริมาตร) มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และความยาวของรากน้อยที่สุด (3.90 กรัม, 0.21 กรัม และ 18.38 เซนติเมตร ตามลำดับ) (Table 2) อาจเป็นเพราะในสารละลายธาตุอาหารที่มี LETR เพียงอย่างเดียว มีปริมาณธาตุไนโตรเจนที่อยู่ในรูปไนเตรตและแอมโมเนียมต่ำที่สุด (31.07 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 6.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) (Table 3) ซึ่งเมื่อพืชได้รับธาตุไนโตรเจนต่ำกว่าระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ทำให้การเจริญของใบและดัชนีพื้นที่ใบลดลง (ยงยุทธ, 2546) การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง และการเจริญเติบโตจึงน้อยลง

ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารร่วมกับ LETR ในทุกอัตราส่วน มีปริมาณไนเตรตสะสมในต้นพืช อยู่ในระดับที่ปลอดภัยตามมาตรฐานของ European Commission (European commission, 1997) ปริมาณวิตามินซีของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายในอัตราส่วนต่างกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายที่มี LETR เพียงอย่างเดียว (0:1 โดยปริมาตร) มีแนวโน้มมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด (412.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด) อาจเป็นเพราะใน LETR มีปริมาณโพแทสเซียมสูง (362.86 มิลลิกรัมต่อลิตร) (Table 3) จะกระตุ้นให้ระดับน้ำตาลซูโครสสูงขึ้นด้วย (ยงยุทธ, 2546) วิตามินซี (L-ascorbic acid) ถูกสร้างขึ้นจากน้ำตาลกลูโคส โดยมีการผ่านสาร intermediate ในรูปต่างๆ เช่น D-glucose-6-P, D-fructose-6-P, D-manose-6-P, D-manose-1-P, GDP-D-Mannose, GDP-L-Galactose, L-Galactose, L-Galatono-1, 4-lactone และสุดท้ายเป็น L-Ascorbic acid (ราเชนทร์, 2548)

**Table 1** Stem length, leaf number, Plant diameter and leaf greenness of lettuce grown in DWT with different ratio of nutrient solution and LETR at harvest

| Solution | Stem length (cm) | Leaf number | Plant diameter (cm) | Leaf greenness (SPAD unit) |
|---|---|---|---|---|
| Enshi : LETR (1:0) | 40.01 a | 17.94 a | 39.42 a | 17.42 a |
| Enshi : LETR (2:1) | 39.66 a | 18.94 a | 39.53 a | 17.58 a |
| Enshi : LETR (1:1) | 38.00 a | 18.19 a | 40.82 a | 15.99 a |
| Enshi : LETR (0:1) | 22.73 b | 15.31 b | 23.85 b | 6.24 b |
| F-test | * | * | * | * |
| C.V. (%) | 7.41 | 6.07 | 6.73 | 9.59 |

Mean in the same column followed by the same letter are not significant different at $p\leq$ 0.05 by DMRT
LETR = Liquid extracted from tomato residues

**Table 2** Shoot and root fresh weights, shoot and root dry weights, root length, nitrate and vitamin C contents of lettuce grown in DWT with different ratio of nutrient solution and LETR at harvest

| Solution | Fresh weight (g) | | Dry weight (g) | | Root length | Nitrate | Vitamin C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Shoot | Root | Shoot | Root | (cm) | (mg/kg fresh weight) | (mg/kg fresh weight) |
| Enshi : LETR (1:0) | 110.32 a | 15.00 a | 5.57 a | 0.62 a | 33.53 a | 2716.40 a | 293.72 |
| Enshi : LETR (2:1) | 121.80 a | 21.20 a | 5.99 a | 0.88 a | 39.65 a | 1438.50 c | 360.93 |
| Enshi : LETR (1:1) | 104.49 a | 18.16 a | 5.23 a | 0.84 a | 37.88 a | 2084.80 b | 324.35 |
| Enshi : LETR (0:1) | 21.72 b | 3.90 b | 1.30 b | 0.21 b | 18.38 b | 1391.40 c | 412.95 |
| F-test | * | * | * | * | * | * | ns |
| C.V. (%) | 23.14 | 30.90 | 23.24 | 32.50 | 21.61 | 18.99 | 19.67 |

Mean in the same column followed by the same letter are not significant different at $p\leq$ 0.05 by DMRT
LETR = Liquid extracted from tomato residues

**2. คุณภาพของสารละลายปุ๋ยน้ำผสม**

จากการวิเคราะห์คุณภาพของสารละลายธาตุอาหารอัตราส่วนที่แตกต่างกัน พบว่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 6.0-6.4 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของผักกาดหอม (pH 5.5-6.0) หากต่ำกว่า 4.0 จะเกิดอันตรายแก่พืช (อิทธิสุนทร, 2542) ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายปุ๋ยน้ำผสม ประมาณ 1.29 -1.34 มิลลิซิเมนต์ต่อเซนติเมตร (Table 3) ปริมาณธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหาร Enshi ต่อ LETR อัตราส่วน 2:1 และ 1:1 โดยปริมาตร มีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการของพืช แต่ใน LETR เพียงอย่างเดียว (0:1 โดยปริมาตร) มีปริมาณไนเตรต ($NO_3^-$) และแอมโมเนีย ($NH_4^+$) ต่ำที่สุด คือ 31.07 และ 6.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีปริมาณฟอสเฟต ($PO_4^{2-}$) และโพแทสเซียม ($K^+$) สูงที่สุด คือ 309.20 และ 362.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งสารละลายที่มีปริมาณธาตุอาหารเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมควรมีไนโตรเจน 230 มิลลิกรัมต่อลิตร, โพแทสเซียม 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัส 60 มิลลิกรัมต่อลิตร (สารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical Dry Summer) (Resh, 1978) โดยธีระศักดิ์ (2547) รายงานว่า การใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Resh Tropical Dry Summer มีผลทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมมากที่สุด มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นผักกาดหอมสูงกว่าการใช้สารละลายสูตรอื่นๆ (Table 3)

**Table 3** Nutrient contents of mixture of Enshi solution and LETR at different ratio

| Nutrient solution | pH | EC | Nutrient content (mg $L^{-1}$) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (mS/cm) | $NH_4^+$ | $NO_3^-$ | $PO_4^{2-}$ | $K^+$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ |
| Enshi : LETR (1:0) | 6.0 | 1.29 | 11.85 | 479.07 | 180.21 | 158.50 | 126.66 | 35.93 |
| Enshi : LETR (2:1) | 6.3 | 1.28 | 16.21 | 305.52 | 185.19 | 220.94 | 94.40 | 30.64 |
| Enshi : LETR (1:1) | 6.4 | 1.29 | 13.21 | 214.07 | 182.40 | 253.11 | 92.96 | 31.41 |
| Enshi : LETR (0:1) | 6.3 | 1.34 | 6.24 | 31.07 | 309.20 | 362.86 | 101.38 | 33.86 |

LETR = Liquid extracted from tomato residues

## สรุปผล

การใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ร่วมกับน้ำสกัดจากเศษเหลือใช้จากต้นมะเขือเทศ อัตราส่วน 2:1 หรือ 1:1 สามารถนำมาใช้ปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรพอนิกส์ได้ ทำให้มีจำนวนใบ ความเขียวของใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและราก มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้สารละลายธาตุอาหารพืชเพียงอย่างเดียว (1:0 โดยปริมาตร) ส่วนการใช้น้ำสกัดจากเศษเหลือใช้จากต้นมะเขือเทศเพียงอย่างเดียว (0:1 โดยปริมาตร) ทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุน Japan Student Services Organization (JASSO) และมหาวิทยาลัยจิบะ ประเทศญี่ปุ่น

## เอกสารอ้างอิง

ธีระศักดิ์ พงษ์อนุทิน, 2547, การเจริญเติบโตและปริมาณธาตุของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายสูตรต่างๆ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา, 2546, ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 424 หน้า.

ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์, 2548, ผลของสารอินทรีย์สกัดและสารสกัดจากดินร่วมกับสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและคุณภาพของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอคในการปลูกพืชแบบไร้ดิน, วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมัย สังข์ทองงาม, 2553, การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557, ปริมาณและมูลค่าสินค้าส่งออกเกษตรกรรม ปี 2556 -2557 [สืบค้น], http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=13577, [18/ June/ 15].

อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2542, สารละลายธาตุอาหารพืช, ในเอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 2 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ร่วมกับวารสารเคหการเกษตร 13-15 ธันวาคม 2542.

Catello, P., Giusepp, C., Domenica, V., Riccardo, S., Assunta, M.P. and Massimo, Z., 2015, Effect of on-farm Composted Tomato Residues on Soil Biological Activity and Yields in a Tomato Cropping System, Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 2: 1-13.

European Commission, 1997, Commission Regulation (EC) No., 194/97 of 31 January 1997, Official Journal of the European Communities, No. L31:4850.

Resh, M.H., 1978, Hydroponics for Food Production, Woodbridge Press Publishing Company, California.

# การเตรียมเอทิลเฟอรูเลทจากแกมมาโอไรซานอลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

## Preparation of Ethyl Ferulate from γ-oryzanol by Transesterification

**อภิวัฒน์ จิรัฐติสกุล[1] กรณ์กนก อายุสุข[1] และ คณิต กฤษณังกูร[1]**
Jiruttisakul, A.[1], Aryusuk, K.[1] and Krisnangkura, K.[1]

### Abstract

Ethyl ferulate is an ethyl ester derivative of ferulic acid that shows antioxidant and photoprotective properties. It has been widely used in numerous cosmetic formulations and sunscreen products. In this study, ethyl ferulate was prepared by transesterification of γ-oryzanol with ethanol at refluxing temperature by using $H_2SO_4$ as catalyst. The optimum condition for synthesis of ethyl ferulate was 12% $H_2SO_4$ (v/ v ethanol) and the ratio of ethanol to □-oryzanol $\geq$ 40 (w/ v) at 8 hours reaction time.

**Keywords:** transesterification, γ-oryzanol, ethyl ferulate

### บทคัดย่อ

เอทิลเฟอรูเลท เป็นอนุพันธ์เอทิลเอสเทอร์ของกรดเฟอรูลิกที่มีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์และป้องกันแสง มีการใช้เอทิลเฟอรูเลทในสูตรเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ครีมกันแดดหลากหลายชนิด ในงานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมเอทิลเฟอรูเลทจากแกมมาโอไรซานอลและเอทานอลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่อุณหภูมิ รีฟลักซ์และใช้กรดซัลฟูริคเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สภาวะที่เหมาะสมคือการใช้กรดซัลฟูริค 12% (ปริมาตรต่อปริมาตรเอทานอล) ที่อัตราส่วนปริมาตรเอทานอลต่อน้ำหนักแกมมา-โอไรซานอล 40 ส่วนขึ้นไป เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

**คำสำคัญ**: ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน แกมมา-โอไรซานอล เอทิลเฟอรูเลท

### คำนำ

กรดเฟอรูลิก (ferulic acid หรือ 4-hydroxy-3-methoxy cinnamic acid) เป็นสารในกลุ่มฟีนอลที่มีมากในผักและผลไม้ ส่วนเอทิลเฟอรูเลท (ethyl ferulate หรือ 4-hydroxy-3-methoxyethyl cinnamate) เป็นอนุพันธ์เอทิล (ethyl) เอสเทอร์ของกรดเฟอรูลิกที่พบได้น้อยมากในธรรมชาติ

ทั้งกรดเฟอรูลิก และเอทิลเฟอรูเลทมีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) ที่ดี ช่วยป้องกันผิวหนังจากรังสียูวี (Zhang และคณะ, 2010; Sultana, 2012) นอกจากนี้ยังพบว่าเอทิลเฟอรูเลทถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียม feruloyl glycerol (Comptonและคณะ, 2000) ซึ่งเป็นสารแอนติออกซิแดนท์อีกด้วย

ข้อด้อยของกรดเฟอรูลิกคือมีความคงตัวต่ำเมื่อเทียบกับอนุพันธ์เฟอรูเลท นอกจากนี้ความมีขั้วสูงของกรดเฟอรูลิก ทำให้นำมาประยุกต์ใช้งานได้ในวงจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เป็นสารแอนติออกซิแดนท์ ในอาหาร ยา และเครื่องสำอาง ซึ่งต้องการสารที่ละลายได้ทั้งในเฟสน้ำ และเฟสน้ำมัน ความมีขั้วที่ลดลง (มีความเป็น lipophilicity สูง) ของเอทิลเฟอรูเลททำให้สามารถซึมผ่านเยื่อเซลล์ (cell membrane) ซึ่งประกอบด้วยลิปิด (lipid) เป็นส่วนใหญ่ได้ จากการศึกษาของ Kikuzaki และคณะ (2002) พบว่าการเปลี่ยนกรดเฟอรูลิกให้อยู่ในรูปเอสเทอร์สามารถเพิ่มความสามารถในการเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ได้ดีขึ้น ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการที่สารชนิดใดชนิดหนึ่งจะเป็นแอนติออกซิแดนท์ได้ดีหรือไม่ ไม่ได้ขึ้นกับอยู่กับคุณสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ดีเท่านั้น แต่ยังขึ้นกับความสามารถในการจับ (affinity) กับลิปิดที่จะป้องกันนั้นด้วย

เนื่องจากเอทิลเฟอรูเลทพบได้น้อยมากในธรรมชาติ ส่วนใหญ่จึงได้จากการเร่งปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ระหว่างกรดเฟอรูลิกและเอทานอลโดยใช้กรด และเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น Li และคณะ (2005) ใช้ 0.25 โมล กรดซัลฟูริคเร่งปฏิกิริยาระหว่างกรดเฟอรูลิกต่อเอทานอล 1:6 (อัตราส่วนโมล)ใช้เวลา 8 ชั่วโมง Compton และคณะ (2000) พบว่าสภาวะที่ดีที่สุดของการใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาคือ 100 มิลลิกรัม ที่ความเข้มข้นของกรดเฟอรูลิก และเอทานอล

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

0.1 โมลาร์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 312 ชั่วโมง ให้ผลิตภัณฑ์เอทิลเฟอรูเลทร้อยละ 20 จากการทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่ผ่านมายังไม่พบว่าเอทิลเฟอรูเลทที่เตรียมด้วยวิธีที่ต่างกันมีคุณสมบัติแตกต่างกัน

กรดเฟอรูลิกในธรรมชาตินอกจากจะพบในรูปอิสระแล้วยังพบได้ในรูปแกมมา-โอไรซานอล ซึ่งเป็นสารประกอบเอสเทอร์ระหว่างกรดเฟอรูลิกกับไฟโตสเตอรอลและไตรเทอร์ปีนแอลกอฮอล์ (Mandak และคณะ, 2012) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำแกมมา-โอไรซานอล มาใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมเอทิลเฟอรูเลทโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันซึ่งยังไม่เคยมีรายงานการเตรียมเอทิลเฟอรูเลทด้วยวิธีนี้มาก่อน งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการเตรียมเอทิลเฟอรูเลทจากแกมมา-โอไรซานอล ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเอทิลเฟอรูเลทจากแกมมา-โอไรซานอล ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันทำโดยละลายแกมมา-โอไรซานอล และเอทานอลที่อัตราส่วน 1:80 (น้ำหนัก/ ปริมาตร) ในขวดก้นแบน ให้ความร้อน 78 องศาเซลเซียส และกวนด้วย magnetic stirrer เมื่อแกมมา-โอไรซานอล ละลายหมด เติมกรดซัลฟูริค ความเข้มข้น 4-12% (ปริมาตร/ ปริมาตร) เทียบกับปริมาณเอทานอลถือเป็นจุดเริ่มต้นของการทำปฏิกิริยา สุ่มเก็บตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ที่ 1-8 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่เก็บได้มาหยุดปฏิกิริยาทันทีด้วยโซเดียมคาร์บอเนตในน้ำกลั่น จากนั้นเติมเอทิลอะซิเตต 2 มิลลิลิตรเพื่อสกัดตัวอย่าง และดูดความชื้นด้วย sodium sulfate anhydrous เจือจางตัวอย่างด้วยวัฏภาคเคลื่อนที่นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบด้วย HPLC เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาโดยพิจารณาจากปริมาณแกมมา-โอไรซานอล ที่หายไป และปริมาณเอทิลเฟอรูเลทที่เกิดขึ้น โดยใช้คอลัมน์ Mightysil Si60 และใช้ เฮกเซน: เอทิลอะซิเตต: กรดอะซิติก (50: 50: 0.15 ปริมาตร/ ปริมาตร/ ปริมาตร) เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่

หลังจากได้ปริมาณกรดที่เหมาะสมแล้ว จึงกำหนดความเข้มข้นกรดให้คงที่แล้วศึกษาอัตราส่วนแกมม่า-โอไรซานอลต่อเอทานอลตั้งแต่ 1:20-1:100 (น้ำหนัก/ ปริมาตร) โดยทำปฏิกิริยาเช่นเดียวกัน

การคำนวณร้อยละผลผลิตโดยการเปลี่ยนค่าพื้นที่ใต้กราฟจาก HPLC เป็นน้ำหนักด้วยกราฟมาตรฐานแล้วคำนวณตามสมการ

$$\text{ร้อยละผลผลิตเอทิลเฟอรูเลท (\% yield)} = \frac{\text{จำนวนโมลของเอทิลเฟอรูเลทที่เกิดขึ้น}}{\text{จำนวนโมลของแกมม่าโอไรซานอลเริ่มต้น}} \times 100$$

*แกมมา-โอไรซานอล 1 โมล เมื่อทำปฏิกิริยากับเอทานอล 1 โมลจะเกิดเป็นเอทิลเฟอรูเลท 1 โมล และไฟโตสเตอรอล 1 โมล

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาปริมาณกรดซัลฟูริคต่อการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้สัดส่วนแกมมา-โอไรซานอลต่อเอทานอลเท่ากับ 1:80 (น้ำหนัก/ ปริมาตร) ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิรีฟลักซ์ กวนด้วย magnetic stirrer โดยศึกษาปริมาณกรดซัลฟูริค 4-12% (ปริมาตร/ ปริมาตร) เทียบกับเอทานอล พบว่าปริมาณกรดซัลฟูริคที่เหมาะสมต่อการเร่งปฏิกิริยาทรานส์-เอสเทอริฟิเคชันของแกมมา-โอไรซานอลและเอทานอลเท่ากับ 12% (ปริมาตร/ ปริมาตรเอทานอล)ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Canakciและ Van Gerpen (1999) ที่ศึกษาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของไขมันกับเมทานอลโดยใช้กรดซัลฟูริคเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น

หลังจากได้ความเข้มข้นของกรดที่เหมาะสมแล้วจึงศึกษาผลของปริมาณเอทานอลที่มีผลต่อปฏิกิริยาโดยกำหนดให้ปริมาณกรดซัลฟูริคคงที่ที่ 12% (ปริมาตร/ ปริมาตรเอทานอล)เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ศึกษาสัดส่วนแกมม่า-โอไรซานอลต่อเอทานอลเท่ากับ 1:20 ถึง 1:100 (น้ำหนัก/ ปริมาตร) ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิรีฟลักซ์ และมีการกวนด้วย magnetic stirrer พบว่าที่สัดส่วนแกมมา-โอไรซานอลต่อเอทานอลเท่ากับ 1:40 ขึ้นไป จะให้ผลผลิตเอทิลเฟอรูเลทมากกว่าร้อยละ 80

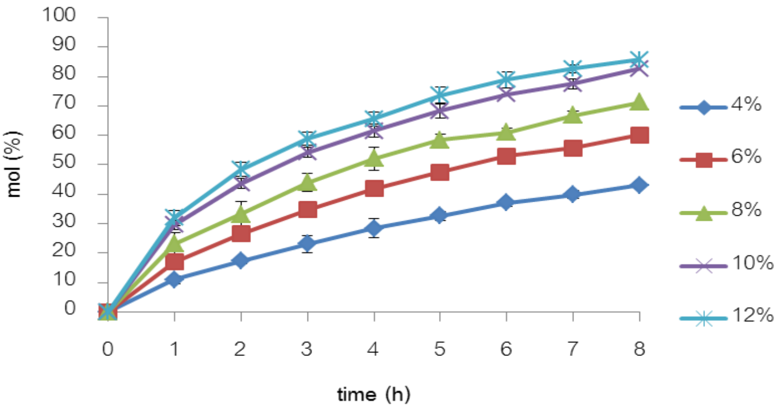



Figure 1 Mole of ethyl ferulate at different reaction time. Rection: γ-oryzanol:ethanol 1:40 (w/v), $H_2SO_4$ 4-12% (v/v ethanol)

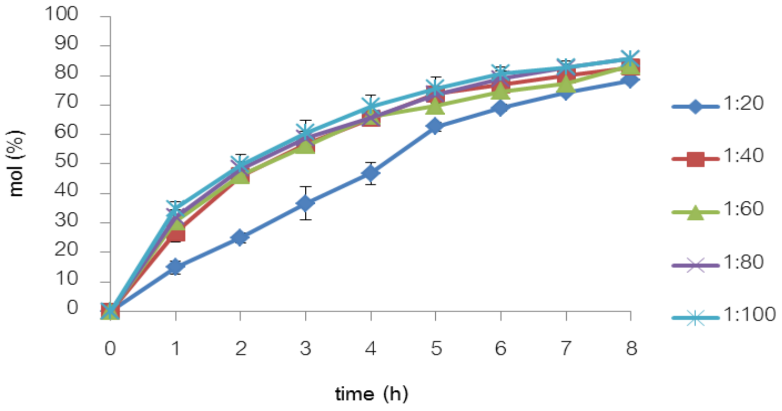



Figure 2 Mole of ethyl ferulate at different reaction time. Rection: γ-oryzanol:ethanol 1:20-1:100 (w/v), $H_2SO_4$ 12% (v/v ethanol)

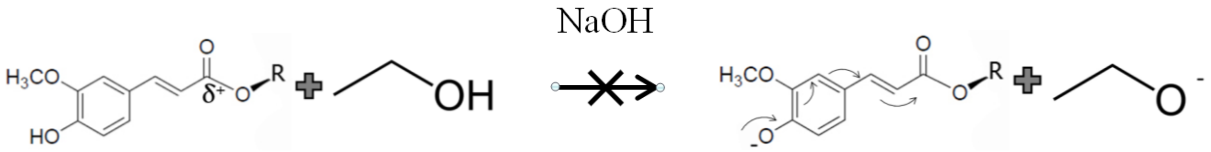



Figure 3 Mechanism of alkaline catalyzed transesterification of γ-oryzanol

ในการเตรียมเอทิลเฟอรูเลทด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันจากแกมมา-โอไรซานอลนั้นจำเป็นจะต้องใช้กรดในการเร่งปฏิกิริยา ทั้งนี้เนื่องจากด่างจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl) บนโครงสร้างหมู่ฟีนอลของแกมมา-โอไรซานอลทำให้เกิดอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวขึ้น ซึ่งอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวที่เกิดขึ้นสามารถเคลื่อนที่ผ่านไพอิเล็กตรอน (π-electron) ของพันธะคู่ของหมู่ฟีนอลด้วยอิทธิพลของปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ (resonance) ข้ามไปยังโซ่ข้าง (side chain) จนถึงคาร์บอนิลคาร์บอน (carbonyl carbon) ทำให้คาร์บอนิลคาร์บอนสูญเสียความเป็นบวกจากอิทธิพลของความแตกต่างของอิเล็กโทรเนกาติวิตี (electronegativity) กับออกซิเจนที่อยู่ติดกัน ส่งผลให้คาร์บอนิลคาร์บอนไม่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา ดังนั้นในที่นี้จึงไม่สามารถใช้ด่างในการเร่งปฏิกิริยาได้ ถึงแม้ว่าการใช้กรดในการเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันจะเกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่าการใช้ด่างประมาณ 4000 เท่าก็ตาม นอกจากนี้เนื่องจากแกมมา-โอไรซานอลละลายได้ต่ำในเอทานอลแต่การละลายจะดีขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อนและปริมาณเอทานอลสูง

## สรุปผล

การเตรียมเอทิลเฟอรูเลทจากแกมมา-โอไรซานอลและเอทานอลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่อุณหภูมิรีฟลักซ์ และใช้กรดซัลฟูริคเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สภาวะที่เหมาะสมคือการใช้กรดซัลฟูริค 12% (ปริมาตรต่อปริมาตรเอทานอล) ที่อัตราส่วนปริมาตรเอทานอลต่อน้ำหนักแกมมา-โอไรซานอล 40 ส่วนขึ้นไป เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558

## เอกสารอ้างอิง

Canakci, M. and Van Gerpen, J., 1999, Biodiesel Production via Acid Catalysis, American Society of Agricultural Engineers, 42(5): 1203-1210.

Compton, D.L., Laszlo, J.A. and Berhow, M.A., 2000, Lipase-catalyzed Synthesis of Ferulate Esters, Journal of the American Oil Chemists' Society, 77(5): 513-519.

Kikuzaki, H., Hisamato, M., Hirose, K., Akiyama, K. and Taniguchi, H., 2002, Antioxidant Properties of Ferulic Acid and its Related Compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(7): 2161-2168.

Li, D., Lv, T., Chen, J. and Zhang, Y. 2005, Synthesis of Ethyl Ferulate, Contemporary Chemical Industry, No.5.

Mandak, E. and Nyström, L., 2012, Sterylferulates, Bioactive Compounds in Cereal Grains, Lipid Technology, 24(4): 80–82.

Sultana, R., 2012, Ferulic Acid Ethyl Ester as a Potential Therapy in Neurodegenerative Disorders, Biochimica et BiophysicaActa, 1822(5): 748-752.

Zhang, L., Al-Suwayeh, S.A., Hsieh, P. and Fang, J. 2010, A ฉomparison of Skin Delivery of Ferulic Acid and its Derivatives: Evaluation of their Efficacy and Safety, International Journal of Pharmaceutics, 399(1-2): 44-51.

# สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเซลลูโลสจากฟางข้าว

# Optimal Conditions for Preparation of Cellulose from Rice Straw

**พรรณทิวา คำดี**[1] **นพดล ปั้นจันทร์**[1] **และ ชลิดา เนียมนุ้ย**[1]
Khamdee, P.[1] Panchan, N.[1] and Niamnuy, C.[1]

## Abstract

The objectives of this work were to study the effect of various parameters on alpha-cellulose content and to determine the optimal condition for cellulose preparation from rice straw. Rice straw was dried until the moisture content was 4% (dry basis). Then, it was pretreated by de-waxing using soxhlet extraction and delignification by bleached with sodium chlorite. Cellulose was extracted from the pretreated rice straw with sodium hydroxide solution. In addition, the response surface methodology (RSM) was applied to determine the optimal conditions. The Box-Behnken method was applied to design experiment. The studied parameters were the concentration of sodium hydroxide (3-9 %), the extraction temperature (65-95ºC) and extraction time (2-4 hours). It was found that the optimal conditions were the concentration of sodium hydroxide of 7.61%, the extraction temperature at 79.64ºC for extraction time of 3.05 hours. The maximum percentage of alpha-cellulose at the optimal condition was 98.77.

**Keywords:** cellulose, response surface methodology, rice straw

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาผลของตัวแปรต่างๆที่มีต่อปริมาณของแอลฟา-เซลลูโลสจากฟางข้าว และหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมเซลลูโลสจากฟางข้าว โดยนำฟางข้าวมาอบแห้งจนกระทั่งมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 4 (ฐานแห้ง) แล้วไปผ่านการกำจัดไขด้วยวิธีสกัดแบบซอกห์เลต และการกำจัดลิกนินโดยฟอกด้วยโซเดียมคลอไรท์ จากนั้นทำการสกัดเซลลูโลสออกจากฟางข้าวที่ผ่านการบำบัดแล้วด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ นอกจากนี้ยังทำการหาสภาวะที่เหมาะสมโดยวิธีพื้นผิวตอบสนองโดยออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน ซึ่งตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (3-9 %, w/v) อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (65-95°C) และเวลาในการสกัด (2-4 ชั่วโมง) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 7.61% (w/v) อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 78.64 องศาเซลเซียส และเวลาในการสกัดเท่ากับ 3.05 ชั่วโมง ซึ่งได้ร้อยละของแอลฟา-เซลลูโลสสูงสุดเท่ากับ 98.77

**คำสำคัญ:** เซลลูโลส วิธีพื้นผิวตอบสนอง ฟางข้าว

## คำนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักและพืชเศรษฐกิจส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย จากสถิติของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่าประเทศไทยปลูกข้าวได้ผลผลิตเฉลี่ยปีละประมาณ 31.72 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ซึ่งภายหลังการเก็บเกี่ยวมีฟางข้าวเหลือทิ้งในปริมาณมาก แม้ว่าจะมีการนำไปใช้ประโยชน์เช่นอาหารสัตว์ ปุ๋ยหมัก เชื้อเพลิงชีวมวล เป็นต้นแล้วก็ตามแต่เกษตรกรมักนิยมเผาฟางข้าวเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกเนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว ผลกระทบจากการเผาฟางข้าวก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนอันเนื่องมาจากการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการเผาไหม้ (Kanokkanjana และ Garivait, 2013) ดังนั้นการนำฟางข้าวไปใช้ให้เกิดประโยชน์โดยการเพิ่มมูลค่าให้ได้มากที่สุดจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการจัดการกับฟางข้าวที่เหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยว จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวในวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีสารประกอบประเภทลิกโนเซลลูโลสซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ประมาณ 32-47% เซลลูโลสถูกนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เช่น ผลิตเป็นกระดาษสิ่งทอหรือสังเคราะห์เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ใช้ในการผลิตกาว สารเพิ่มความเหนียวข้น ฟิล์ม และพลาสติกชีวภาพ เป็นต้น (พัชรลักษณ์, 2551)

---

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ. งามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการเตรียมเซลลูโลสจากฟางข้าว และหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเซลลูโลสเพื่อให้ได้ปริมาณแอลฟา-เซลลูโลสสูงที่สุดโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง

## อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการทดลองได้ดัดแปลงจากวิธีของ Lu และ Hsieh (2012) โดยเริ่มจากการบำบัดเบื้องต้นโดยตัดฟางข้าวให้มีความยาว 1-2 เซนติเมตร ล้างให้สะอาด 4-5 ครั้ง นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมงปั่นให้ละเอียดในโถบดแห้ง จากนั้นนำฟางข้าวที่บดละเอียด 15 กรัมมากำจัดไขด้วยวิธีการสกัดแบบซอกห์เลต โดยใช้เอทานอลและโทลูอีนอัตราส่วน 1: 2 (v/v)เป็นตัวทำละลายเป็นเวลา 6 ชั่วโมง สกัดต่อโดยแช่ในเอทานอล (95%, v/v) เป็นเวลา 24ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตรแล้วนำไปต้มในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตรให้เดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาฟอกขาวด้วยโซเดียมคลอไรท์ (ร้อยละ 1.4, w/v) ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เพื่อกำจัดลิกนินที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง กรองและล้างตะกอนจนกระทั่งเป็นกลาง สำหรับการสกัดเซลลูโลสเริ่มจากนำฟางข้าวที่ผ่านการบำบัดแล้วมาสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นในช่วง 3-9% (w/v) ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 65-95 องศาเซลเซียส โดยใช้ช่วงเวลา 2-4 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นกระทั่งเป็นกลาง นำไปอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เก็บเซลลูโลสที่ได้ในภาชนะสุญญากาศและทำการวิเคราะห์ร้อยละของแอลฟา-เซลลูโลสตามมาตรฐาน TAPPI T203 om-88 ซึ่งการทดลองทั้งหมด 15 การทดลองได้จากการออกแบบโดยวิธีบ๊อกซ์-เบนห์เคนและหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนองโดยใช้โปรแกรม Minitab® เวอร์ชัน 16.0

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลของค่าร้อยละแอลฟา-เซลลูโลสทั้ง 15 การทดลองได้นำมาสร้างสมการแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปของสมการกำลังสอง ( quadratic equation) เพื่อใช้ทำนายค่าร้อยละแอลฟา-เซลลูโลสที่ได้จากการสกัดเซลลูโลสจากฟางข้าว และทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ดังแสดงใน Table 1 เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงโดยวิธีวิเคราะห์ความถดถอย (Least Square Method) พบว่าพจน์ที่ส่งผลต่อร้อยละแอลฟา-เซลลูโลสอย่างมีนัยสำคัญคือพจน์ของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ พจน์กำลังสองของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ พจน์กำลังสองของอุณหภูมิและพจน์กำลังสองของเวลา ซึ่งมีค่า p-value$\leq$0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จึงได้สมการแบบจำลองเพื่อใช้ทำนายร้อยละแอลฟา-เซลลูโลสที่ลดรูปแล้วดังสมการที่ 1 โดยมีค่า $R^2$ เท่ากับ 0.90 แสดงให้เห็นว่าสมการแบบจำลองนี้มีความสมรูปกับข้อมูลได้เป็นอย่างดีและมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการทำนายค่าร้อยละแอลฟา-เซลลูโลสจากฟางข้าวได้

$$\%\ \text{Alpha Cellulose} = -98.0 + 9.95\,C - 0.01523A^2 - 3.65\,B^2 - 0.372\,C^2 \quad (R^2 = 0.90) \qquad (1)$$

เมื่อ A B และ C คือ อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของแต่ละปัจจัยต่อปริมาณแอลฟา-เซลลูโลสแสดงโดยกราฟพื้นผิวตอบสนองและคอนทัวร์ดัง Figure 1(a-f) พบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้นในช่วง 65-78 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นในช่วง 2-3ชั่วโมง และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นในช่วง 6.0-7.6% มีผลให้ค่าร้อยละแอลฟา-เซลลูโลสเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิ เวลาและความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นไปอีกจะมีผลให้ค่าร้อยละแอลฟา-เซลลูโลสลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการสลายตัวของเซลลูโลสที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงและการใช้อุณหภูมิสูงในระยะเวลานาน (Zhang และคณะ, 2012)

**Table 1** Variance analysis of regression equation for the preparation of cellulose

| **พจน์** | P-Value |
|---|---|
| Constant | 0.000 |
| A | 0.640 |
| B | 0.270 |
| C | 0.008 |
| $A^2$ | 0.034 |
| $B^2$ | 0.027 |
| $C^2$ | 0.037 |
| AB | 0.494 |
| AC | 0.194 |
| BC | 0.307 |

A = temperature, B = time and C = concentration of sodium hydroxide

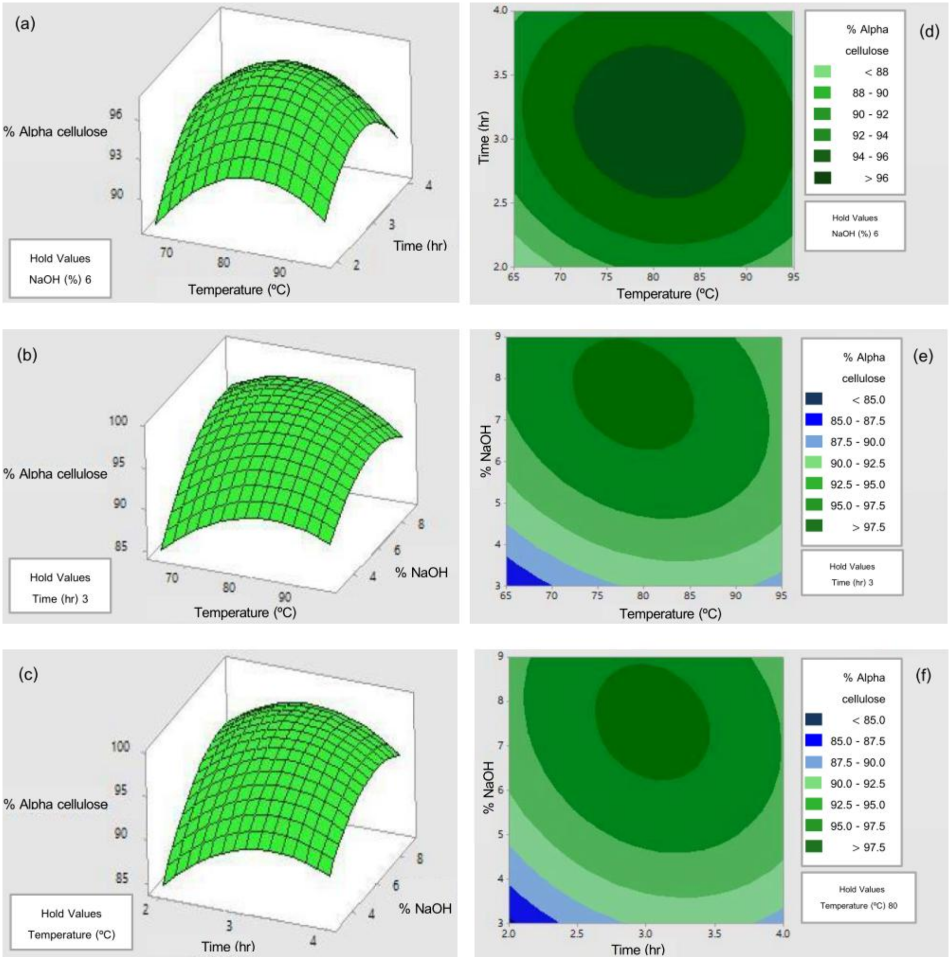



**Figure 1** Surface plot and contour plot show the effect of various parameters on % Alpha-cellulose (a and d) effect of temperature and time; (b and e) temperature (ºC) and % NaOH (c and f) effect of time and % NaOH

การวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมในเตรียมเซลลูโลสให้มีค่าร้อยละแอลฟา-เซลลูโลสสูงสุด พบว่าสภาวะที่เหมาะสมซึ่งเป็นสภาวะที่ให้ค่าร้อยละแอลฟา-เซลลูโลสสูงสุด คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 78.64 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 3.05 ชั่วโมง และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 7.61% ดังแสดงใน Figure 2 จากสภาวะที่เหมาะสมนี้ สามารถนำมาใช้ทำการทดลองเตรียมเซลลูโลสจากฟางข้าว ซึ่งได้ค่าแอลฟา-เซลลูโลสเท่ากับ 98.77%

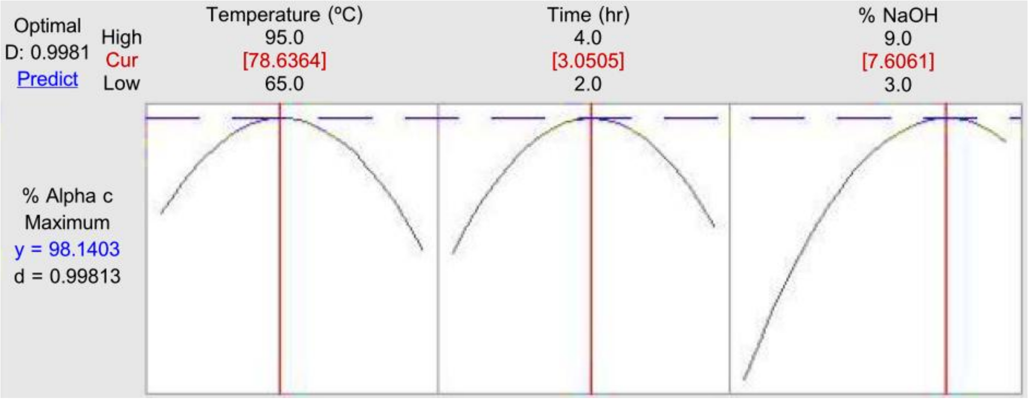



**Figure 2** The optimal conditions for cellulose preparation in case of maximum percentage of alpha-cellulose

## สรุปผล

ในการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ใช้ในการเตรียมเยื่อเซลลูโลสจากฟางข้าวได้แก่อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด เวลาในการสกัด และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อปริมาณแอลฟาเซลลูโลสโดยใช้โดยใช้วิธีพื้นผิวผลตอบสนองและออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน พบว่าสามารถเตรียมเซลลูโลสที่มีปริมาณแอลฟา-เซลลูโลสสูงสุดเท่ากับ 98.77% เมื่อใช้อุณหภูมิ 78.64 องศาเซลเซียส เวลา 3.05 ชั่วโมง และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 7.61% (w/v) ในการสกัด

## คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในการวิจัยนี้ผ่านทุนอุดหนุนวิจัย มก. ประจำปีงบประมาณ 2557

## เอกสารอ้างอิง

พัชรลักษณ์ พรหมถาวร, 2551, นวัตกรรมการผลิตเซลลูโลสรูปทรงกลมที่มีรูพรุนจากเยื่อฟางข้าวและซังข้าวโพด, วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555, การผลิตสินค้าการเกษตรที่สำคัญ [สืบค้น], http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=9704 [10/ August/ 12]

Kanokkanjana, K. and Garivait, S., 2013, Alternative Rice Straw Management Practices to Reduce Field Open Burning in Thailand, International Journal of Environmental Science and Development, 4(2): 119-123.

Lu, P. and Hsieh, Y. 2012. Preparation and Characterization of Cellulose Nanocrystals from Rice Straw, Carbohydrate Polymers, 87: 564-573.

TAPPI, 1988, Test Method for Determination of Alpha-Beta-and Gamma-Cellulose in Pulp, TAPPI T203 om-88, Technical Association of Pulp and Paper Industry.

Zhang, G., Zhang, L., Deng, H. and Sun, P., 2011, Preparation and Characterization of Sodium Carboxymethyl Cellulose from Cotton Stalk Using Microwave Heating, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 86: 584-589.

# ความเป็นพิษระดับเซลล์และการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมของหอมแดงจากสารสกัดใบมังคุดและเปลือกลูกเนียง

# Cytotoxicity and Chromosomal Aberration of Shallot (*Allium cepa*) from Mangosteen Leave and Djenkol Shell Extraction

จุฑามาศ ศุภพันธ์[1] และ วีระเกียรติ ทรัพย์มี[2]

Suppapan, J.[1] and Supmee, V.[2]

## Abstract

The effects of mangosteen leave (ML) and Djenkol shell (DS) extraction which use for natural dye in the natural tie-dye group, Baan Khiriwong community, Nakhon Si Thammarat province on cell division and chromosome aberration in shallot root cell were studied. ML extraction were used as the ratio of natural dye : distilled water at 1:3, 1:2 and 1:1. DS extraction were used as the ratio of natural dye : distilled water at 1:3, 1:2 and 1:1. Then mitotic index, chromosome number and chromosome structure were examined. The results showed that ML extraction decreased significant mitotic index and induced hypodiploid cell at ratio 1:2 and 1:1. Hyperdiploid and chromosome structure change were not found at all ratio. For DS extraction, the ratio at 1:3 increased significant mitotic index while other ratio inhibited cell division. The signifiant hypodiploid cells were induced by DS extraction at ratio 1:1. Neither hyperdiploid cell nor chromosome structure change were found at all ratio. This research concluded that ML and DS extraction had effected to cell division of shallot root cell. This study suggested that ML and DS extraction can used for natural dyeing in the optimum concentration.

**Keywords:** cytotoxicity, chromosomal, shallot (*Allium cepa*), natural dying

## บทคัดย่อ

ศึกษาผลของสารสกัดจากใบมังคุดและเปลือกลูกเนียงซึ่งใช้เป็นสีย้อมผ้าของกลุ่มผ้ามัดย้อมบ้านคีรีวง จังหวัดนครศรีธรรมราชต่อการแบ่งเซลล์และการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมในเซลล์รากหอมแดงโดยใช้อัตราส่วนสารสกัดใบมังคุดต่อน้ำกลั่น 1:3, 1:2 และ 1:1 และอัตราส่วนสารสกัดเปลือกลูกเนียงต่อน้ำกลั่น 1:3, 1:2 และ 1:1 แล้วนำเซลล์รากหอมแดงมาศึกษาดัชนีไมโทติก การเปลี่ยนแปลงจำนวนและโครงสร้างของโครโมโซม ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดใบมังคุดที่อัตราส่วน 1:2 และ1:1 มีผลทำให้ดัชนีไมโทติกลดลงและชักนำให้เกิดเซลล์ชนิดไฮโปดิพลอยด์ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่พบการเพิ่มของจำนวนโครโมโซมและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซมทุกอัตราส่วน สำหรับสารสกัดเปลือกลูกเนียงพบว่าที่อัตราส่วน 1:3 มีผลทำให้ดัชนีไมโทติกสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ที่อัตราอื่นจะไปยับยั้งการแบ่งเซลล์ และที่อัตราส่วน 1:1 ชักนำให้เกิดเซลล์ชนิดไฮโปดิพลอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและไม่พบการเพิ่มของจำนวนและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซมทุกอัตราส่วน ผลการวิจัยสรุปว่าสารสกัดจากใบมังคุดและเปลือกลูกเนียงมีผลต่อการแบ่งเซลล์ของเซลล์รากหอมแดง จากผลการทดลองแนะนำว่าสารสกัดใบมังคุดและเปลือกลูกเนียงสามารถนำมาใช้เป็นสีย้อมได้โดยใช้ในความเข้มข้นที่พอเหมาะ

**คำสำคัญ**: ความเป็นพิษระดับเซลล์ โครโมโซม หอมแดง สีผ้ามัดย้อมธรรมชาติ

## คำนำ

ผ้ามัดย้อมสีธรรมชาติบ้านคีรีวงเป็นผ้ามัดย้อมที่มีชื่อเสียงในจังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาสกัดเป็นสีย้อมผ้า เช่นใบมังคุดให้สีส้มกับสีชมพู เปลือกลูกเนียงให้สีน้ำตาลเข้ม ซึ่งหลังจากใบมังคุดและ

[1] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

[1] Faculty of Education, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat 80280

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลถ้ำใหญ่ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110

[2] Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat 80110

เปลือกลูกเนียงผ่านกรรมวิธีสกัดโดยการต้มอาจมีการเปลี่ยนสภาพหรือมีฤทธิ์ทางอัลลีโลพาทีแล้วส่งผลในระดับเซลล์ต่อสิ่งมีชีวิตหากหลังการใช้งานมีวิธีการกำจัดที่ไม่ถูกวิธี ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงศึกษาความเป็นพิษระดับเซลล์และโครโมโซมของสีย้อมจากใบมังคุดและเปลือกลูกเนียงโดยใช้เซลล์รากของหอมแดงเป็นพืชทดสอบ สาเหตุที่ใช้เซลล์จากรากหอมแดงเนื่องจากมีความไวต่อสารก่อกลายพันธุ์ มีโครโมโซมขนาดใหญ่ และเป็นตัวแทนที่นิยมใช้เป็นดัชนีในการทดสอบความเป็นพิษระดับเซลล์และระดับโครโมโซม (Fiskesjoe, 1995) ผลการทดลองครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความปลอดภัยของการใช้สีย้อมจากธรรมชาติรวมถึงสามารถนำข้อมูลเป็นการพิจารณาในการกำจัดอย่างถูกต้องหรือการนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสีย้อมโดยต้มใบมังคุดสับด้วยน้ำกลั่นและเปลือกลูกเนียงสับด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 : 1 เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมากรองเพื่อเป็น stock solution เมื่อทำการทดลองนำ stock solution มาละลายด้วยน้ำกลั่นด้วยอัตราส่วน stock solution ต่อน้ำกลั่น 1: 3, 1 : 2 และ 1: 1 ตามลำดับ โดยมีชุดทดลองควบคุมคือน้ำกลั่น หลังจากนั้นเพาะรากหอมแดงด้วยสารละลายสีย้อมตามความเข้มข้นที่กำหนดโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์จำนวน 5 ซ้ำ เมื่อครบ 4 วันเก็บรากหอมแดงโดยผ่าหอมแดงออกเป็น 2 ส่วนต่อหัว ส่วนหนึ่งตัดปลายรากใส่ขวดที่เตรียมไว้เพื่อใช้ศึกษาดัชนีไมโทติกและอีกส่วนหนึ่งนำไปแช่ในสารละลายโคลชิซินความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 8 ชั่วโมงเพื่อใช้ศึกษาจำนวนและความผิดปกติของโครโมโซม จากนั้นศึกษาดัชนีไมโทติกโดยเตรียมเซลล์รากหอมด้วยวิธีสควอซ (Sharma และ Sharma, 1980) แล้วศึกษาดัชนีไมโทติกตามวิธีของวีระเกียรติ และจุฑามาศ (2547) สำหรับการศึกษาจำนวนโครโมโซมทำการนับจำนวนโครโมโซมที่กระจายดีในแต่ละเซลล์ โดยแบ่งเกณฑ์ดังนี้ (1) เซลล์ดิพลอยด์คือเซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยของจำนวนโครโมโซมที่ได้จากชุดการทดลองควบคุมบวกหรือลบด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, (2) เซลล์ไฮโปดิพลอยด์คือเซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมน้อยกว่าเซลล์ดิพลอยด์, (3) เซลล์ไฮเปอร์ดิพลอยด์คือเซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมมากกว่าเซลล์ดิพลอยด์ และศึกษาความผิดปกติของโครงสร้างโครโมโซม วิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One–Way ANOVA ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยใช้ค่าสถิติ LSD โดยโปรแกรม SAS

## ผลการทดลอง

### ผลของสีย้อมต่อดัชนีไมโทติก

ในการแบ่งเซลล์พบเซลล์ในระยะอินเตอร์เฟส โปรเฟส เมตาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส (Figure 1) สีย้อมใบมังคุดมีผลต่อดัชนีไมโทติกโดยมีค่า 44.44 $\pm$ 7.29 , 41.40 $\pm$ 3.03 , 35.47 $\pm$ 4.92 และ 30.02 $\pm$ 4.41 เปอร์เซ็นต์ ที่การทดลองควบคุมและอัตราส่วน 1 : 3, 1 : 2 และ 1 : 1 ตามลำดับและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนสีย้อมเปลือกลูกเนียงมีผลต่อดัชนีไมโทติกโดยมีค่า 44.44 $\pm$ 7.29, 67.20 $\pm$ 4.32, 26.63 $\pm$ 6.37 และ 26.62 $\pm$ 4.31 เปอร์เซ็นต์ที่การทดลองควบคุมและอัตราส่วน 1 : 3, 1 : 2 และ 1 : 1 ตามลำดับและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 1)

### ผลของสีย้อมต่อจำนวนโครโมโซม

จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์อยู่ในช่วง 14.98 –16.35 แท่งโดยมีความถี่ที่16 แท่งมากที่สุด ผลของสีย้อมใบมังคุดพบเปอร์เซ็นต์เซลล์ดิพลอยด์ 88.32, 84.52 , 83.01 และ 71.01 เปอร์เซ็นต์ ที่การทดลองควบคุมและอัตราส่วน 1 : 3, 1 : 2 และ 1 : 1 ตามลำดับและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผลของสีย้อมเปลือกลูกเนียงพบเปอร์เซ็นต์เซลล์ดิพลอยด์ 88.47, 89.29, 88.81 และ 66.83 เปอร์เซ็นต์ ที่การทดลองควบคุมและอัตราส่วน 1 : 3, 1 : 2 และ 1 : 1 ตามลำดับและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) ผลของสีย้อมใบมังคุดพบเปอร์เซ็นต์เซลล์ไฮโปดิพลอยด์ 11.68, 15.48, 16.99 และ 28.99 เปอร์เซ็นต์ ที่การทดลองควบคุมและอัตราส่วน 1 : 3, 1 : 2 และ 1 : 1 ตามลำดับและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผลของสีย้อมเปลือกลูกเนียงพบเปอร์เซ็นต์เซลล์ไฮโปดิพลอยด์ 11.53, 10.71, 11.19 และ 33.17 เปอร์เซ็นต์ที่การทดลองควบคุมและอัตราส่วน 1 :3, 1 : 2 และ 1 : 1 ตามลำดับและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) จากการทดลองไม่พบเซลล์ไฮเปอร์ดิพลอยด์ทั้งจากผลจากสีย้อมใบมังคุดและสีย้อมเปลือกลูกเนียง

### ผลของสีย้อมต่อโครงสร้างโครโมโซม

จากการทดลองไม่พบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมทั้งจากสีย้อมใบมังคุดและสีย้อมเปลือกลูกเนียง

## วิจารณ์ผล

### การศึกษาดัชนีไมโทติก

จากการทดลองพบว่าสีย้อมใบมังคุดที่อัตรา 1: 2 มีผลไปลดการแบ่งเซลล์และเมื่อใช้ความเข้มข้นสูงขึ้นไปยิ่งทำให้การแบ่งเซลล์ลดลง ในขณะที่อัตราที่ต่ำสุดคือ 1: 3 ไม่มีผลต่อการแบ่งเซลล์ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของสารหลายชนิดที่ว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นขึ้นเรื่อยๆ จะมีผลไปลดการแบ่งเซลล์ (Kooffreh,1999) ส่วนผลของสีย้อมเปลือกลูกเนียงพบว่าที่อัตราส่วนสีย้อมเปลือกลูกเนียงต่อน้ำกลั่น 1: 3 มีผลไปเร่งการแบ่งเซลล์ แสดงว่าสีย้อมเปลือกลูกเนียงมีผลทำให้การแบ่งเซลล์ในรากหอมเข้าสู่ระยะเมตาเฟสได้เร็วขึ้น (Rao, 1987) แต่อย่างไรก็ดีเมื่ออัตราการใช้เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ยับยั้งการแบ่งเซลล์ จากการทดลองครั้งนี้จะสรุปได้ว่าอัตราการใช้มีความสำคัญต่อกระบวนการกระตุ้นหรือยับยั้งการแบ่งเซลล์ได้

จากการทดลองครั้งนี้พบจำนวนเซลล์ที่มีชุดโครโมโซมเพียงสองชนิดทั้งผลของสีย้อมใบมังคุดและเปลือกลูกเนียง คือ เซลล์ดิพลอยด์และเซลล์ไฮโปดิพลอยด์ แต่ไม่พบไฮเปอร์ดิพลอยด์แสดงว่าสีย้อมทั้งสองชนิดมีผลทำให้จำนวนโครโมโซมลดลง แต่ไม่ทำให้จำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากไปรบกวนการทำงานของเส้นใยสปินเดิล ทำให้โครโมโซมเคลื่อนที่เข้าสู่ขั้วเซลล์ไม่ครบทุกแท่งจึงทำให้จำนวนโครโมโซมลดจำนวนลง (Rank และ Nielsen,1998) อีกสาเหตุคืออาจเกิดไมโครนิวเคลียสซึ่งเกิดจากการเข้าไปทำลายนิวเคลียสแตกเป็นหลายส่วนทำให้จำนวนโครโมโซมลดลงตามไปด้วย (Cesar, 2002) ดังนั้นจึงไม่พบเซลล์ชนิดไฮเปอร์ดิพลอยด์ อย่างไรก็ตามพบว่าการที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมได้นั้นจะต้องใช้ความเข้มข้นที่ค่อนข้างสูง ข้อเสนอแนะในการทดลองครั้งนี้แนะนำว่าควรใช้ในอัตราส่วนที่ต่ำเนื่องจากไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม แต่อย่างไรก็ตามสามารถปรับเปลี่ยนได้เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ จากการทดลองไม่พบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม ซึ่งจากการพบความการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมแต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างแสดงว่าสีย้อมทั้งสองชนิดไม่ได้เป็นเป็นพิษอย่างรุนแรงจึงทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซม

## สรุปผล

สีย้อมใบมังคุดและเปลือกลูกเนียงมีผลต่อการแบ่งเซลล์และการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมแต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซมของรากหอมแดง

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณงบประมาณโครงการเบญจวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช และสาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่เอื้อเฟื้อกล้องถ่ายรูปจุลทรรศน์

## เอกสารอ้างอิง

วีระเกียรติ ทรัพย์มี และจุฑามาศ ศุภพันธ์, 2547, ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสทในเซลล์รากหอม, วารสารวิชาการเกษตร, 22(2): 110–118.

Cesar, K,G., 2002, A Comparision between Mouse and Fish Micronucleus Test Using Cyclophosphamide, Mytomycin C and Various Pesticide, Mutation Research/ Genetic Toxicology and Enviromental Mutation, 518(2): 145–150.

Fiskesjoe, G., 1995, Allium test, In Vitro Toxicity Testing Protocols, 43: 119-128.

Kooffreh, M., 1999, Cytogenetic Effects of Glyphosate and 2 : 1 Metolachlor : Atrazine on Root Tips of *Allium cepa*, Global Journal of Pure and Applied Sciences, 5(3): 317-321.

Rank, J. and Nielsen, M.H., 1998, Genetoxicity Testing of Wastewater Sludge Using the *Allium cepa* Anaphase – telophase Chromosome Aberration Assay, Mutation Research, 418: 113-119.

Rao, B.V., 1987, Effect of Two Agrochemicals (dicofol and paraquat) on Mitotic Divisions in *Allium cepa* Root Meristems, India Journal of Botany, 10(2): 192-198.

Sharma, A.K. and Shama, A., 1980, Chromosome Techniques Theory and Practice: Northumberland Press, Ltd. London, 711p.

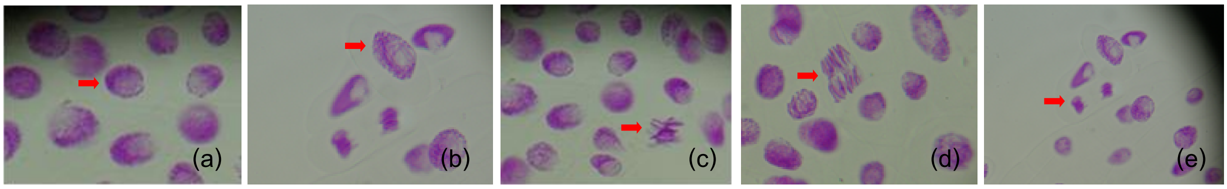



**Figure 1** Mitotic phase of cell division of mangosteen leave and Djenkol shell extraction
(a) interphase (b) prophase (c) metaphase (d) anaphase (e) telophase

**Table 1** Mitotic index of mangosteen leave and Djenkol shell extraction

| Dyeing : Distilled water | Mitotic index | |
|---|---|---|
| | Mangosteen leave extraction | Djenkol shell extraction |
| Control | 44.44 ± 7.29[a] | 44.44 ± 7.29[b] |
| 1 : 3 | 41.40 ± 3.03[a] | 67.20 ± 4.32[a] |
| 1 : 2 | 35.47 ± 4.92[b] | 26.63 ± 6.37[c] |
| 1 : 1 | 30.02 ± 4.41[c] | 26.62 ± 4.31[c] |

* In a column, means followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$.

**Table 2** Percentage of hypodiploid cell and hyperdiploid cell of mangosteen leave and Djenkol shell extraction

| Dyeing : Distilled water | Mangosteen leave extraction | | Djenkol shell extraction | |
|---|---|---|---|---|
| | Hypodiploid (%) | Hyperdiploid (%) | Hypodiploid (%) | Hyperdiploid (%) |
| Control | 88.32[a] | 11.68[c] | 88.47[a] | 11.53[b] |
| 1 : 3 | 84.52[ab] | 15.48[bc] | 89.29[a] | 10.71[b] |
| 1 : 2 | 83.01[b] | 16.99[b] | 88.81[a] | 11.19[b] |
| 1 : 1 | 71.01[c] | 28.99[a] | 66.83[b] | 33.17[a] |

* In a column, means followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 241-244 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 241-244 (2558)

# คุณภาพทางกายภาพ-เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกร

# The Physical-Chemical and Sensory Acceptance Qualities of Gummy Candies from Dragon Fruit Peel

อินทิรา ลิจันทร์พร[1] สุภาพร จันทร์ไพร[1] ดวงกมล เตชะพิทักศาสน์[1] และ วรัญญา ทิพย์พิมล[1]

Lichanporn, I.[1], Chanpai, S.[1], Tachapithaksas, D.[1] and Tippimol, W.[1]

## Abstract

The objective of this research was to study physical-chemical and sensory acceptance qualities of gummy candies from dragon fruit peel. Dragon fruit juice was added in gummy candies at different percentages (0, 25, 50, 75 and 100% concentration in water). Springiness and cohesiveness of gummy candies were not significantly difference between dragon fruit peel juice at 25, 50, 75 and 100% and the control. Gummy candies from dragon fruit peel juice at 25, 50 and 75% had increased gumminess and chewiness compared to 0 and 100% dragon fruit peel juice. The pH, antioxidant content and total phenolic content of gummy candies increased with all concentrations of dragon fruit peel juice. The pH, antioxidant, and total phenolic contents were highest in gummy cadies with 100% dragon fruit peel juice. Texture and overall acceptance of gummy candies from 100% dragon fruit peel juice was not significantly difference from the control.

**Keywords:** dragon fruit peel, total phenolic content, antioxidant activity

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกร น้ำจากเปลือกแก้วมังกรนำมาผลิตกัมมี่ที่ความเข้มข้นต่างๆ (ร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 ของปริมาตรน้ำ) ค่าความสามารถในการคืนตัว และค่าการยึดเกาะกันของเนื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่จากน้ำเปลือกแก้วมังกรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างน้ำเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 25 50 75 และ 100 กับชุดควบคุม กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 25 50 และ 75 มีค่าความเหนียว และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวเพิ่มขึ้นมากกว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่จากน้ำเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 0 และ 100 อย่างมีนัยสำคัญ ค่าความเป็นกรด ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของกัมมี่ทุกความเข้มข้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามการเติมปริมาณน้ำเปลือกแก้วมังกร และมีปริมาณสูงสุดในผลิตภัณฑ์กัมมี่จากน้ำเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 100 ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของกัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 100 ไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม

**คำสำคัญ:** เปลือกแก้วมังกร โพลีฟีนอล สารต้านอนุมูลอิสระ

## บทนำ

แก้วมังกรเป็นผลไม้ที่มีเปลือกสีแดงและมีเนื้อสีขาวหรือสีแดง คนไทยนิยมบริโภคแก้วมังกรเฉลี่ย 6,000 ตันต่อปี โดยมีส่วนเปลือกเหลือทิ้ง 180 ตันต่อปี (ASTV ผู้จัดการออนไลน์, 2550) ภายในเปลือกของผลแก้วมังกรนั้นมีสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากมายอาจมีคุณค่าทางอาหารและทางยามากกว่าเนื้อของผลแก้วมังกร โดยเฉพาะแหล่งของเบต้าไซยานิน รงควัตถุที่ให้สีแดง ซึ่งอยู่ในกลุ่มของสารกลุ่ม Betalains (กรรณิการ์ และ ปราณี, 2552; Herbach และ คณะ, 2006) จากการศึกษาของ กมลลักษณ์ และ วรพจน์ (2557) พบว่าเปลือกแก้วมังกรมีสารฟีนอลิกทั้งหมดเป็นองค์ประกอบ 29.98 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกในตัวอย่างแห้ง 1 กรัม ในขณะที่เบต้าไซยานินซึ่งเป็นสารสำคัญในเปลือกแก้วมังกรพบเป็นองค์ประกอบเท่ากับ 0.88 มิลลิกรัม ในตัวอย่างแห้ง 100 กรัม หลังการสกัดเปลือกแก้วมังกรด้วยน้ำกลั่นพบว่าสารสกัดที่ได้มีสีแดงเข้ม มีค่า pH ระหว่าง4.0–4.5 นอกจากนี้พบว่าสารสกัดเปลือกแก้วมังกร สามารถออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS และแสดงความสามารถในการฟอกจางสีเบต้าแคโรทีน โดยมีค่า $IC_{50}$ เท่ากับ 0.043 0.200 และ 1.966 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

---

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala Univerisity of Technology Thanyaburi , Pathum Thani 12130

ดังนั้นการนำเปลือกแก้วมังกรที่มีสารเหล่านี้มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานที่เด็กและวัยรุ่นชอบทาน โดยกัมมี่เยลลี่ผลิตจากน้ำ น้ำตาล และเจลาติน มีลักษณะแห้งไม่ติดมือ มีเนื้อสัมผัสเหนียวหนึบ แล้วอาจคลุกด้วยน้ำตาลหรือแป้งบริโภค (ศิมาภรณ์ และคณะ, 2546) ซึ่งการผลิตกัมมี่เยลลี่จากเปลือกแก้วมังกรจะเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้แก่ผลิตภัณฑ์ รวมทั้งเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ-เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกัมมี่เยลลี่จากเปลือกแก้วมังกร

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำเปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวมาล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จากนั้นนำมาทำผลิตภัณฑ์กัมมี่ โดยมีส่วนประกอบดังนี้ น้ำเปล่า 100 กรัม เจลาติน 250 Bloom 30 กรัม น้ำตาลทราย 100 กรัม กรดซิตริก 1 กรัม โดยทดแทนน้ำเปล่าด้วยน้ำเปลือกแก้วมังกรเป็นร้อยละ 0 (ควบคุม) 25 50 และ 100 ของปริมาตรน้ำ แบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกนำน้ำ/น้ำเปลือกแก้วมังกรผสมกับน้ำตาลให้เข้ากันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ส่วนที่สองนำน้ำ/น้ำเปลือกแก้วมังกรผสมกับเจลาติน 250 Bloom (การผสมเจลาตินต้องค่อยๆ โรยผงเจลาตินลงในน้ำรอให้เจลาตินอิ่มตัว) จากนั้นเทผสมทั้งสองส่วนให้เข้ากัน เติมกรดซิตริก แล้วผสมให้เข้ากันอีกครั้งจึงเทลงพิมพ์ รอให้อุณหภูมิลดลง แล้วนำเข้าตู้เย็นเพื่อให้กัมมี่เซตตัว วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้ วิเคราะห์เนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture Analyser หัววัด P/36R ความเร็วในการวัด 1.0 mm/s วัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) โดยใช้ pH meter วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้ Hand Refractometer การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin Ciocalteu Colorimetric Method (ดัดแปลงจาก วิไลพร, 2551) การทดสอบฤทธิ์ต่อสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี 1,1-Diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH) (ดัดแปลงจาก บังอร และ ศิริลักษณ์, 2549) และการวิเคราะห์ความชอบทางด้านประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการทดสอบความชอบ (Hedonic scale) มีระดับคะแนน 1- 9 แบ่งระดับความชอบได้ดังนี้ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ปัจจัยที่ทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบ

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะของผลิตภัณฑ์กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 0 มีสีเหลืองใส และกัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 25 50 75 และ 100 จะมีสีแดงอ่อนไปจนถึงสีแดงเข้มมากขึ้นตามปริมาณของน้ำเปลือกแก้วมังกรที่เพิ่มขึ้น ลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรทุกความเข้มข้นจะค่อนข้างเหนียวนุ่ม และมีความยืดหยุ่นดี (Figure 1) ผลิตภัณฑ์กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 มีค่าความสามารถในการคืนตัว (springiness) และค่าการยึดเกาะกันของเนื้อ (cohesiveness) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนค่าความเหนียว (gummines) และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness)ของผลิตภัณฑ์กัมมี่ร้อยละ 25 50 และ 75 มีปริมาณเพิ่มขึ้นสูงมากกว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่ร้อยละ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 100 มีค่าความเหนียวและค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (Table 1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำเปลือกแก้วมังกรเพิ่มขึ้น การเพิ่มปริมาณน้ำเปลือกแก้วมังกรในผลิตภัณฑ์จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเปรี้ยวลดลง ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดสูง จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์กัมมี่ที่มีความหนืดและความแข็งแรงของเจลต่ำ เพราะความเป็นกรดมีผลต่อการควบคุมสภาพความเป็นกรดด่างในตัวผลิตภัณฑ์โดยความเป็นกรดด่างมีผลในการป้องกันการเกิดอินเวอร์ชั่นของน้ำตาล ป้องกันการเกิดไฮโดรไลวิสของเจลาตินซึ่งมีผลให้ความแข็งแรงของเจลาตินลดลง (Woo, 1996) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของกัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 มีแนวโน้มลดลง กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 100 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุด ขณะที่กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 0 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำสุด ผลิตภัณฑ์กัมมี่จากน้ำเปลือกแก้วมังกร ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 100 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 131.95 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิค และร้อยละ 49.89 ตามลำดับ เนื่องจากในเปลือกแก้วมังกรมีสารเบต้าไซยานิน ซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟีนอลิก โดยสารนี้จะทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอน หรือให้ไฮโดรเจน และยังกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปแอคทีฟ จากคุณสมบัตินี้จึงทำให้สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (ฐิติกานต์,

2551) ดังนั้นจาก Table 2 จึงพบว่าสารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำเปลือกแก้วมังกร จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับกัมมี่จากเปลือกแก้วมังกร ร้อยละ 100 มากที่สุด คือ 7.70 คะแนน เนื่องจากมีสีแดงเข้มที่สุด และเมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรทุกความเข้มข้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 3) อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุดในผลิตภัณฑ์กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 100

## สรุปผล

จากการนำน้ำจากเปลือกแก้วมังกรมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กัมมี่ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 พบว่า ลักษณะของผลิตภัณฑ์กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 0 มีสีเหลืองใส และกัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 100 มีสีแดงเข้ม ลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม และมีความยืดหยุ่นดี โดยมีค่าความเหนียว และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวไม่แตกต่างกัน แต่ผลิตภัณฑ์กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 100 มี มีค่าความเป็นกรด ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม มากที่สุด โดยมีลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

## คำขอบคุณ

ขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ได้สนับสนุนการนำเสนอผลงานครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

ASTV ผู้จัดการออนไลน์, 2550, ไอเดียเด็กเก่ง “เปลือกแก้วมังกร” สกัดสีได้ทั้งผสมอาหารและแต่งหน้า [สืบค้น], http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9500000037490 [25/ March/ 2012].

Herbach, K.M., Rohe, M., Stintzing, F.C. and Carle, R., 2006a, Structural and Chromatic Stability of Purple Pitaya (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton and Rose) Betacyanins as Affected by the Juice Matrix and Selected Additives, Food Research International, 39: 667-677.

Herbach, K.M., Stintzing, F.C. and Carle, R., 2006b, Betalain Stability and Degradation-Structural and Chromatic Aspects, Journal of Food Science, 71: R41-R50.

Woo, A., 1996, Use of Organic Acids in Confectionery. The Manufacturing Confectioner 78(8): 63-70.

กมลลักษณ์ มาลำโรง และวรพจน์ สุนทรสุข, 2557, ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและต้านแบคทีเรียของสารสกัดเปลือกแก้วมังกร, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45(2)(ฉบับพิเศษ): 269-272.

กรรณิการ์ สอนโยธา และปราณี อ่านเปรื่อง, 2552, สารออกฤทธิทางชีวภาพและความคงตัวของเบต้าไซยานินจากเปลือกและเนื้อแก้วมังกรพันธุ์เนื้อแดง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(1): 15–18.

ฐิติกานต์ ปัญโญใหญ่, 2551, กิจกรรมต้านออกซิเดชันของสาหร่ายเตา *Spirogyra neglecta* (Hassall), วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 5-13.

บังอร วงศ์รัก และศิริลักษณ์ ปิยสุวรรณ, 2549, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพืชบ้าน, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาสรีรวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิไลพร ปองเพียร, 2551, การศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในฟักแม้ว, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

ศิมาภรณ์ มีแสง ไพศาล วุฒิจำนง รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ มานิต และสุมนรัตน์ ชื่นพุฒิ, 2546, ผลของเจลาตินอัตราส่วนของซูโครส กลูโคสไซรัป และกรดซิตริกต่อสมบัติทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่, ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 (20-27). กรุงเทพมหานคร: สำนักหอสมุด ม.เกษตรศาสตร์.

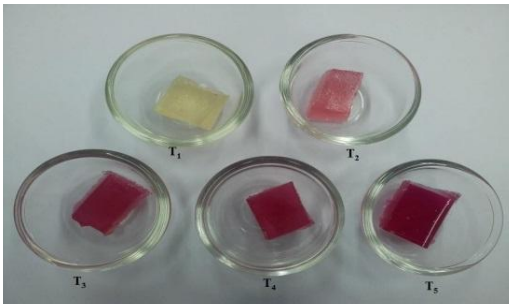



**Figure 1** Gummy candy made from juice of dragon fruit peel at different concentrations; 0% (T1), 25% (T2), 50% (T3), 75% (T4) and 100% (T5)

**Table 1** Texture characteristics of gummy candy from juice of dragon fruit peel

| Juice of dragon fruit peel (%) | Springiness (mm) ns | Cohesiveness (mm)ns | Gummines (kg) 1/ | Chewiness (kg.mm) 1/ |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.99±0.01 | 0.93±0.02 | 2.27±0.06 c | 2.24±0.05b |
| 25 | 0.97±0.02 | 0.92±0.01 | 2.94±0.23 a | 2.87±0.23a |
| 50 | 0.98±0.01 | 0.91±0.06 | 2.88±0.28 ab | 2.82±0.31a |
| 75 | 0.95±0.03 | 0.90±0.02 | 3.09±0.27 a | 2.95±0.25a |
| 100 | 0.95±0.02 | 0.89±0.01 | 2.51±0.03 bc | 2.39±0.05b |

1/Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences (P≤0.05)

ns Not significantly different

**Table 2** Chemical properties of gummy candy from juice of dragon fruit peel

| Juice of dragon fruit peel (%) | pH1/ | Titratable acidity (%)1/ | Total soluble solids (°Brix) 1/ | Total phenolic content (mg GAE/ml) 1/ | Antioxidant content (% inhibition) 1/ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 3.01 ±0.50 b | 0.22±0.05 a | 53.33±1.53 c | 3.97±0.01 | 0.95±0.42 |
| 25 | 3.07±0.28 b | 0.18±0.05 b | 53.67±1.15 b | 52.26 ±0.78 d | 20.96±0.48 d |
| 50 | 3.30 ±0.36 ab | 0.17±0.05 c | 54.33±1.15 ab | 86.25 ±0.94 c | 34.64 ±0.99 c |
| 75 | 3.43 ±0.31 ab | 0.15±0.05 d | 55.00±1.00 ab | 106.11±0.71 b | 39.77 ±0.41 b |
| 100 | 3.96±0.25 a | 0.15±0.1 d | 56.67±1.53 a | 131.95±0.99 a | 49.89 ±0.85 a |

1/Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences (P≤0.05)

ns Not significantly different

**Table 3** Sensory characteristics of gummy candy from juice of dragon fruit peel

| Juice of dragon fruit peel (%) | Properties | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Color1/ | Odorns | Tastens | Texturens | Overallns |
| 0 | 6.10±1.77 c | 6.10±1.40 | 6.70±1.47 | 6.87±1.64 | 6.80±1.52 |
| 25 | 6.50±1.36 bc | 6.10±1.52 | 6.76±1.72 | 6.93±1.55 | 6.87±1.30 |
| 50 | 7.10±1.40 ab | 6.17±1.41 | 6.87±1.53 | 7.03±1.18 | 6.90±1.28 |
| 75 | 6.97±1.33 ab | 6.27±1.39 | 6.93±1.64 | 7.07±1.53 | 6.93±1.37 |
| 100 | 7.70±1.24 a | 6.30±1.37 | 7.00±1.53 | 7.10±1.52 | 7.10±1.38 |

1/Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences (P≤0.05)

ns Not significantly different

# ผลของน้ำสมุนไพรต่อคุณภาพในเส้นบะหมี่สด

# Effect of Herbal Juice on Quality of Wet Noodles

อินทิรา ลิจันทร์พร[1] กรรณิกา ปภุสโร[1] ใยเนตร สืบทอง[1] และ นพพล ชั่งโต[1]

Lichanporn, I.[1], Paphusaro, K.[1], Seabthong, Y.[1] and Changto, N.[1]

## Abstract

The effect of herbal juice from ginger, finger root, goto kola (*Centella asiatica*), basil, mint and turmeric on the quality of wet noodles was evaluated. Results showed that wet noodles with water, ginger, finger root and turmeric had light yellow and dark yellow hues related to high *L** value. Wet noodles containing goto kola, basil and mint juice had light green and dark green (low *L** value). Cooking loss of wet noodles comprising basil juice was highest. Compared to the control, wet noodles with goto kola had higher cooking loss, moisture, ash, antioxidant content and overall acceptance. Although, wet noodles with turmeric had high ash and fiber content and the highest antioxidant levels, overall acceptance was low due to unsatisfactory of turmeric flavor from panel test.

**Keywords:** herbs, wet noodles, antioxidant

## บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของน้ำสมุนไพร ทั้ง 6 ชนิดได้แก่ ขิง กระชาย ใบบัวบก โหระพา สะระแหน่และขมิ้น ต่อคุณภาพในเส้นบะหมี่สด เปรียบเทียบกับน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) พบว่าบะหมี่ที่ผสมน้ำเปล่า ขิง กระชาย และขมิ้นจะมีสีเหลืองอ่อนไปจนเหลืองเข้ม สอดคล้องกับค่าความสว่าง (*L**) ที่มีค่าสูง ส่วนบะหมี่สดที่ผสมน้ำใบบัวบก โหระพา และสะระแหน่มีสีเขียวอ่อนจนเขียวเข้ม (ค่า *L** ต่ำ) บะหมี่ที่ผลิตจากน้ำโหระพามีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มมากที่สุด ส่วนบะหมี่ที่ผสมน้ำใบบัวบกมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ค่าความชื้น เถ้า สารต้านอนุมูลอิสระและมีความชอบโดยรวมสูงกว่าบะหมี่ที่ผสมน้ำเปล่า ในขณะที่บะหมี่สดที่ผสมน้ำขมิ้นมีปริมาณเถ้าและเส้นใยสูง และที่สำคัญคือมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด แต่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุดเนื่องจากผู้ทดสอบไม่ชอบกลิ่นและรสชาติของขมิ้น

**คำสำคัญ:** สมุนไพร บะหมี่สด สารต้านอนุมูลอิสระ

## บทนำ

บะหมี่เป็นอาหารหลักของชาวเอเชีย และมีการบริโภคเป็นอันดับสองของโลกรองจากขนมปัง (Ding และ Zheng, 1991) ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่นิยมบริโภคบะหมี่ โดยบะหมี่สามารถเตรียมได้ง่าย สะดวก ราคาไม่แพง เก็บได้นาน และดัดแปลงเป็นอาหารอื่นๆ ได้หลายประเภท (นฤมล และคณะ, 2554) บะหมี่สดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้งสาลีมานวดกับน้ำหรือสารละลายด่างจนเหนียว และทำเป็นเส้น ม้วนเป็นก้อน โดยองค์ประกอบสำคัญในแป้งเป็นสตาร์ชโปรตีน เอนไซม์ และสี ซึ่งทำให้บะหมี่ขาดคุณค่าทางอาหารในด้านวิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระ หากรับประทานเข้าไปมากจะทำให้ได้รับคาร์โบไฮเดรตหรือน้ำตาลมาก ดังนั้นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารในบะหมี่ด้วยสมุนไพรต่างๆ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคได้ โดยสมุนไพร เช่น ใบบัวบกมีกรดมาเดคาสสิก กรดอะเซียติก และสารอะเซียติโคไซด์ นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและต้านอนุมูลอิสระ (สุนทรี, 2544) ขมิ้นมีสารประกอบที่สำคัญ เป็นน้ำมันหอมระเหย และในเหง้ายังมีสารสีเหลืองส้มที่เรียกว่าเคอร์คูมิน มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและต้านอนุมูลอิสระ (จินดาพร, 2551) กระชายประกอบด้วยสาร alpinetin, pinocembrin, cardamonin, boesenbergin A, pinostrobin และน้ำมันหอมระเหย และยังพบ chavicinic acid อีกด้วย (สุนทรี, 2544) โหระพาช่วยในการย่อยอาหาร แก้อาการจุกเสียด แน่นท้อง เพราะในโหระพาสามารถช่วยขับลมในลำไส้ได้เป็นอย่างดี สารเคมีที่สกัดจากใบคือ น้ำมันหอมระเหย ประกอบด้วย Ocimine, alpha-pinene, 1, 8- cineole, eucalyptol, linalool, geraniol, limonene, eugenol, methyl chavicol, eugenol methyl ether methyl cinnaminate, 3- hexen -1- ol, estragol (สุนทรี, 2544) ขิงพบสารเคมีที่สกัดได้จากเหง้า

---

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala Univerisity of Technology Thanyaburi , Pathum Thani 12130

คือ Gingerol Zingiberene, Zingiberone Zingiberonol, Shogoal, Fenchone, Camphene Cineol Citronellol ในน้ำมันหอมระเหยพบสาร Bisabolene, Zingiberone Zingiberol, Zingiberene, Limonene, Citronellol Gingerol, Camphene, Borneol, Cineol ต้นพบ 5 - (1) - 6 – Gingerol และใบพบ Shikimic acid (สุนทรี, 2544) สะระแหน่สารสำคัญที่พบในใบและลำต้นมีน้ำมันหอมระเหย ซึ่งประกอบด้วยสารเมนทอล (Menthol) ไลโมนีน (Limonene) นีโอเมนทอล (Neomenthol) (สุนทรี, 2544) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสมุนไพรต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของบะหมี่สด

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การเตรียมน้ำสมุนไพร** คัดเลือกใบบัวบก ขมิ้น กระชาย โหระพา ขิงและสะระแหน่ ล้างน้ำทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำ มาบดด้วยเครื่องปั่นอาหาร โดยใช้อัตราส่วน 1: 1 (สมุนไพร 100 กรัมต่อน้ำสะอาด 100 กรัม) นำมากรองด้วยกระชอนตาละเอียด แยกกากออก

**การผลิตบะหมี่สมุนไพร** ชั่งส่วนผสมได้แก่ แป้งสาลีเอนกประสงค์ 190 กรัม ไข่ไก่ 32 กรัม เกลือป่น 5 กรัม น้ำ 70 กรัม และโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.6 กรัม โดยละลายเกลือ โซเดียมไบคาร์บอเนต และไข่ไก่ในน้ำสมุนไพร จากนั้นนำแป้งสาลีมาผสม แล้วนวดส่วนผสมจนเนียน พักแป้งไว้ 20 นาที นำก้อนแป้งที่ได้เข้าเครื่องรีด มีความหนา 1 มิลลิเมตร ตัดเป็นเส้นขนาดกว้าง 1.5 มิลลิเมตร และมีความยาว 30 เซนติเมตร จะได้เส้นบะหมี่สด (ดัดแปลงมาจาก สมศักดิ์, 2554)

**การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่** การวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Color Reader CR.10) รายงานเป็นค่าความสว่าง (L*) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) (AOAC, 2000) การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 2000) การวิเคราะห์เถ้า (AOAC, 2000) การวิเคราะห์เส้นใย (AOAC, 2000) การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 1,1-Diphenyl-1-picryhydrazyl ( DPPH ) (Lee และ Shibamoto, 2002) และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการใช้แบบทดสอบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scaling) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบอายุ 19-22 ปี จำนวน 60 คน การเตรียมตัวอย่างสำหรับชิมทำได้โดยนำบะหมี่ล้างน้ำ ลวกน้ำร้อน 2 นาที ที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส และล้างน้ำอีกครั้ง ทำให้สะเด็ดน้ำ คลุกน้ำมัน แล้วนำมาเสิร์ฟแก่ผู้ทดสอบชิม

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design; CRD ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test; DMRTที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับการประเมินคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design; RCBD ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test; DMRTที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการนำสมุนไพรทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ ใบบัวบก ขมิ้น กระชาย โหระพา ขิงและสะระแหน่ มาผสมในการทำบะหมี่สด ลักษณะของเส้นบะหมี่สดที่ผสมน้ำเปล่า ขิง และกระชาย มีสีสว่าง และในขณะที่บะหมี่ที่ผสมใบบัวบก โหระพา และสะระแหน่ มีสีเขียวเข้ม ส่วนบะหมี่สดที่ผสมขมิ้นจะมีสีเหลืองเข้ม (Figure 1) สอดคล้องกับ L* ของบะหมี่ใบบัวบกมีค่าความสว่างต่ำสุด (Table1) เนื่องจากมีส่วนผสมสีเขียวของใบบัวบกจึงทำให้บะหมี่มีสีคล้ำ ส่วนบะหมี่น้ำกระชายมีค่าความสว่างสูงสุด ทำให้ค่าความสว่างของบะหมี่น้ำกระชายมีค่ามากสุด จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มพบว่า บะหมี่น้ำโหระพามีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.33% (Table 1) อาจเนื่องจากองค์ประกอบที่เป็นเส้นใยอาหารในน้ำสมุนไพรไปขัดขวางการเชื่อมโครงสร้างของโปรตีนกับสตาร์ชในบะหมี่ ทำให้เส้นบะหมี่ไม่แข็งแรงซึ่งมีผลให้เม็ดสตาร์ชเกิดการแตกออกในระหว่างการต้มและยังส่งผลให้อะไมโลสหลุดออกเม็ดสตาร์ชอยู่ในน้ำระหว่างการต้มมากขึ้น (Tudorica และคณะ, 2002) จากการวิเคราะห์หาค่าความชื้นในบะหมี่สดที่ผสมน้ำโหระพา สะระแหน่ และขมิ้น มีความชื้นน้อยกว่าบะหมี่สดที่ผสมน้ำเปล่า ขิง กระชาย และใบบัวบก จากการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าในบะหมี่สมุนไพรที่ใช้น้ำสมุนไพรเป็นส่วนผสมพบว่า ปริมาณเถ้าในบะหมี่น้ำใบบัวบกมีปริมาณเถ้าเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.18% รองลงมาคือ บะหมี่น้ำขมิ้น บะหมี่น้ำกระชาย บะหมี่น้ำขิงและบะหมี่น้ำโหระพา โดยมีปริมาณเถ้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.72-2.90% บะหมี่น้ำสะระแหน่ มีปริมาณเถ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.59% และบะหมี่ควบคุม (น้ำเปล่า) พบว่ามีปริมาณเถ้าต่ำสุดโดยเฉลี่ยคือ 2.15% ทั้งนี้เนื่องจาก ใบบัวบกมีแร่ธาตุ พวกแคลเซียม ฟอสฟอรัสและเหล็กมากกว่าสมุนไพรชนิดอื่นและการใช้น้ำเปล่า (กองโภชนาการ, 2535) จึงส่งผลให้มีปริมาณเถ้าสูง จากการวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยในบะหมี่สมุนไพรที่ใช้น้ำสมุนไพร

เป็นส่วนผสมพบว่า ปริมาณเส้นใยในบะหมี่น้ำขิงมีปริมาณเส้นใยสูงมากกว่าบะหมี่สูตรอื่นเฉลี่ยสูงสุดคือ 0.88% ซึ่งใยอาหารของขิงใน 100 กรัม จะมีอยู่ 0.80 กรัม (กองโภชนาการ, 2535) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในบะหมี่สมุนไพรนั้นจะมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าบะหมี่ที่ใช้น้ำเปล่าในส่วนผสม โดยเฉพาะการผสมน้ำขมิ้นในสูตรมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ 18.88% รองลงมาคือ บะหมี่น้ำขิง บะหมี่น้ำโหระพา บะหมี่น้ำใบบัวบก บะหมี่น้ำกระชาย และบะหมี่น้ำสะระแหน่ โดยมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยคือ 16.84% 14.88% 13.71% 13.13% และ 13.05% ตามลำดับ ในขณะที่บะหมี่ควบคุมพบว่ามีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยต่ำสุด 12.59% ในสมุนไพรอาจมีสารอื่นที่มีคุณสมบัติต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ เบต้า-แคโรทีน แคโรทีนอยด์ วิตามินซีและวิตามินเอ จึงส่งผลให้บะหมี่สมุนไพรแต่ละชนิดมีสารต้านอนุมูลอิสระ (สมศักดิ์, 2554) และที่บะหมี่น้ำขมิ้นมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เนื่องจากมีสารสีเหลืองแกมส้มที่เรียกว่า เคอร์คูมินอยู่ (จินดาพร, 2551) การทดสอบทางประสาทสัมผัสบะหมี่สมุนไพรที่ใช้สมุนไพรแตกต่างกัน โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 60 คน ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าบะหมี่ที่ผสมน้ำใบบัวบกได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุดไม่แตกต่างจากบะหมี่ที่ผสมน้ำเปล่า น้ำขิง น้ำกระชาย และน้ำสะระแหน่ โดยมีความโดดเด่นด้านสี ในขณะที่บะหมี่ที่ผสมน้ำขมิ้นจะมีสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมมีคะแนนน้อยที่สุด (Table 2)

## สรุปผล

บะหมี่สดที่ผสมสมุนไพรต่าง ๆ จะมีสีตามสีของสมุนไพร โดยบะหมี่ที่ผสมน้ำขิง กระชาย และขมิ้นจะมีสีเหลืองอ่อนไปจนเหลืองเข้ม และบะหมี่สดที่ผสมน้ำใบบัวบก โหระพา และสะระแหน่มีสีเขียวอ่อนจนเขียวเข้ม บะหมี่ที่ผสมน้ำใบบัวบกมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ความชื้น เถ้า สารต้านอนุมูลอิสระและมีความชอบโดยรวมสูงกว่าบะหมี่ที่ผสมน้ำเปล่า ส่วนบะหมี่ที่ผสมน้ำขมิ้นมีสีเหลืองเข้มจึงทำให้ค่าความสว่างค่อนข้างต่ำ มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มน้อย แต่มีปริมาณเถ้า เส้นใย และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด แต่มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสค่อนข้างต่ำ จากผู้ทดสอบไม่ชอบกลิ่นและรสชาติของขมิ้นจึงมีคะแนนด้านกลิ่นต่ำ

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ทุนในการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ, 2535, ตารางคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพมหานคร.

จินดาพร คงเดช, 2551, การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและสารต้านอนุมูลอิสระจากพืช เพื่อใช้ในการผลิตเครื่องสำอางค์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมศักดิ์ ศิริขันธ์, 2554, การผลิตและการยอมรับบะหมี่กะเพรา, วิทยานิพนธ์ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์เพื่อพัฒนาชุมชน, มหาวิทยารามคำแหง.

สุนทรี สิงหบุตรา, 2544, สรรพคุณสมุนไพร, สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สวนจิตรลดา, กรุงเทพฯ

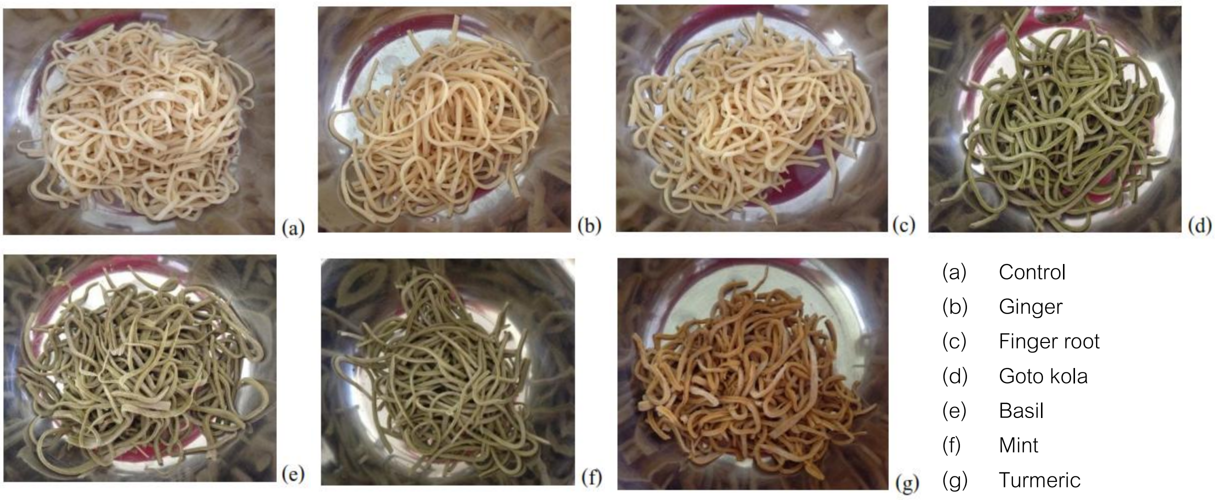
นฤมล พงษ์รามัญ สิรินันท์ พ้นภัย และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2554, ผลของการเติมผักโขมผงต่อคุณภาพของบะหมี่แห้ง วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2)(พิเศษ): 477-480.

Association of Official Analytical Chemists, 2000, Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists ($13^{th}$ ed), Menasha, WI: George Banta.

Lee, K.G. and Shibamoto, T., 2002, Determination of Antioxidant Potential of Volatile Extracts Isolated from Various Herb and Spices, Journal of Agricultural Food Chemistry, 50: 4947-4952.

Ding, X.L. and Zheng, J.X., 1991, Steamed Bread and Noodles in China, Royal Australian Chemistry institute, Melbourne, Australia.

Tudorica, C.M., Kuri, V. and Brennan, C.S., 2002, Nutritional and Physicochemical Characteristics of Dietary Fiber Enriched Pasta, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 347-356.




(a) Control
(b) Ginger
(c) Finger root
(d) Goto kola
(e) Basil
(f) Mint
(g) Turmeric

**Figure 1** Visual appearances of wet noodles from 6 herbal juice; compared to water (control; (a)), ginger (b),finger root (c), goto kola (d), basil (e), mint (f), and turmeric (g)

**Table 1** L*, cooking loss, moisture, ash, fiber and DPPH assay of wet noodles from herbal juices (ginger, finger root, goto kola, basil, mint, and turmeric) and water

| Juice of herbs | L* | Cooking loss (%) | Moisture (%) | Ash (%) | Fiber (%) | DPPH assay (% scavenging) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Water (control) | 64.23$^{b}$ | 1.60$^{a}$ | 32.69$^{c}$ | 2.15$^{a}$ | 0.65$^{ab}$ | 12.59$^{a}$ |
| Ginger | 62.53$^{b}$ | 1.73$^{a}$ | 31.58$^{b}$ | 2.83$^{bc}$ | 0.88$^{b}$ | 16.84$^{cd}$ |
| Finger root | 65.40$^{b}$ | 2.07$^{ab}$ | 33.22$^{c}$ | 2.87$^{bc}$ | 0.32$^{a}$ | 13.13$^{ab}$ |
| Goto Kola | 48.80$^{a}$ | 1.87$^{ab}$ | 34.82$^{d}$ | 3.18$^{c}$ | 0.65$^{ab}$ | 13.71$^{ab}$ |
| Basil | 53.63$^{a}$ | 4.33$^{b}$ | 30.11$^{a}$ | 2.72$^{bc}$ | 0.44$^{a}$ | 14.88$^{bc}$ |
| Mint | 52.73$^{a}$ | 0.73$^{a}$ | 29.52$^{a}$ | 2.59$^{ab}$ | 0.43$^{a}$ | 13.05$^{ab}$ |
| Turmmeric | 51.97$^{a}$ | 0.80$^{a}$ | 29.71$^{a}$ | 2.90$^{bc}$ | 0.63$^{ab}$ | 18.88$^{d}$ |

Means of the same column with different superscripts indicating significant differences ($P \leq 0.05$)

**Table 2** Sensory scores of wet noodles as affected by herbal juices (ginger, finger root, goto kola, basil, mint, and turmeric) and water

| Juice of herbs | Color | Odor | Taste | Texture | Overall acceptability |
|---|---|---|---|---|---|
| Water (control) | 6.90$^{c}$ | 6.63$^{bc}$ | 6.72$^{b}$ | 6.68$^{ab}$ | 6.92$^{bc}$ |
| Ginger | 6.87$^{c}$ | 6.83$^{c}$ | 6.42$^{ab}$ | 6.65$^{ab}$ | 6.82$^{bc}$ |
| Finger root | 6.70$^{bc}$ | 6.30$^{b}$ | 6.43$^{ab}$ | 6.73$^{b}$ | 6.67$^{bc}$ |
| Goto Kola | 6.97$^{c}$ | 6.75$^{c}$ | 6.67$^{b}$ | 6.70$^{b}$ | 7.03$^{c}$ |
| Basil | 6.43$^{ab}$ | 6.45$^{bc}$ | 6.22$^{ab}$ | 6.47$^{ab}$ | 6.62$^{b}$ |
| Mint | 6.77$^{bc}$ | 6.42$^{bc}$ | 6.43$^{ab}$ | 6.35$^{a}$ | 6.75$^{bc}$ |
| Turmmeric | 6.15$^{a}$ | 5.87$^{a}$ | 6.02$^{a}$ | 6.53$^{ab}$ | 6.17$^{a}$ |

Means of the same column with different superscripts indicating significant differences ($P \leq 0.05$)

# ผลของการใช้ใบขลู่ผงเป็นส่วนประกอบของไอศกรีมไขมันต่ำ

# Effect of Using Indian Marsh Fleabane Leaf Powder as an Ingredient in Low Fat Ice Cream

**วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] สิริมา ชินสาร[1] และ นิสานารถ กระแสร์ชล[1]**
Yuenyongputtakal, W.[1], Chinnasarn, S.[1] and Krasaechol, N.[1]

## Abstract

The addition of Indian marsh fleabane leaf powder as an ingredient in low fat ice cream was studied. The experiment was carried out by varying Indian marsh fleabane leaf powder content as 0% 0.5% 1.0% and 1.5% by weight. It was found that increasing the amount of Indian marsh fleabane leaf powder in low fat ice cream tended to increase a*, b* and ice cream mix viscosity, but decrease overrun value. Low fat ice cream added with 1.0% Indian marsh fleabane leaf powder received the highest liking score (7.18-8.57) from 9-point hedonic scale testing, and also panelist gave the highest rate of "just right" (84-89%)($p<0.05$) from "just about right" testing scale. Addition of Indian marsh fleabane leaf powder at 1.0% to low fat ice cream resulted in a significant increase of phenolic content and free radical inhibition compared to the control ice cream ($p<0.05$).
**Keywords:** Indian marsh fleabane leaf powder, low fat ice cream, free radical inhibition

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำใบขลู่ผงมาใช้เป็นส่วนประกอบของไอศกรีมไขมันต่ำ โดยการแปรปริมาณการเติมใบขลู่ผงในปริมาณ 0% 0.5% 1.0% และ 1.5% โดยน้ำหนัก จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มใบขลู่ผงในไอศกรีมไขมันต่ำมีแนวโน้มทำให้ค่าสี a* b* และ ความหนืดของไอศกรีมเหลวเพิ่มขึ้น แต่ค่าการขึ้นฟูลดลง การเติมใบขลู่ผง 1.0% ในไอศกรีมไขมันต่ำ ทำให้ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส (7.18-8.57) สูงที่สุด ($p<0.05$) จากการทดสอบความชอบวิธี 9-point hedonicscale และมีจำนวนผู้ทดสอบยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสว่าพอดีแล้ว (84-94%) มากที่สุด ($p<0.05$) โดยการเติมใบขลู่ผง 1.0% มีผลทำให้ไอศกรีมไขมันต่ำมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นมากกว่าไอศกรีมสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
**คำสำคัญ**: ใบขลู่ผง ไอศกรีมไขมันต่ำ การยับยั้งอนุมูลอิสระ

## คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในอาหารสุขภาพกันมาก แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหนึ่งที่ได้รับความสนใจและมีศักยภาพสูง คือ การผลิตอาหารไขมันต่ำ นอกจากนี้การเสริมส่วนผสมจำพวกสมุนไพรไทยก็เป็นที่นิยมเช่นกัน ขลู่ (*Plucheaindica* (L.) Less.) เป็นไม้พุ่มที่มักพบบริเวณป่าชายเลนมีรายงานพบว่า ใบขลู่มีสารพฤกษเคมีกลุ่มสารประกอบฟีนอลที่เป็นประโยชน์ มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ดี (Traithip, 2005) สิริมา และคณะ (2556) สามารถพัฒนากรรมวิธีการผลิตใบขลู่ผงขนาดอนุภาคเล็ก พร้อมใช้งานเป็นส่วนผสมในอาหารได้ โดยยังคงมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (121.80 มิลลิกรัม GAE/ กรัมน้ำหนักแห้ง) และมีสมบัติการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระDPPH (88.58%) ดังนั้นเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ ซึ่งต้องการบริโภคอาหารสุขภาพที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับใบขลู่ จึงมีแนวคิดศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ใบขลู่ผงเป็นสารผสมอาหาร โดยเติมเป็นส่วนผสมในการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำ ไอศกรีมเป็นของหวานแช่แข็งชนิดหนึ่งที่มีน้ำ อากาศ โปรตีน น้ำตาล และไขมัน ได้จากการผสมส่วนผสม นำไปผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วนำไปปั่นในสภาวะที่เย็นจัดเพื่อเติมอากาศเข้าไปพร้อมๆกับการลดอุณหภูมิโดยอาศัยเครื่องปั่นไอศกรีม ไอศกรีมจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารนมที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และน่าจะสามารถเติมขลู่ผงเพื่อทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์และเสริมสารพฤกษเคมีได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณการเติมใบขลู่ผงต่อคุณภาพของไอศกรีมไขมันต่ำ

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, Saensuk, Muang, Chonburi 20131

## อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้ใบขลู่ผงที่เตรียมตามวิธีของ สิริมา และคณะ (2556) เตรียมจากการนำใบขลู่มาลวกในสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.06% แล้วทำแห้งโดยการคั่วใบขลู่เป็นเวลา 20 นาที ร่วมกับการอบแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความดัน 40 เซนติเมตรปรอท 57 นาที นำมาบดให้เป็นขลู่ผงที่มีอนุภาคขนาด 80 เมช แปรปริมาณการเติมใบขลู่ผงเพิ่มลงในไอศกรีมไขมันต่ำ คือ 0% 0.5% 1.0% และ 1.5%โดยน้ำหนัก สูตรไอศกรีมไขมันต่ำได้จาก กฤษติยา และนิภา (2556) มีส่วนผสมดังนี้คือ หางนมผง 11% มอลโตเด็กซ์ตริน 8% น้ำตาลทราย 8% ครีม 24% สารเพิ่มความคงตัว 0.65% และน้ำ 48.35% ควบคุมการผลิตไอศกรีม 5 ขั้นตอน ดังนี้คือ 1) การผสม โดยละลายส่วนของแห้งกับน้ำ เติมครีมและนำไปให้ความร้อนจนอุณหภูมิถึง 80 องศาเซลเซียสและคงไว้ 30 วินาที แล้วทำให้เย็นจนอุณหภูมิส่วนผสมถึง 55 องศาเซลเซียส แล้วผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นผสม 2) การพาสเจอร์ไรส์ โดยให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิให้ส่วนผสมมีอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 นาที 3) การทำให้เย็น โดยแช่ภาชนะส่วนผสมลงในอ่างน้ำจนอุณหภูมิส่วนผสมลดลงถึงอุณหภูมิห้อง 4) การบ่ม โดยนำส่วนผสมมาแช่ในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ได้เป็นส่วนผสมของไอศกรีมเหลว และ 5) การปั่นไอศกรีม โดยนำส่วนผสมที่บ่มแล้วมาปั่น 30 นาที จนไอศกรีมขึ้นฟูทั้งหมด ในขณะที่ปั่นไอศกรีมควบคุมอุณหภูมิให้ไม่เกิน 0 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนดเวลานำไอศกรีมเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ดังนี้คือ ค่าสีด้วยเครื่องวัดสีรายงานเป็นค่า L* a* และ b* ค่าความหนืดของไอศกรีมเหลวก่อนการแช่แข็ง ด้วยเครื่องวัดความหนืด ค่าการขึ้นฟู ความชอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale และการวัดความพอดี โดยวิธี Just about right scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คนรวมถึงเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และการยับยั้งอนุมูลอิสระDPPH ของไอศกรีมที่พัฒนาได้กับไอศกรีมสูตรควบคุม

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่า ค่าสี L* a* และ b* ของไอศกรีมแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าสี L* (ค่าความสว่าง) ของไอศกรีมสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมขลู่ผง มีค่าความสว่างมากที่สุด สอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เนื่องจากเนื้อของไอศกรีมมีสีขาว ค่าสี a* (มีค่าเป็นลบ (-) แสดงค่าความเป็นสีเขียว) พบว่า ไอศกรีมที่เติมขลู่ผงมากที่สุดคือ 1.5% มีค่าสีเขียวมากที่สุด สอดคล้องกับที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เนื่องจากมีการเติมขลู่ผงในปริมาณมากที่สุด ส่วนค่าสี b* (มีค่าเป็นบวก (+) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง) พบว่า ไอศกรีมที่เติมขลู่ผงทุกสิ่งทดลองมีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าไอศกรีมสิ่งทดลองควบคุม จาก Table 2 พบว่า ปริมาณใบขลู่ผงมีผลต่อค่าความหนืดของไอศกรีมเหลว ($p<0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณใบขลู่ผงมีผลให้ค่าความหนืดเพิ่มมากขึ้น ใบขลู่ผงสามารถช่วยเพิ่มความหนืดให้กับไอศกรีมได้ อาจเนื่องมาจากมีสมบัติในการละลายน้ำได้และสามารถดูดซับน้ำได้ไว้กับตัวเองได้ (สิริมา และคณะ, 2556) และอาจเนื่องมาจากในขั้นตอนการให้ความร้อนกับสารละลายผสม อาจมีผลทำให้องค์ประกอบภายในใบขลู่ผง จำพวกใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ได้รับความร้อน สามารถส่งเสริมการดูดซับน้ำไว้ได้มากขึ้นทำให้สารละลายผสมมีความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อนำสารละลายผสมดังกล่าวมาโฮโมจีไนซ์ และพาสเจอร์ไรด์จึงส่งผลให้องค์ประกอบดังกล่าวละลายผสมกับองค์ประกอบอื่นในสารละลายผสมทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น (Dikeman และคณะ, 2006) สำหรับค่าการขึ้นฟู ซึ่งเป็นคุณภาพที่สำคัญของไอศกรีมโดยค่าการขึ้นฟู หมายถึง ปริมาตรที่เพิ่มขึ้นของไอศกรีมจากส่วนผสมไอศกรีมเหลวเนื่องจากการอัดอากาศในระหว่างการผลิต แสดงถึงปริมาตรอากาศที่เพิ่มขึ้นของส่วนผสม หากไอศกรีมมีค่าการขึ้นฟูมาก หมายถึงปริมาตรของอากาศในไอศกรีมมีมาก และหากมีค่าการขึ้นฟูต่ำ หมายถึง ปริมาตรของอากาศในไอศกรีมลดลง แสดงถึงการจับอากาศไว้ในโครงสร้างไอศกรีมไม่ดี จาก Table 2 พบว่า ปริมาณการเติมขลู่ผงมีผลต่อการขึ้นฟูของไอศกรีมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าไอศกรีมสิ่งทดลองควบคุมมีค่าการขึ้นฟูสูงที่สุด ($p<0.05$) รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่เติมขลู่ผง 0.5% 1.0% และ 1.5% ตามลำดับ โครงสร้างหลักของไอศกรีมประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ ไขมัน โปรตีน และเซลล์อากาศ หากถูกรบกวนด้วยส่วนผสมอื่น อาจมีผลทำให้เม็ดไขมันไม่สามารถสร้างร่างแห (fat coalescence) ที่แข็งแรงเพียงพอที่จะกักเก็บอากาศที่ได้จากกระบวนการตีปั่นไอศกรีม ทำให้อัตราการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลง (Murtaza และคณะ, 2004)

จาก Table 3 พบว่า เมื่อเติมใบขลู่ผงในไอศกรีมไขมันต่ำตั้งแต่ 0.5-1.5% ได้รับคะแนนความชอบด้านสีมากกว่าสูตรควบคุม ($p<0.05$) คะแนนความชอบด้านกลิ่น พบว่าการเติมใบขลู่ผงเพิ่มมากขึ้น ตั้งแต่ 0.5-1.0% ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p\geq0.05$) แต่การเพิ่มปริมาณใบขลู่ผงเป็น 1.5% ได้รับความชอบด้านกลิ่นต่ำที่สุด ($p<0.05$)คะแนนความชอบด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน

พบว่า การเติมใบขลู่ผง 0.5% ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p≥0.05$) การเพิ่มปริมาณใบขลู่ผงเป็น 1.0% ทำให้คะแนนความชอบมากกว่าสูตรควบคุม และการเพิ่มปริมาณใบขลู่ผงถึง 1.5% ทำให้ได้รับคะแนนความชอบต่ำที่สุด ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนด้านความชอบโดยรวม พบว่า การเติมใบขลู่ผง 1.0% ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 8.15 ซึ่งหมายถึง ระดับชอบมาก จาก Table 4 เป็นผลจากการทดสอบด้วย Just about right scale พบว่ามีจำนวนผู้ทดสอบยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสไอศกรีมไขมันต่ำที่มีการเติมใบขลู่ผง 1.0% ว่าพอดีแล้ว (84-94%) มากที่สุด ($p<0.05$) จึงเป็นการยืนยันให้เห็นว่าไอศกรีมสูตรดังกล่าวเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผง 1.0% กับไอศกรีมสูตรควบคุม พบว่า ไอศกรีมที่เติมใบขลู่ผงมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและการยับยั้งอนุมูลอิสระDPPHเท่ากับ 55.17 กรัมแกลลิก/ 100 กรัม (ตัวอย่างสารสกัด) และ 45.12% ตามลำดับ ซึ่งมีมากกว่าไอศกรีมสูตรควบคุม ที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและการยับยั้งอนุมูลอิสระDPPH เท่ากับ 40.04 กรัมแกลลิก/ 100 กรัม (ตัวอย่างสารสกัด) และ 38.39% ตามลำดับ ($p<0.05$)

**Table 1** Effect of Indian marsh fleabane leaf powder content on color of ice cream

| Indian marsh fleabane leaf powder content (%) | Color value ± SD | | |
|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* |
| 0 | 90.30±0.18$^{a}$ | -1.76±0.19$^{c}$ | 11.20±0.32$^{c}$ |
| 0.5 | 75.37±0.24$^{b}$ | -2.10±0.19$^{b}$ | 37.20±0.28$^{a}$ |
| 1.0 | 67.73±0.40$^{c}$ | -2.52±0.10$^{a}$ | 32.50±0.24$^{b}$ |
| 1.5 | 62.51±0.69$^{c}$ | -2.61±0.81$^{a}$ | 31.34±0.77$^{b}$ |

$^{a,b}$Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

**Table 2** Effect of Indian marsh fleabane leaf powder content on viscosity and over run of ice cream

| Indian marsh fleabane leaf powder content (%) | Means ± SD | |
|---|---|---|
| | Viscosity (cp) | Over run (%) |
| 0 | 698.47±5.14$^{d}$ | 52.38±0.18$^{a}$ |
| 0.5 | 1003.41±5.13$^{c}$ | 48.31±0.10$^{b}$ |
| 1.0 | 1506.23±5.23$^{b}$ | 44.28±0.11$^{c}$ |
| 1.5 | 2150.41±4.89$^{a}$ | 41.30±0.25$^{d}$ |

$^{a,b}$Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

**Table 3** Effect of Indian marsh fleabane leaf powder content on liking score of ice cream

| Indian marsh fleabane leaf powder content (%) | Liking score* ± SD | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Color | Odor | Taste | Texture | Overall |
| 0 | 7.40 ± 1.05$^{b}$ | 7.60 ± 1.56$^{a}$ | 7.34 ± 1.05$^{b}$ | 6.89 ± 0.79$^{b}$ | 7.27 ± 1.06$^{b}$ |
| 0.5 | 8.21 ±0.95$^{a}$ | 7.71 ± 1.14$^{a}$ | 7.28 ± 1.40$^{b}$ | 6.77 ± 0.85$^{b}$ | 7.41 ± 1.10$^{b}$ |
| 1.0 | 8.11 ±0.78$^{a}$ | 7.82 ± 0.88$^{a}$ | 8.05 ± 0.82$^{a}$ | 7.18 ± 0.99$^{a}$ | 8.15 ± 0.85$^{a}$ |
| 1.5 | 8.08 ±1.11$^{a}$ | 6.24 ± 1.02 | 6.31 ± 1.47$^{c}$ | 6.04 ± 1.01$^{c}$ | 6.73 ± 1.05$^{c}$ |

$^{a,b}$Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

* 1 = Extremely dislike, 5 = Neither like nor dislike and 9 = Extremely like

**Table 4** Just about right rating of ice cream added with 1.0% of Indian marsh fleabane leaf powder

| Attribute* | Decrease attribute | Just about right | Increase attribute |
|---|---|---|---|
| Color | 0.0% | 94.0% | 6.0% |
| Odor | 6.0% | 90.0% | 4.0% |
| Flavor | 12.0% | 84.0% | 4.0% |

* Attribute of green color, indian marsh fleabane leaf odor and flavor

## สรุปผล

มีความเป็นไปได้ในการใช้ใบขลู่ผงเป็นส่วนผสมของไอศกรีมไขมันต่ำ ปริมาณการเติมใบขลู่ผงเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ค่าสี a* b* และความหนืดของไอศกรีมเหลวเพิ่มขึ้น แต่ค่าการขึ้นฟูลดลง โดยผู้ทดสอบยอมรับไอศกรีมไขมันต่ำที่เติมใบขลู่ผง 1.0% มากที่สุด โดยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและการยับยั้งอนุมูลอิสระ มากกว่าไอศกรีมไขมันต่ำที่ไม่เติมใบขลู่ผง

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 42/2557

## เอกสารอ้างอิง

กฤษติยา ทิสมบูรณ์ และนิภา เสือเดช, 2556, โครงงานวิจัยเรื่อง การผลิตสาหร่ายผักกาดทะเลผงและการใช้เป็นส่วนประกอบของไอศกรีมไขมันต่ำ, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สิริมา ชินสาร วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และนิสานารถ กระแสร์ชล, 2556, การพัฒนากรรมวิธีการผลิตขลู่ผงพร้อมใช้งาน, รายงานวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล), มหาวิทยาลัยบูรพา.

Dikeman, C., Murphy, L., Michael, R., Fahey, Jr. and George, C., 2006, Dietary Fibers Affect Viscosity of Solutions and Simulated Human Gastric and Small Intestinal Digest, Nutrient Physiology, Metabolism, and Nutrient-Nutrient Interactions, 913-919.

Murtaza, M.A., Din, M.U., Huma, N., Shabbir, M.A. and Mahmood, S., 2004, Quality Evaluation of Ice Cream Prepared with Different Stabilizers/emulsifier Blends, International Journal of Agriculture & Biology, 6: 65-67.

Traithip, A., 2005, Phytochemistry and Antioxidant Activity of Plucheaindica, Master's thesis, Department of Pharmacognosy, Faculty of Graduate studies, Mahidol University.

# ผลของการใช้ไขมันมะพร้าวทดแทนไขมันที่ผ่านการเติมไฮโดรเจนบางส่วนในเปลือกพาย

## Effect of Using Coconut Fat Substitute for Partially Hydrogenated Fat in Pie Crust

ผาณิต รุจิรพิสิฐ[1]
Rujirapisit, P.[1]

### Abstract

U.S. Food and Drug Administration finalized that trans fat in food are not generally recognized as safe. Therefore, it is not permitted in food and has set a compliance period of three years (since 2015). Fat is the main ingredient in pie crust and it is generally high in trans fat because pie crust usually used partially hydrogenated fat. For this research, coconut fat was used in pie crust. The aim of this study was to investigate effect of using coconut fat substitute for partially hydrogenated fat (shortening or margarine) in pie crust quality. Proximate analysis of coconut fat, shortening and margarine were determined, and physical properties, sensory evaluation, and thiobarbituric acid (TBA) number of pie crust were investigated at 0 5 10 and 15 storage days. The results showed that coconut fat had lower fat and higher moisture than shortening and margarine. It was found that pie crust used coconut fat had physical properties and hedonic scores close to pie crust used shortening and margarine and it had higher hedonic score in flavor and appearance. The determination of TBA number in coconut fat pie crust was higher than the others.

**Keywords:** pie crust, coconut fat, trans fat, partially hydrogenated fat

### บทคัดย่อ

สำนักงานอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา ระบุว่า ไขมันทรานส์ในอาหารไม่ปลอดภัย ดังนั้นจึงไม่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร โดยบังคับใช้ภายใน 3 ปี (นับตั้งแต่ปี 2558) ซึ่งเปลือกพายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลัก และไขมันที่ใช้มักเป็นไขมันประเภทที่มีไขมันทรานส์อยู่สูง เนื่องจากเป็นไขมันประเภทที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทดลองนำไขมันจากมะพร้าวมาใช้ในการผลิตเปลือกพาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ไขมันมะพร้าวทดแทนไขมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วน (เนยขาว หรือมาการีน) ต่อคุณภาพของเปลือกพาย โดยวิเคราะห์ผลทางด้านองค์ประกอบทางเคมีของไขมันมะพร้าว เนยขาว และมาการีน และวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid (TBA) number ของเปลือกพาย ที่ระยะเวลาเก็บ 0 5 10 และ 15 วัน ผลการทดลอง พบว่า ไขมันมะพร้าวมีประมาณไขมันต่ำ แต่ความชื้นสูงกว่าเนยขาวและมาการีน โดยเปลือกพายที่ผลิตจากไขมันมะพร้าวมีลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับเปลือกพายที่ผลิตจากเนยขาวและมาการีน และเปลือกพายที่ผลิตจากไขมันมะพร้าวได้รับการยอมรับในด้านของกลิ่นรส และลักษณะปรากฏสูงกว่า แต่พบว่าเปลือกพายที่ใช้ไขมันมะพร้าวมีค่า TBA number สูงกว่าเปลือกพายที่ใช้ไขมันชนิดอื่น

**คำสำคัญ**: เปลือกพาย ไขมันมะพร้าว ไขมันทรานส์ ไขมันที่เติมไฮโดรเจนบางส่วน

### คำนำ

ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรีโดยทั่วไป นิยมใช้ไขมันประเภทที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วน เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเป็นไขมันที่มีความอิ่มตัวสูง มีจุดหลอมเหลวสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวและเก็บได้นาน (Zhou และ Hui, 2014) แต่ไขมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วนจะมีไขมันทรานส์ในปริมาณสูง เมื่อรับประทานเข้าไปจะมีผลทำให้คลอเรสเตอรอลชนิดไม่ดีหรือ LDL (Low Density Lipoprotein)สูง เสี่ยงต่อการเป็นโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ ทำให้หัวใจวาย และอาจจะทำให้ตับทำงานผิดปกติ ดังนั้น สำนักงานอาหารและยา (FDA) ของประเทศสหรัฐอเมริกา จึงออกประกาศไม่อนุญาตให้ใช้ไขมันทรานส์ในอาหาร โดยบังคับใช้ภายใน 3 ปี(นับตั้งแต่ปี 2558) (U.S. Food and Drug Administration, 2015) ส่วนไขมันในมะพร้าวเป็นไขมันชนิดอิ่มตัวมีกรดไขมันขนาดปานกลาง เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงจะไม่เกิด

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดินแดง กรุงเทพฯ 10400
[1] Department of Food Business Management , School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce, Dindang Bangkok 10400

ไขมันทรานส์ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มอัตราเมตาบอลิซึม ไม่เกิดไขมันสะสมในร่างกายและยังช่วยเผาผลาญไขมันที่สะสมไว้ด้วย (ณรงค์, 2552) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทดลองนำไขมันจากมะพร้าวมาใช้ในการผลิตเปลือกพาย เนื่องจากเปลือกพายเป็นผลิตภัณฑ์ เบเกอรีที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลัก และไขมันที่ใช้มักเป็นไขมันประเภทที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วน (เนยขาวหรือมาการีน) ซึ่งมีไขมันทรานส์อยู่สูง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ไขมันมะพร้าวทดแทนไขมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วน (เนยขาว หรือมาการีน) ต่อคุณภาพของเปลือกพาย

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมไขมันมะพร้าว (หรือครีมมะพร้าว) ตามวิธีของ ผาณิต (2553) โดยนำน้ำกะทิที่คั้นโดยระบบไฮดรอลิกและไม่เติมน้ำ ไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นแยกส่วนครีมที่แยกชั้นอยู่ด้านบนมาใช้ในการทดลอง โดยใช้ไขมันมะพร้าวทดแทนไขมันที่ใช้ในสูตรของเปลือกพาย ในปริมาณ 100% เปรียบเทียบกับเปลือกพายที่ใช้เนยขาว หรือ มาการีน วิเคราะห์ผลการทดลองโดย ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไขมันมะพร้าว เนยขาว และมาการีน และนำเปลือกพายที่ผลิตได้จากไขมันทั้ง 3 ชนิด บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพพิลีน ภายใต้ภาวะบรรยากาศปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาเก็บ 0 5 10 และ 15 วัน ไปวิเคราะห์ค่าสี โดยใช้เครื่อง Hunter lab digital color difference meter รุ่น DP-9000, วัดค่าแรงตัดขาดโดยใช้เครื่อง Texture analyzer รุ่น textureLRX ของ LLOYE instrument, ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale และวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid (TBA) number (ส่วนผสมเปลือกพาย : แป้งสาลี 100% น้ำตาลทราย 1.9% น้ำเย็น 21.1% และ ไขมัน 25% โดยน้ำหนักแป้ง)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไขมันมะพร้าว เนยขาว และมาการีน ได้ผลตามที่แสดงใน Table 1 ผลการทดลองพบว่า ไขมันมะพร้าวมีองค์ประกอบที่เป็นไขมัน 57.81% โดยยังมีความชื้น โปรตีน ใยอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดรตอยู่เนื่องจากเป็นไขมันที่เตรียมโดยวิธีธรรมชาติไม่ได้แยกส่วนที่ไม่ใช่ไขมันออกไป ส่วนเนยขาว (shortening) เป็นไขมันที่ได้จากการนำน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการสกัดเฉพาะไขมันนำมาผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน จึงมีปริมาณไขมัน 100% ส่วนมาการีน เป็นไขมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนและมีการปรุงแต่งเพื่อให้มีลักษณะใกล้เคียงกับเนยสด (จิตธนา และอรอนงค์, 2549) จึงมีองค์ประกอบอื่นนอกเหนือจากไขมัน แต่ก็ยังมีปริมาณไขมันอยู่สูงถึง 89.70%

**Table 1** Proximate analysis of coconut fat , shortening and margarine.

| Fat type | Moisture (%) | Fat (%) | Protein (%) | Crude fiber (%) | Ash (%) | Carbohydrate (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Coconut fat | 14.67 | 57.81 | 3.63 | 2.34 | 6.83 | 14.72 |
| Shortening | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Margarine | 0 | 89.70 | 1.1 | 0 | 8.00 | 1.20 |

เมื่อนำเปลือกพายที่ผลิตจากไขมันมะพร้าว เนยขาว และมาการีน ไปวัดค่าสี ค่าแรงตัดขาด และทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี ค่าแรงตัดขาด และการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส แต่จะมีความแตกต่างกันในส่วนของชนิดของไขมันที่ใช้ ดังนั้นผลการทดลองจึงแสดงเฉพาะผลของความแตกต่างของไขมันที่ใช้ในการผลิตเปลือกพาย ดังผลการทดลองที่แสดงใน Table 2 และ Table 3

จากการวัดค่าสี พบว่า เปลือกพายที่ใช้ไขมันมะพร้าวมีค่าสีไม่แตกต่างจากเปลือกพายที่ใช้เนยขาว ($p>0.05$) เนื่องจากไขมันมะพร้าวและเนยขาวมีสีขาวเหมือนกัน และจากการที่มาการีนมีสีเหลืองแตกต่างจากไขมันมะพร้าวและเนยขาว จึงส่งผลให้เปลือกพายที่ใช้มาการีนมีค่าความสว่าง ($L^*$) ต่ำกว่า และมีค่าสีแดง ($a^*$) และค่าสีเหลือง ($b^*$) สูงกว่าเปลือกพายที่ใช้ไขมันมะพร้าวและเนยขาว ($p \leq 0.05$) และจากการวัดค่าแรงตัดขาด พบว่า เปลือกพายที่ใช้ไขมันทั้ง 3 ชนิดมีค่าแรงตัดขาดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้ไขมันมะพร้าวทดแทนเนยขาวหรือมาการีนไม่ส่งผลกระทบต่อลักษณะทางเนื้อสัมผัสของเปลือกพาย

**Table 2** Effect of fat type on physical properties of pie crust.

| Fat type in pie crust | Hunter lab color L* | Hunter lab color a* | Hunter lab color b* | Cutting force$^{ns}$ (N) |
|---|---|---|---|---|
| Coconut fat | 67.09$^{b}$ | 3.41$^{a}$ | 32.51$^{b}$ | 17.14 |
| Shortening | 67.90$^{b}$ | 3.38$^{a}$ | 32.34$^{b}$ | 17.25 |
| Margarine | 65.53$^{a}$ | 4.82$^{b}$ | 35.09$^{a}$ | 17.27 |

$^{a,b,..}$ Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test

$^{ns}$ Means for each characteristic in the same column are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test

**Table 3** Effect of fat type on sensory evaluation (9 – point Hedonic scale test) of pie crust.

| Fat type in pie crust | Sensory score (Hedonic score) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Appearance | Color$^{ns}$ | Flavor | Texture$^{ns}$ | Overall acceptance$^{ns}$ |
| Coconut fat | 7.9$^{a}$ | 7.5 | 8.2$^{a}$ | 7.4 | 7.6 |
| Shortening | 7.0$^{b}$ | 7.3 | 7.3$^{b}$ | 7.1 | 7.4 |
| Margarine | 7.1$^{b}$ | 7.4 | 7.5$^{b}$ | 7.3 | 7.4 |

$^{a,b,..}$ Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test

$^{ns}$ Means for each characteristic in the same column are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า เปลือกพายที่ใช้ไขมันมะพร้าว มีคะแนนความชอบทางด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ไม่แตกต่างจากเปลือกพายที่ใช้เนยขาวหรือมาการีน (p>0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผลการวัดค่าสีโดยใช้เครื่องมือใน Table 2 ที่พบว่าค่าสีของเปลือกพายที่ทำจากมาการีนแตกต่างจากค่าสีของเปลือกพายที่ทำจากไขมันมะพร้าวและเนยขาวไม่มีผลต่อความชอบของผู้บริโภค ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าผลการทดลองที่วัดโดยใช้เครื่องมือใน Table2 สอดคล้องกับคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัส และพบว่าเปลือกพายที่ใช้ไขมันมะพร้าว มีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ และกลิ่นรส สูงกว่าเปลือกพายที่ใช้เนยขาวและมาการีน ทั้งนี้เป็นเพราะไขมันมะพร้าวมีกลิ่นหอมเฉพาะของมะพร้าวเมื่อนำไปทำเปลือกพายจึงทำให้เปลือกพายมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน

**Table 4** Effect of fat type on Thiobarbituric acid (TBA) number of pie crust during storage.

| Fat type in pie crust | Thiobarbituric acid (TBA) number (mg.maloaldehyde/Kg.sample)/storage days | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 day | 5 days | 10 days | 15 days |
| Coconut fat | 0.01 | 0.57 | 0.72 | 1.44 |
| Shortening | 0 | 0.21 | 0.36 | 0.67 |
| Margarine | 0 | 0.22 | 0.44 | 0.78 |

จากการวิเคราะห์ค่า TBA number ของเปลือกพาย ได้ผลการทดลองตามที่แสดงใน Table 4 พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่า TBA number มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเปลือกพายที่ใช้เนยขาวและมาการีนมีค่า TBA number ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เป็นเพราะเนยขาวและมาการีนเป็นไขมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วน จึงมีความอิ่มตัวในระดับหนึ่ง และผ่านกระบวนการผลิตที่มีการเติมสารป้องกันกระบวนการเกิดออกซิเดชั่น นอกจากนี้ยังไม่มีความชื้น (Table 1) ส่งผลให้ค่า TBA number ค่อนข้างต่ำ จึงเกิดการเหม็นหืนช้า ในขณะที่เปลือกพายที่ใช้ไขมันมะพร้าวมีค่า TBA number ที่สูงกว่า และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะในกระบวนการเตรียมไขมันมะพร้าวไม่มีการให้ความร้อน ดังนั้นถึงแม้ว่าในไขมันมะพร้าวจะมีไขมันอิ่มตัวอยู่สูง แต่อาจจะมีเอนไซม์ไลเปสอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งในระหว่างกระบวนการผลิต เอนไซม์ไลเปสอาจจะทำงานโดยไปย่อยไขมันจึงมีผลทำให้เกิดกระบวนการเหม็นหืนได้ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Table 1) พบว่า ไขมันมะพร้าวมีความชื้นสูง ดังนั้นจึงเกิดกระบวนการเหม็นหืนได้ง่าย เนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อาหารที่มีไขมันเกิดกระบวนการเหม็นหืนได้เร็ว (Allen และ Hamiton, 1999) แต่กระบวนการเหม็นหืนที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะ

ในระยะเวลาการเก็บในวันที่ 15 ผู้บริโภคยังไม่สามารถรับรู้ได้ เนื่องจากผู้บริโภคสามารถรับรู้กลิ่นหืนได้ เมื่อค่า TBA number เท่ากับ 2.50 มิลลิกรัมมาลอนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม (สินี, 2544) นอกจากนี้ยังมีกลิ่นหอมเฉพาะของไขมันมะพร้าวด้วย ดังนั้นผู้ทดสอบชิมจึงยังให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ในด้านกลิ่นอยู่ระดับที่สูง โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลของการใช้ไขมันมะพร้าวในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้น (ผาณิต, 2553) ในด้านของกลิ่นที่ดีกว่าการใช้เนยขาวและมาการีน แต่มีค่า TBA number ที่สูงกว่า ซึ่งโดยปกติแล้วในส่วนของน้ำมันมะพร้าวที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งของไขมันมะพร้าวที่นำมาใช้ จะมีสารแอนตีออกซิแดนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงและมีปริมาณมาก คือ วิตามินอีในรูปของ tocopherol และ tocotrienol และมีสารฟีนอล รวมทั้งสารไฟโตสเตอรอล ซึ่งทำหน้าที่ต่อต้านการเติมออกซิเจนอยู่มาก (ณรงค์, 2552) แต่ที่มีค่า TBA number สูงน่าจะเป็นเพราะการทำงานของเอนไซม์ไลเปสเป็นสำคัญ ดังนั้นถ้ามีการให้ความร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์ไลเปสในกระบวนการเตรียมไขมันมะพร้าวก่อนนำมาใช้ อาจจะทำให้มีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น และจากผลการวิเคราะห์โดยรวมที่แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้ไขมันมะพร้าวทดแทนไขมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนได้ 100% ดังนั้นเมื่อใช้ไขมันมะพร้าวตามกรรมวิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะมีผลทำให้เปลือกพายที่ผลิตได้มีปริมาณไขมันโดยรวมลดลงด้วยเนื่องจากในไขมันมะพร้าวที่นำมาใช้มีปริมาณไขมันเพียง 57.81% (Table 1)

## สรุปผล

เปลือกพายที่ผลิตจากไขมันมะพร้าวมีลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับเปลือกพายที่ผลิตจากเนยขาวและมาการีน และเปลือกพายที่ผลิตจากไขมันมะพร้าวได้รับการยอมรับในด้านของกลิ่นรส และลักษณะปรากฏสูงกว่า แต่พบว่าเปลือกพายที่ใช้ไขมันมะพร้าวมีค่า TBA number สูงกว่าเปลือกพายที่ใช้ไขมันชนิดอื่น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถใช้ไขมันมะพร้าวมาผลิตเปลือกพายได้ แต่อาจจะมีอายุการเก็บที่สั้นกว่าการใช้ไขมันประเภทที่ผ่านการเติมไฮโดรเจนบางส่วน และมีข้อเสนอแนะว่าถ้านำเปลือกพายไปใช้ในการผลิตพายมะพร้าวอ่อนน่าจะได้รับการยอมรับสูงเนื่องจากเปลือกพายมีกลิ่นรสเฉพาะของมะพร้าว

## เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2549, เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรงค์ โฉมเฉลา, 2552, มหัศจรรย์น้ำมันมะพร้าว (ฉบับปรับปรุง), กรุงเทพมหานคร : ชมรมอนุรักษ์และพัฒนาน้ำมันมะพร้าว แห่งประเทศไทย.

ผาณิต รุจิรพิสิฐ, 2553, ผลของการใช้น้ำมันมะพร้าวต่อคุณภาพของเค้กชนิดส่วนผสมข้น, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 30(2): 37-46.

สินี หนองเต่าดำ, 2544, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อจระเข้ปรุงรสและการเก็บรักษา, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชา ผลิตภัณฑ์ประมง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Allen, J.C. and Hamiton, R.J., 1999, Rancidity in Food, 3rd ed.,Maryland:Aspen publisher.

U.S. Food and Drug Administration, 2015, FDA Cut Trans Fat in Processed Food [online], Available: http://www.fda.gov/downloads/ForConsumers/ConsumerUpdates/UCM451467.pdf [June 30, 2015].

Zhou, W. and Hui, Y.H., 2014, Bakery Product Science and Technology, 2nd ed., Singapore:Wiley-Blackwell.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 257-260 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 257-260 (2558)

# แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมะขามป้อมผงกึ่งสำเร็จรูป

# A Mathematical Model for Producing Indian Gooseberry Instant Powder

**สุภาวิณี แสนทวีสุข**[1]
Saentaweesuk, S.[1]


## Abstract

This reserch was aimed to determine the mathematical-model of the foam-mat drying process at 60 and 70°C for producing Indian Gooseberry instant powder. The mathematical model followed the Newton, Henderson and Pabis, Logarithmic, Wang and Sing, Two Term, Two Term exponential and Diffusion approach models. Results showed that the Two Term exponential model was the best model for prediction data for foam-mat drying process of Indian Gooseberry instant powder, and had the highest coefficient of determination ($R^2$) and the lowest least chi-square ($\chi^2$) and root mean square error (RMSE). Moreover, dependence of the drying constant (K) on drying air temperature was described by the Arrhenius model, and the effective diffusiveness were in the range of $2.053868\times10^{-8}$ - $2.523021\times10^{-8}$ $m^2/s$.


**Keywords:** mathematical models, Indian Gooseberry instant powder, foam-mat drying


## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทำแห้งที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบโฟม-แมทของน้ำมะขามป้อมกึ่งสำเร็จรูป ที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้แบบจำลอง Newton, Henderson and Pabis, Logarithmic, Wang and Sing, Two Term, Two Term exponential และ Diffusion approach พบว่า แบบจำลอง Two Term exponential สามารถทำนายการทำแห้งของน้ำมะขามป้อมกึ่งสำเร็จรูปได้ดีที่สุด ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) สูงที่สุด ในขณะที่ให้ค่าไคว์กำลังสอง ($\chi^2$) และรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ต่ำที่สุดโดยค่าคงที่การทำแห้ง (K, $min^{-1}$) ที่ได้จากแบบจำลอง Two Term exponential มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการทำแห้งตามแบบจำลองของ Arrhenius ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นของการทำแห้งแบบโฟม-แมทของน้ำมะขามป้อมกึ่งสำเร็จรูป มีค่าระหว่าง $2.053868\times10^{-8}$ - $2.523021\times10^{-8}$ $m^2/s$


**คำสำคัญ**: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ น้ำมะขามป้อมผงกึ่งสำเร็จรูป การทำแห้งแบบโฟม-แมท

## คำนำ

มะขามป้อม หรือ Indian gooseberry ชื่อวิทยาศาสตร์ (*Phyllanthus emblica* Linn.) อยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae เป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง มีคุณสมบัติทางสมุนไพร เป็นผลไม้ตามธรรมชาติที่มีการใช้ประโยชน์ด้านการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ และเป็นยาสมุนไพรในประเทศไทยมาช้านานแล้ว ปัจจุบันสหรัฐอเมริกามีการจดสิทธิบัตรการใช้มะขามป้อมเป็นส่วนประกอบในยาบางตัวไปบ้างแล้ว และที่สำคัญมะขามป้อมกำลังเป็นที่จับตามองในแง่อุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพ เครื่องสำอางและยาสมุนไพร มีการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มากมาย เช่น น้ำมะขามป้อม มะขามป้อมแช่อิ่ม มะขามป้อมดอง มะขามป้อมผง เครื่องสำอางบำรุงผิว ย้อมผม เป็นยาสมุนไพรแก้ไอ แก้เจ็บคอ เป็นต้น

การทำแห้งแบบโฟม-แมท เป็นการผลิตเครื่องดื่มผง โดยการเติมอากาศหรือก๊าซอื่นแก่น้ำผลไม้หรือของเหลวเข้มข้นเพื่อก่อให้เกิดโฟมที่มีความคงตัวก่อนนำไปทำแห้ง มีงานวิจัยจำนวนมากรายงานว่า การทำให้เกิดโฟมเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการระเหยของน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มอัตราการทำแห้ง อีกทั้งการแปรรูปน้ำมะขามป้อมผงด้วยวิธีโฟม-แมท ยังไม่ค่อยปรากฏในงานวิจัย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในด้านการศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของการทำแห้งของน้ำมะขามป้อมผงกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท โดยศึกษาสมการทำแห้งแบบชั้นบาง และนำเทคนิคที่ได้ไปประยุกต์ในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรผงที่ยังคงรักษาสารสำคัญ และคุณค่าทางโภชนาการสูง ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

[1] **สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, พระนครศรีอยุธยา** 13000
[1] Division of Food Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำมะขามป้อมทั้งผลมาแยกเนื้อและเมล็ด จากนั้นนำเนื้อมะขามป้อมผสมกับน้ำในอัตราส่วนเนื้อมะขามป้อม : น้ำ เท่ากับ 1:1 (Thankitsunthon และคณะ, 2009) ปั่นให้ละเอียด แล้วนำมาคั้นน้ำโดยใช้เครื่อง Hydraulic Press กรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำน้ำมะขามป้อมเข้มข้นที่ได้มาเตรียมเป็นน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่มโดยมีส่วนผสมดังนี้ น้ำมะขามป้อม น้ำตาลทราย และเกลือ ร้อยละ 50, 49.1 และ 0.1 โดยน้ำหนัก ผสมให้เข้ากัน นำไปต้มให้เดือด แล้วทำให้เย็น ทำให้เกิดโฟมโดยใช้ Egg Alubmin ละลายในน้ำให้มีความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก เติมลงในน้ำมะขามป้อมที่เตรียมไว้ร้อยละ 47 โดยน้ำหนักของน้ำมะขามป้อม ตีปั่นจนกระทั่งเกิดโฟมที่คงตัวด้วยเครื่องผสมอาหาร (Kitchen Aid) นำโฟมที่ได้จากการตีปั่นได้บีบเป็นเส้นยาวลงบนถาดอลูมิเนียมที่เป็นรูโปร่งด้วยหัวบีบโฟมรูกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร นำไปอบในเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที นำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นมาวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทำแห้ง ในรูปของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นกับระยะเวลาการทำแห้งจำนวน 7 แบบจำลอง (Table 1)

**Table 1** Mathematical models applied to the kinetics of Indian gooseberry instant powder

| Drying Modeling | Equation |
|---|---|
| Newton (Lewis ,1921) | $MR = \frac{X - X_c}{X_0 - X_c} = \exp(-kt)$ |
| Henderson and Pabis (Henderson และ Pabis, 1961) | $MR = \frac{X - X_c}{X_0 - X_c} = a\exp(-kt)$ |
| Logarithmic (Yagioglu และคณะ, 1999) | $MR = a\exp(-kt) + c$ |
| Two term (Henderson, 1974) | $MR = a\exp(-k_1 t) + b\exp(-k_2 t)$ |
| Two term exponential (Sharaf-Eldeen และคณะ, 1980) | $MR = a\exp(-kt) + (1-a)\exp(-kat)$ |
| Wang and Singh (Wang และ Singh, 1978) | $MR = 1 + (at) + (bt^2)$ |
| Diffusion approach (Yaldiz และ Ertekin, 2001) | $MR = a\exp(-kt) + (1-a)\exp(-kbt)$ |

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าพารามิเตอร์ของสมการด้วยวิธี nonlinear regression ของโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ การเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมจะประเมินจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) ค่าไคกำลังสอง ($\chi^2$) และรากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (root mean square error, RMSE) ดังสมการที่ 1-3

$$R^2 = \frac{\sum (MR_{\exp} - MR_{pre})^2}{\sum MR_{\exp}^2 \sum MR_{pre}^2} \quad (1)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} (MR_{\exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - n_p} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (MR_{pre} - MR_{\exp})^2}{N}} \quad (3)$$

เมื่อ $MR_{exp}$ คือค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลอง; $MR_{pre}$ คือค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการแบบจำลอง; N คือ จำนวนข้อมูล df คือ degree of freedom of regression model

ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ (Effective moisture diffusivity) ของวัสดุแผ่นบาง (Slab) โดยคำนวณได้จากสมการการแพร่ (Henderson และ Perry, 1976) โดยการเคลื่อนที่ของน้ำคล้ายคลึงกับการนำความร้อนในของแข็งสำหรับอาหารที่เป็นแผ่นบาง (Slab)

$$MR = \frac{8}{\pi^2}\exp\left(\frac{-\pi^2 D_{eff}\,t}{4L^2}\right) \quad (4)$$

**ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**

จากการศึกษาการผลิตน้ำมะขามป้อมผงกึ่งสำเร็จรูปด้วยการทำแห้งแบบโฟม-แมท พบว่าอัตราการทำแห้งมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาและอุณหภูมิในการทำแห้ง กล่าวคือ เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งมีผลต่ออัตราการทำแห้ง โดยเมื่อเวลาและอุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการทำแห้งจะมีค่าสูงขึ้นด้วย เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งจะเป็นการเพิ่มการถ่ายโอนความร้อนระหว่างอากาศในการทำแห้งจึงทำให้น้ำระเหยออกจากผิวหน้าของโฟมน้ำมะขามป้อมได้ดียิ่งขึ้น (Figure 1 และ 2) และพบว่าการทำแห้งน้ำมะขามป้อมด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท อยู่ในช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (Falling rate period) ซึ่งพบได้ในการทำแห้งแบบโฟม-แมทของผลิตผลทางการเกษตรอื่นๆ เช่น มะม่วงอัลฟองโซ่ (Rajkumar และคณะ, 2007) และ มะเฟืองบด (Karim และ Wai, 1999) เป็นต้น

ค่าคงที่การทำแห้ง (K, $min^{-1}$) (Table 2) ที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลองการทำแห้งทั้ง 7 แบบจำลอง มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของสมการ Arrhenius เนื่องจากการทำแห้งที่อุณหภูมิที่สูงกว่าทำให้อัตราการทำแห้งเพิ่มขึ้น

ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความต้านทานการแพร่ของน้ำภายในวัตถุในระหว่างการทำแห้ง โดยใช้สมการของ Fick's diffusion พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง (Table 3)

**Table 2** Statistical results of Indian gooseberry instant powder at different temperatures.

| Model | Temperature (°C) | K ($min^{-1}$) | $R^2$ | $\chi^2$ | RMSE |
|---|---|---|---|---|---|
| Newton | 60 | 0.060721 | 0.982667 | 0.001558 | 0.038418 |
| | 70 | 0.075148 | 0.992920 | 0.000541 | 0.022641 |
| Henderson and Pabis | 60 | 0.063670 | 0.985354 | 0.001394 | 0.035315 |
| | 70 | 0.075993 | 0.993061 | 0.000562 | 0.022415 |
| Logarithmic | 60 | 0.062644 | 0.985493 | 0.001467 | 0.035147 |
| | 70 | 1.008190 | 0.993339 | 0.000573 | 0.021962 |
| Two term | 60 | 1.196917 | 0.991774 | 0.000887 | 0.026467 |
| | 70 | -0.050944 | 0.994037 | 0.000547 | 0.020779 |
| Two term exponential | 60 | 1.87660 | 0.994965 | 0.000479 | 0.020706 |
| | 70 | 1.587032 | 0.994606 | 0.000436 | 0.019762 |
| Wang and Singh | 60 | - | 0.926336 | 0.006621 | 0.079201 |
| | 70 | - | 0.829236 | 0.013051 | 0.111195 |
| Diffusion approach | 60 | 1.00000 | 0.982667 | 0.001753 | 0.038418 |
| | 70 | -0.05331 | 0.993859 | 0.000528 | 0.021086 |

**Table 3** The effective diffusiveness of Indian gooseberry instant powder

| Temperature (°C) | Parameter | | |
|---|---|---|---|
| | $D_{eff}$ ($m^2$/s) | $R^2$ | RMSE (%d.b.) |
| 60 | $2.053868\times10^{-8}$ | 0.929412 | 0.079654 |
| 70 | $2.523021\times10^{-8}$ | 0.953091 | 0.059876 |

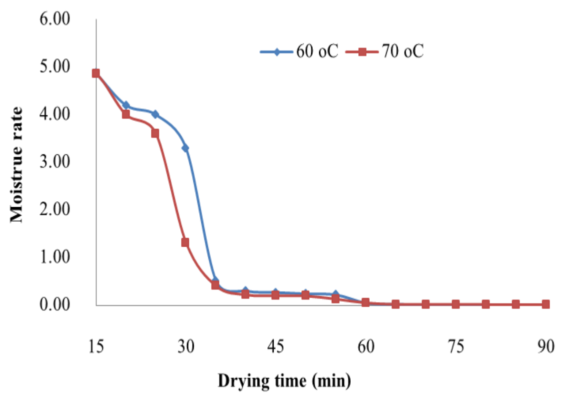



Figure 1 Drying rate of Indian gooseberry Instant powder at different temperatures model

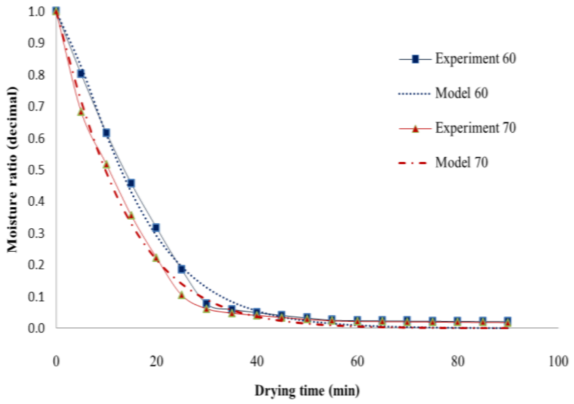



Figure 2 Comparison of experimental and predicted moisture ratio by Two term exponential

## สรุปผล

การทำแห้งน้ำมะขามป้อมกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมทที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส เกิดขึ้นในช่วงอัตราการทำแห้งลดลง และแบบจำลอง Two term exponential สามารถทำนายข้อมูลการทำแห้งของโฟมน้ำมะขามป้อมที่ได้จากการทดลองได้ดีที่สุด ค่าคงที่การทำแห้ง (K) มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการทำแห้งตามแบบจำลอง Arrhenius และ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นของน้ำมะขามป้อมกึ่งสำเร็จรูป จากการทดลอง มีค่า $2.053868 \times 10^{-8}$ และ $2.523021 \times 10^{-8}$ $m^2/s$ ตามลำดับ

## เอกสารอ้างอิง


Henderson, S.M., Pabis, S., 1961, Grain Drying Theory II : Temperature Effects on Drying Coefficients, Journal of Agricultural Engineering Research, 6(3): 169-174.

Henderson, S.M., 1974, Progress in Developing the Thin-layer Drying Equation, Transactions of the ASAE, 17, 1167-1168/1172.

Henderson, S.M., Perry, R.L., 1976, Agricultural Process Engineering, Westport, INC: AVI Publishing.

Karim, A.A. and Wai, C.C., 1999, Foam-mat Drying of Starfurit (*Averrhoa carambola* L.) Puree. Stability and Air Drying Characteristics, Food Chemistry, 64(3): 337-343.

Lewis, W.K., 1921, The Rate of Drying Solids Materials, Journal of Industrail and Engineering Chemistry, 13(5): 427-432.

Rajkumar, P., Kailappan, R., Viswanathan, R. and Raghavan, G.S.V., 2007, Drying Characteristics of Foamed Alphonso Mango Pulp in Acontinuous Type Foam Mat Dryer, Journal of Food Engineering, 79: 1452-1459.

Sharaf-Eldeen, Y.I., Blaisdell, J.L. and Hamdy, M.Y., 1980, A Model for Ear Corn Drying, Transaction of the ASAE 23: 1261-1271.

Thankitsunthon, S., Thawornphiphatdit, C., Laohaprasit, N. and Srzednicki, G., 2009, Effects of Drying Temperature on Quality of Dried Indian Gooseberry Powder, International Food Reseach, 16: 355-361.

Wang, C.Y. and Singh, R.P., 1978, Use of Variable Equilibrium Moisture Content in Modeling Rice Drying. Transactions of ASAE, 78: 6505.

Yagcioglu, A., Degirmencioglu, A. and Cagatay, F., 1999, Drying Characteristics of Laurel Leaves under Different Drying Conditions, In Proceedings of the 7th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, Adana, Turkey.

Yaldiz, O. and Ertekin, C., 2001, Thin Layer Solar Drying of Some Different Vegetables, Drying Technology, 19(3): 583-596.

# การประเมินคุณภาพมะขามเปรี้ยว 14 พันธุ์

## Evaluation Quality of 14 Sour Tamarind Cultivars

โศภิษฐา ไพฑูรยากุล[1] เจนจิรา ชุมภูคำ[1] เรืองศักดิ์ กมขุนทด[2] และ เบญญา มะโนชัย[1]

Paitoonyakul, S.[1], Chumpookam, J.[1], Komkhuntod, R.[2] and Manochai, B.[1]

**Abstract**

A total of 14 sour tamarind cultivars from Pak-Chong research station, Nakhon Ratchasima province were evaluated with total acid (TA), total soluble solid (TSS), anthraquinone, antioxidant activity (AOA), and pulp color after storage for one year. Results showed that percentage of TA ranged from 14.58–30.09 % (0 year storage) and 14.74-22.22% (1 year storage). TSS ranged from 57.20-85.07% (0 year storage) and 65.27-74.07% (1 year storage). Anthraquinone ranged from 38.13-71.10 $mgL^{-1}$ (0 year storage) and 50.54–123.55 $mgL^{-1}$ (1 year storage). AOA was reported as $EC_{50}$ value ranged from 33.92-68.66 $gL^{-1}$ (0 year storage) and 41.69-68.74 $gL^{-1}$ (0 year storage). Pulp color as indicated by lightness (L*) ranged from 26.44-33.24 (0 year storage) and 5.68-16.08 (1 year storage).

**Keywords:** anthraquinone, tartaric acid, total soluble solid, antioxidant activity

**บทคัดย่อ**

การประเมินคุณภาพมะขามเปรี้ยว จากสถานีวิจัยปากช่อง จ.นครราชสีมา จำนวน 14 พันธุ์ โดยใช้ข้อมูลปริมาณกรดทาร์ทาริก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แอนทราควิโนน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และการเปลี่ยนแปลงสีภายหลังการเก็บรักษาไว้ 1 ปี ผลการทดลองพบว่ามะขามเปรี้ยวทั้ง 14 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์กรดทาร์ทาริกสูงทุกพันธุ์ มีค่าระหว่าง 14.58-30.09% และ 14.74-22.22% ที่อายุการเก็บรักษา 0 ปี และ 1 ปี ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีค่าระหว่าง 57.20-85.07% และ 65.27-74.07% ที่อายุการเก็บรักษา 0 ปี และ 1 ปี ตามลำดับ ปริมาณแอนทราควิโนน มีค่าระหว่าง 38.13-71.10 มิลลิกรัม/กรัม และ 50.54-123.55 มิลลิกรัม/กรัม ที่อายุการเก็บรักษา 0 ปี และ 1 ปี ตามลำดับ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยรายงานเป็นค่า $EC_{50}$ มีค่าระหว่าง 33.92-68.66 กรัม/ลิตร และ 41.69-68.74 กรัม/ลิตร ที่อายุการเก็บรักษา 0 ปี และ 1 ปี ตามลำดับ ค่าสี พบว่า ในเนื้อมะขามเปรี้ยวมีค่าความสว่าง (L*) ระหว่าง 26.44-33.24 และ 5.68-16.08 ที่อายุการเก็บรักษา 0 ปี และ 1 ปี ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: แอนทราควิโนน กรดทาร์ทาริก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ สารต้านอนุมูลอิสระ

## คำนำ

มะขาม (*Tamarindus indica* L.) สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย และเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ จากข้อมูลสถิติการนำเข้าและส่งออกสินค้าเกษตรจากเวบไซต์สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปี 2550 -2554 พบว่ามีปริมาณผลผลิตมะขามรวมเฉลี่ย 27,595 ตันต่อปี มูลค่าเฉลี่ย 633 ล้านบาทต่อปี และข้อมูลที่น่าสนใจคือปริมาณการนำเข้าและส่งออกมะขามเปรี้ยวในรูปแบบมะขามเปียก มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี จากปริมาณ 409 ตัน กลายเป็น 3,150 ตัน และจากมูลค่า 9 ล้านบาท กลายเป็น 76 ล้านบาท ภายใน 5 ปี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549) จะเห็นได้ว่ามะขามเปรี้ยวมีศักยภาพทางการค้า เนื่องจากนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ปรุงแต่งรสเปรี้ยวและใช้เป็นยาสมุนไพรได้ มะขามมีสรรพคุณเป็นเป็นยาระบายเพราะในเนื้อมะขามมีกรดอินทรีย์ เช่น tartaric acid, citric acid, malic acid ทำให้มีรสเปรี้ยว มีฤทธิ์ระบายท้อง กรดทาร์ทาริก เป็นกรดที่พบมากในมะขามเปรี้ยว Manohar และคณะ (1991) รายงานว่า กรดทาร์ทาริกในเนื้อมะขามเปรี้ยวจากประเทศอินเดียมีปริมาณ 15.15% และจุฑาภรณ์ (2549) พบ กรดทาร์ทาริก ในพันธุ์พระเจ้าตาก โชคชัยพัฒนา เบอร์ 11 ฤทธิศร และศรีปากช่อง ประมาณ 18.70% 19.95% 14.07% 13.02% และ 18.32% ตามลำดับ

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

[2] สถานีวิจัยปากช่อง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา 30130

[2] Pakchong Research Station, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima 30130 Thailand

นอกจากนี้ในเนื้อมะขามประกอบไปด้วยสารแอนทราควิโนน ซึ่งมีฤทธิ์เป็นยาระบาย (โอภาษ, 2550) โดย Abukakar และคณะ (2008) รายงานว่า พบแอนทราควิโนนสูงภายในเนื้อมะขามเปรี้ยว อย่างไรก็ตามพื้นที่ปลูกมะขามในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นมะขามหวาน ซึ่งพื้นที่การเพาะปลูกมะขามเปรี้ยวเชิงการค้ายังมีน้อยผลผลิตส่วนใหญ่เป็นการเก็บมาจากแหล่งธรรมชาติ ทำให้ได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพต่างกัน สถานีวิจัยปากช่อง เป็นแหล่งรวบรวมพันธุ์มะขามเปรี้ยวที่ได้จากการรวบรวมพันธุ์จากสถานที่ต่างๆ และปรับปรุงพันธุ์ไว้บางส่วนเพื่อส่งเสริมเกษตรกรปลูกในอนาคต ดังนั้นการประเมินคุณภาพของมะขามเปรี้ยวพันธุ์ต่างๆ จึงมีความจำเป็นในการศึกษาเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ถูกต้องและเหมาะสมตามคุณสมบัติของพันธุ์และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกพันธุ์ที่ดีที่ตรงความต้องการของตลาดในอนาคต

## อุปกรณ์และวิธีการ

พืชที่ใช้ทำการทดลอง ประกอบด้วยพันธุ์มะขามเปรี้ยวจากสถานีวิจัยปากช่อง ที่อายุการเก็บรักษา 0 ปี และ 1 ปี จำนวน 14 พันธุ์ ได้แก่ 'กระดาน' 'ไชยโกมินทร์' 'ดกกิ่งหัก' 'ปากช่อง 1' 'ปากช่อง 3' 'ปากช่อง 4' 'ปากช่อง 5' 'ฝักตรงราชบุรี' 'พระเจ้าตาก' 'ฤทธิศร' 'สระแก้ว' 'สะทิงพระ' 'หนองสาหร่าย' 'อินทร' นำมาวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์กรดทาร์ทาริก (%TA) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%TSS) ตามวิธีของ สุรีวรรณ (2549) วิเคราะห์ปริมาณแอนทราควิโนน (มิลลิกรัม/กรัม) ตามวิธีของ นพพล และคณะ (2550) และ Hemwimol และคณะ (2006) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging activity ตามวิธีการของ Duvivier และคณะ (2008) รายงานผลเป็นค่า $EC_{50}$ มีหน่วยเป็น กรัมต่อลิตร และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อมะขามเปรี้ยว โดยใช้ colorimeter รุ่น MiniScan EZ ซึ่งรายงานผลเป็นค่า L* เป็นค่าที่รายงานความสว่างของสี มีตั้งแต่ 0 ถึง 100 ซึ่งค่า L* สูง หมายถึง มีความสว่างของสีมากและค่า L* ต่ำ หมายถึง มีความสว่างของสีต่ำ

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่ามะขามเปรี้ยวทั้ง 14 พันธุ์ ที่อายุการเก็บรักษา 0 ปี มีปริมาณกรดทาร์ทาริก (%TA) อยู่ในช่วง 11.39 – 30.09% ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%TSS) อยู่ในช่วง 57.20% - 85.07% อัตราส่วน TSS/TA อยู่ในช่วง 2.50 - 6.91 ปริมาณแอนทราควิโนน อยู่ในช่วง 38.13 - 71.10 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระรายงานเป็นค่า $EC_{50}$ อยู่ในช่วง 33.92 – 68.66 กรัม/ลิตร และค่าความส่องสว่างของเนื้อมะขามอยู่ในช่วง 26.44 – 32.55 เมื่อภายหลังการเก็บรักษา 1 ปี พบว่า TA อยู่ในช่วง 11.33 – 22.22% TSS อยู่ในช่วง 60.87- 74.07% อัตราส่วน TSS/TA อยู่ในช่วง 3.04-6.54 ปริมาณแอนทราควิโนน อยู่ในช่วง 50.54-123.55 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ อยู่ในช่วง 41.69 – 75.83 กรัม/ลิตร และค่าความสว่างของเนื้อมะขามอยู่ในช่วง 5.68 – 14.30 (Table 1) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าต่างๆ ของมะขามเปรี้ยวมีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของพันธุ์ที่มีผลต่อความสามารถในการผลิตสารต่างๆ และความคงตัวของสาร นอกจากนี้ยังพบว่า ภายหลังการเก็บรักษา %TA ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและค่าความสว่างของเนื้อมะขามลดลง แต่สัดส่วน TSS/TA และปริมาณแอนทราควิโนนเพิ่มขึ้น ส่วน %TSS ในมะขามเปรี้ยวบางพันธุ์เพิ่มขึ้นแต่บางพันธุ์ลดลง แต่พันธุ์ส่วนใหญ่มี %TSS เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเมแทบอลิซึมระหว่างการเก็บรักษา ดังจะเห็นได้จากเปอร์เซ็นต์กรดลดลงแต่มีปริมาณแอนทราควิโนนเพิ่มขึ้น ซึ่งแอนทราควิโนนมีฤทธิ์เป็นยาระบาย หมายความว่ามะขามเปรี้ยวเมื่อเก็บรักษาไว้ 1 ปีมีความเปรี้ยวลดลงแต่มีฤทธิ์ในการระบายเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับค่าความสว่างของสี ที่พบว่าภายหลังการเก็บรักษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงและเนื้อมะขามมีสีคล้ำขึ้น เป็นผลมาจาก ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์กลุ่ม phenolase โดยเกิดขึ้นบริเวณผิวที่สัมผัสอากาศและอยู่ในสภาพความเป็นกรดเป็นตัวกระตุ้นให้เอนไซม์ทำงาน โดยสารตั้งต้นเป็นสารประกอบฟีนอลิค และฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ในเนื้อมะขามอยู่แล้ว ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ในช่วงแรกที่เก็บใหม่ๆ ยังคงมีสารที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ทำให้ถึงแม้มะขามจะสัมผัสกับอากาศเนื้อมะขามยังคงมีสีที่สว่างแต่พอระยะเวลานานไปเนื้อมะขามสัมผัสกับอากาศนานขึ้น สารที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระเริ่มลดลง จึงเป็นผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นดำเนินไปเรื่อยๆ เนื้อมะขามจึงมีสีคล้ำขึ้น

ด้วยประเทศไทยมีความหลากหลายของพันธุ์มะขามเปรี้ยวสูง สามารถเลือกใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายเช่น ถ้าต้องการนำไปผลิตกรดทาร์ทาริก ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ควรพิจารณาเลือกใช้พันธุ์ที่ให้กรดทาร์ทาริกสูง จากรายงานของ จุฑาภรณ์ (2549) พบกรดทาร์ทาริกในมะขามเปรี้ยวพันธุ์พระเจ้าตาก โชคชัยพัฒนา เบอร์ 11 ฤทธิศร และศรีปากช่อง 18.70% 19.95% 14.07% 13.02% และ 18.32% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามะขามเปรี้ยวพันธุ์ต่างๆ ที่นำมาทดลองครั้งนี้

ส่วนใหญ่แล้วมีกรดทาร์ทาริกมากกว่าที่มีการรายงานไว้ โดยพันธุ์ไชยโกมินทร์และสะทิงพระ เหมาะสมนำไปใช้ผลิตกรดทาร์ทาริกอย่างยิ่ง เพราะมีกรดทาร์ทาริกสูงถึง 30.09% และ 29.48% ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาไว้ 1 ปี ยังคงมีกรดทาร์ทาริกอยู่ในเกณฑ์สูง ซึ่งมีกรดทาร์ทาริกเท่ากับ 22.22% และ 21.84% ตามลำดับ แต่หากต้องการสารแอนทราควิโนนจากเนื้อมะขามเปรี้ยวควรเลือกใช้พันธุ์มะขามเปรี้ยวที่ให้ปริมาณสารแอนทราควิโนนสูง ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้พบว่าพันธุ์ฤทธิศรและปากช่อง 1 มีปริมาณสารแอนทราควิโนนสูง คือ 71.10 และ 69.26 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งพันธุ์ปากช่อง 1 เป็นพันธุ์ที่มีความคงตัวของสารอยู่สูง แม้ว่าจะเก็บรักษาไว้นาน 1 ปี โดยพบว่ามีปริมาณสารแอนทราควิโนนสูงถึง 123.55 มิลลิกรัม/กรัม

## สรุปผล

มะขามเปรี้ยวทั้ง 14 พันธุ์ ภายหลังการเก็บรักษามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง คือ กรดทาร์ทาริกและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลง อัตราส่วน TSS/TA และสารแอนทราควิโนนเพิ่มขึ้น เนื้อมะขามมีสีคล้ำขึ้น และสามารถแบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งานได้ดังนี้ คือ การนำไปปรุงแต่งอาหาร ควรเลือกที่อายุการเก็บรักษา 0 ปี ได้แก่ พันธุ์ ไชยโกมินทร์ สะทิงพระ ปากช่อง 4 สระแก้ว ปากช่อง 1 และดกกิ่งหัก สำหรับการนำไปผลิตกรดทาร์ทาริก ที่อายุการเก็บรักษา 0 ปี ใช้พันธุ์ ไชยโกมินทร์ และสะทิงพระ แล้วเมื่อเก็บรักษาไว้ 1 ปี ทั้งสองพันธุ์ยังคงมีกรดทาร์ทาริกสูง และการนำมาใช้เป็นยาระบาย ที่อายุการเก็บรักษา 0 ปี ใช้พันธุ์กระดาน อินทร สระแก้ว ฤทธิศร ปากช่อง 5 และปากช่อง 1 ที่อายุการเก็บรักษา 1 ปี ใช้พันธุ์ปากช่อง 1

## เอกสารอ้างอิง


กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549, การปลูกมะขาม [สืบค้น], http:// www.doae.go.th./data/kasetF.htm [25/ May/ 15].

จุฑาภรณ์ ยนตมุติ, 2549, การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะประจำพันธุ์ของมะขามเปรี้ยว 5 พันธุ์, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นพพล เล็กสวัสดิ์ สุภเวท มานิยม สุธีกานต์ สุวรรณธีรางกูร ธนพร วงศ์จินดารักษ์ วงศ์วัฒน์ เตมียบุตร ธิดารัตน์ สืบสง่า สิริลักษณ์ ปิยวรนนท์ และเกศินี ยะจอม, 2550, การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนจากส่วนต่างๆ ของต้นยอ (*Morinda* sp.) ระหว่างวิธีสกัดดั้งเดิมด้วยคลอโรฟอร์ม-เมทานอล-อีเทอร์ และวิธีสกัดแบบอื่นๆ, โครงงานวิจัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สุรีวรรณ สุคนธรส, 2549, การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะประจำพันธุ์ของมะขามหวาน 5 พันธุ์, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โอภาษ บุญเส็ง, 2550, มะขามเปรี้ยวฝักยักษ์ อีกหนึ่งพืชทางเลือก [สืบค้น], http://info.matichon.co.th [ 5/May/15].

Abukakar, M.G., Ukwuani, A.N. and Shehu, R.A., 2008, Phytochemical Screening and Antibacterial Activity of *Tamarindus Indica* Pulp Extract, Journal of Biochemistry, 3(2): 134-138.

Duvivier, P., Hsieh, P.C., Lai, P.Y. and Charles, A.L., 2008, Evaluation of Drying Methods on Antioxidant Activity, Total Phenolic and Total Carotenoid Contents of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) var. Tainong73, Journal of International Cooperation, 3: 73-86.

Hemwimol, S., Pavasant, P. and Shotipruk, A., 2006, Ultrasound-assisted Extraction of Anthraquinones from Roots of *Morinda citrifolia*, Ultrasonics Sonochemistry, 13: 543-548.

Manohar, B., Ramakrishna, P. and Udayasankar, K., 1991, Some Physical Properties of Tamarind (*Tamarindus indica* L.) Juice Concentrates, Journal of Food Engineering, 13(4): 241-258.

**Table 1** Tartaric acid (TA), total soluble solid (TSS), TSS/TA, anthraquinone contents, antioxidant EC50 values, L* value of 14 sour tamarind cultivars at 0 and 1 year storages.

| Cultivars | % TA | | % TSS | | TSS/TA | | Anthraquinone (mg/g) | | Antioxidant ($EC_{50}$) | | L* (Lightness) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | storage | | | | | | | | | | | |
| | 0 year | 1 year | 0 year | 1 year | 0 year | 1 year | 0 year | 1 year | 0 year | 1 year | 0 year | 1 year |
| 1. 'Kradarn' | 18.04$^{de}$ | 16.34$^{bcde}$ | 57.20$^{e}$ | 74.07$^{a}$ | 3.18$^{defg}$ | 4.56$^{bcd}$ | 67.34$^{ab}$ | 82.06$^{def}$ | 48.32$^{ab}$ | 68.74$^{b}$ | 31.26$^{ab}$ | 13.35$^{abc}$ |
| 2. 'Chaikhomin' | 30.09$^{a}$ | 22.22$^{a}$ | 74.80$^{abc}$ | 69.67$^{ab}$ | 2.50$^{g}$ | 3.14$^{cd}$ | 46.59$^{bc}$ | 99.34$^{bc}$ | 39.61$^{a}$ | 62.59$^{ab}$ | 29.88$^{ab}$ | 9.36$^{abc}$ |
| 3. 'Dokkhinghuk' | 24.86$^{abc}$ | 20.68$^{ab}$ | 63.80$^{de}$ | 71.87$^{a}$ | 2.57$^{fg}$ | 3.48$^{cd}$ | 38.13$^{c}$ | 84.71$^{de}$ | 57.53$^{ab}$ | 50.84$^{ab}$ | 31.19$^{ab}$ | 7.52$^{bc}$ |
| 4. 'Pakchong 1' | 27.39$^{ab}$ | 19.14$^{abcd}$ | 68.20$^{cd}$ | 71.87$^{a}$ | 2.50$^{g}$ | 3.76$^{cd}$ | 69.26$^{ab}$ | 123.55$^{a}$ | 55.51$^{ab}$ | 41.69$^{a}$ | 31.07$^{ab}$ | 7.44$^{bc}$ |
| 5. 'Pakchong 3' | 11.39$^{f}$ | 11.33$^{f}$ | 78.47$^{abc}$ | 74.07$^{a}$ | 6.91$^{a}$ | 6.54$^{a}$ | 50.74$^{abc}$ | 62.64$^{g}$ | 60.68$^{ab}$ | 59.92$^{ab}$ | 26.44$^{b}$ | 12.97$^{abc}$ |
| 6. 'Pakchong 4' | 24.97$^{abc}$ | 18.32$^{abcd}$ | 85.07$^{a}$ | 69.67$^{ab}$ | 3.45$^{cde}$ | 3.92$^{cd}$ | 51.25$^{abc}$ | 50.54$^{h}$ | 52.89$^{ab}$ | 65.83$^{ab}$ | 33.12$^{a}$ | 7.64$^{bc}$ |
| 7. 'Pakchong 5' | 21.40$^{cd}$ | 18.26$^{abcd}$ | 75.53$^{abc}$ | 71.87$^{a}$ | 3.55$^{cde}$ | 3.94$^{cd}$ | 67.68$^{ab}$ | 101.45$^{b}$ | 60.74$^{ab}$ | 42.02$^{a}$ | 30.94$^{ab}$ | 8.16$^{abc}$ |
| 8. 'Fuktrongratburi' | 20.24$^{cd}$ | 12.54$^{ef}$ | 82.87$^{ab}$ | 71.13$^{ab}$ | 4.10$^{c}$ | 5.88$^{ab}$ | 50.63$^{abc}$ | 71.01$^{fg}$ | 51.31$^{ab}$ | 75.83$^{b}$ | 31.55$^{ab}$ | 14.35$^{ab}$ |
| 9. 'Prajaeowtak' | 17.49$^{de}$ | 15.79$^{cdef}$ | 71.87$^{bcd}$ | 65.27$^{ab}$ | 4.12$^{c}$ | 4.13$^{cd}$ | 55.95$^{abc}$ | 82.47$^{def}$ | 67.67$^{b}$ | 66.82$^{ab}$ | 28.25$^{ab}$ | 5.68$^{c}$ |
| 10. 'Rittisorn' | 22.28$^{bcd}$ | 18.26$^{abcd}$ | 74.80$^{abc}$ | 66.00$^{ab}$ | 4.12$^{c}$ | 3.69$^{cd}$ | 71.10$^{a}$ | 81.09$^{def}$ | 49.17$^{ab}$ | 42.18$^{a}$ | 27.88$^{ab}$ | 16.08$^{a}$ |
| 11. 'Sakeaw' | 24.53$^{abc}$ | 20.19$^{abc}$ | 82.87$^{ab}$ | 60.87$^{b}$ | 3.39$^{cde}$ | 3.04$^{d}$ | 64.27$^{ab}$ | 88.52$^{cd}$ | 41.36$^{ab}$ | 60.01$^{ab}$ | 31.13$^{ab}$ | 6.60$^{bc}$ |
| 12. 'Sathingpra' | 29.48$^{a}$ | 21.84$^{a}$ | 82.87$^{ab}$ | 71.87$^{a}$ | 2.85$^{efg}$ | 3.29$^{cd}$ | 60.12$^{abc}$ | 99.23$^{bc}$ | 42.06$^{ab}$ | 50.82$^{ab}$ | 33.24$^{a}$ | 8.29$^{abc}$ |
| 13. 'Nongsarai' | 14.58$^{ef}$ | 14.74$^{def}$ | 72.60$^{bcd}$ | 69.67$^{ab}$ | 5.02$^{b}$ | 4.73$^{bc}$ | 53.54$^{abc}$ | 64.06$^{g}$ | 68.66$^{b}$ | 57.28$^{ab}$ | 32.19$^{ab}$ | 8.71$^{abc}$ |
| 14. 'Inthon' | 21.12$^{cd}$ | 16.28$^{bcde}$ | 77.73$^{abc}$ | 66.73$^{ab}$ | 3.69$^{cd}$ | 4.18$^{cd}$ | 69.42$^{ab}$ | 74.10$^{efg}$ | 33.92$^{a}$ | 61.27$^{ab}$ | 32.55$^{ab}$ | 14.30$^{ab}$ |
| F-test | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | * | ** |
| C.V.(%) | 10.47 | 10.66 | 5.80 | 6.11 | 9.07 | 14.77 | 15.88 | 5.80 | 20.34 | 17.65 | 10.75 | 31.38 |

Means followed by the same latter in each column are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at p.>0.05.

** The average of data with different latter in each column are significantly different at the statistical level of confidence of 99%.

* The average of data with different latter in each column are significantly different at the statistical level of confidence of 95%.

# อัตราการพองตัวของเอกซ์ทรูเดตแป้งข้าวผสมหน่อไม้
# Expansion Ratio of Rice Starch Extrudates with Bamboo Shoots

ณัติฐพล ไข่แสงศรี[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ แฟรงก์ มาทา[2]
Kaisangsri, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Matta, F.B.[2]

## Abstract

Rice starch was extruded using a single screw extruder with the inclusion of bamboo shoots at levels of 2.5, and 5% (w/w of starch) at screw speeds of 50, 60 and 70 rpm. The optimized condition of the effects of bamboo shoot contents and screw speed on the physico-chemical characteristics of the extruded rice starch was determined by response surface methodology. Results showed that the addition of 2.5% bamboo shoots led to an increased expansion ratio of rice starch extrudates as compared to the control (without bamboo shoot). On the other hand, the expansion ratio decreased when bamboo shoot level was increased to 5%. Moreover, rice starch extrudates mixed with 2.5% bamboo shoot increased the water absorption index, and the water solubility index, but decreased density. The greatest expansion ratio was observed in the rice starch extrudates with 2.5% bamboo shoot inclusion, and at 70 rpm screw speed.

**Keywords**: screw speed, response surface methodology, expansion ratio

## บทคัดย่อ

แป้งข้าวขึ้นรูปด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยวร่วมกับการเติมหน่อไม้ร้อยละ 2.5 และ 5 ของน้ำหนักแป้ง ที่ความเร็วสกรู 50, 60 และ 70 รอบต่อนาที สภาวะที่เหมาะสมของผลของปริมาณหน่อไม้และความเร็วสกรูต่อคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมีของเอกซ์ทรูเดตแป้งข้าวโดยใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง ผลการทดลองพบว่าการเติมหน่อไม้ร้อยละ 2.5 ทำให้อัตราการพองตัวของเอกซ์ทรูเดตแป้งข้าวเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับเอกซ์ทรูเดตแป้งข้าว (control) และเมื่อเพิ่มปริมาณหน่อไม้ร้อยละ 5 พบว่าอัตราการพองตัวของเอกซ์ทรูเดตแป้งข้าวลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าเอกซ์ทรูเดตแป้งข้าวผสมหน่อไม้ร้อยละ 2.5 ทำให้ดัชนีการดูดซึมน้ำและดัชนีการละลายน้ำเพิ่มขึ้น แต่ความหนาแน่นลดลง โดยสภาวะที่เหมาะสมต่อการพองตัวของเอกซ์ทรูเดตแป้งข้าวคือการเติมหน่อไม้ร้อยละ 2.5 และความเร็วสกรู 70 รอบต่อนาที

**คำสำคัญ**: ความเร็วสกรู วิธีการพื้นผิวตอบสนอง อัตราการพองตัว

## Introduction

The extrusion-cooking process represents one of the fastest-growing technology. Extrusion technology has become more popular due to its versatility, high productivity, and relative low cost. Extrusion can be used to produce direct-expanded snack foods and cereals (Robin et al., 2011). Extruded products are typically made by subjecting a raw material, often flour, to high temperatures while also creating a high shear and high pressure environment using rotating screws (Ganjyal et al., 2003). Many types of starches are used in extrusion processing including corn (*Zea mays* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.), and rice (*Oryza sativa* L.) (Dehghan-Shoar et al., 2010; Robin et al., 2011; Singkhornart et al., 2014). The starch in extrusion cooking is gelatinized and dextrinized using a combination of temperature, moisture, shear, and pressure before being pushed through a die. Upon exiting the die, the pressure and temperature of the product equilibrate with the surrounding environment, causing rapid structural expansion as the water in the product vaporizes (Alvarez-Martinez et al., 1988). Products are often dried further and may undergo other post-extrusion processing to create a crunchy snack or cereal product (Moscicki, 2011).

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25., Thakam, Bangkhuntien, Bangkok 10150
[2] P.O Box 9555, MS State, Mississippi, 39762, USA

Various reports have studied several materials incorporated with fruits and vegetables, such as, cauliflower and tomato pomace for increasing dietary fiber in extruded products (Altan et al., 2008). One of the interesting materials of dietary fiber in extruded products is bamboo shoots which are considered a health food, since they are endowed with health enhancing properties rich in nutrient components, low in calories and high in dietary fiber. Therefore, the objective of this study was to investigate the effect of incoporating various bamboo shoot contents and screw speeds on the physico-chemical properties of rice starch extrudates to develop a functional food snack.

## Materials and Methods

**Sample preparation**: Rice starch was replaced with dry bamboo shoot powder at levels of 0%, 2.5%, and 5%. Each sample of rice starch was adjusted to moisture content of 18% (±0.5) w.b. The required amount of water was added and all the ingredients were mixed in a kitchen mixer (HM-275, China) for 10 min.. After mixing samples were stored in polyethylene bags at 4ºC for 24 h.

**Extrusion**: Extrusion was performed using a single screw extruder. The equilibrated samples were fed into the extruder. Screw speed was varied at 50, 60 and 70 rpm The barrel diameter and L/D ratio were 37 mm and 18:1, respectively. The barrel temperatures of the first zone was 70ºC at the feed entry and 110ºC at the die exit. A rod shaped die with a diameter of 2.0 mm was used.

**Product characteristics**: Radial expansion ratio was determined by dividing the average cross-sectional diameter of the starch extrudates by the die nozzle diameter of 2.0 mm. Unit density was determined using a glass bead displacement method (Ganjyal et al., 2004). Water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI) were determined following the procedures described by Anderson et al. (1969).

**Experimental design for optimization using response surface methodology (RSM)**: To estimate the effect of bamboo shoot content and screw speed on physico-chemical characteristics, the response surface (y) was fitted with a second-order polynomial model according to Eq. (1) with software Statistica version 8.0.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 \qquad (1)$$

Where y = the responses $x_1$ = bamboo shoot content, $x_2$ = screw speed, $b_0$ = intercepts, $b_1$ and $b_2$ represents the linear effects, $b_{11,}$ $b_{22}$, $b_{22}$, = represents the quadratic terms and $b_{12}$ is interaction regression coefficient terms. Coefficients of determination ($R^2$) were computed.

## Results and Discussion

The appearance of rice starch extrudates with different bamboo shoot content and screw speed are shown in Figure 1. The expansion ratio (ER) of rice starch extrudates ranged from 3.4 - 4.4 (Figure 2a). Bamboo shoot content and screw speed were significantly affected on ER ($P<0.05$). The regression model fitted experimental data of ER showed a good correlation coefficient in Eq. (2) ($R^2$=0.998). Results also showed that the addition 2.5% of bamboo shoot led to increased ER as compared to the control. Addition of bamboo shoot at low levels allowed good distribution and helped strengthen the starch matrix helping to increase the ER. On the other hand, the ER decreased when bamboo shoot was increased to 5%. An increase in bamboo shoot content might have caused non-uniform distribution of fiber in the starch matrix during extrusion. The resulted aggregation of the fiber in random spots of the starch matrix might be the due to discontinuity in the starch matrix (Ganjyal et al., 2004).

$$ER = 1.582 + 0.404x_1 + 0.037x_2 - 0.058x_1x_1 - 0.002\,x_1x_2 \qquad (2)$$

Results showed that density of rice starch with bamboo shoot extrudates were significantly affected ($P<0.05$). Regression model fitted to experimental results of density showed a good correlation coefficient in Eq. (3) ($R^2$=0.999). Density was inversely proportional to the expansion ratio of the extrudates (Figure 2b).

Density of the extrudates decreased with increased screw speed, because of specific mechanical energy. Increasing bamboo shoot content resulted in an increase of density of the extrudates. This could be attributed to reduce radial expansion and improper fiber distribution within the expanded network of starch extrudates (Lee et al., 2009).

$$\text{Density} = 0.918 + 0.150x_1 - 0.009x_2 - 0.014x_1x_1 - 0.001\,x_1x_2 \qquad (3)$$

RSM was applied for water absorption index (WAI) and water soluble index (WSI) using the following model Eqs. (4) and (5), respectively. The coefficients of determination of the regression model for WAI and WSI of rice starch extrudates with bamboo were 0.975 and 0.934, respectively. The WAI ranged from 3.8 to 5.6 g/g and the WSI ranged from 1.6 to 8.2% for extrudates of rice starch mixed with bamboo shoots (Fig. 2c and 2d). The WAI and WSI increased significantly ($P<0.05$) with increasing screw speed of rice starch extrudates (Figure 2c and 2d). This increase might be related to increased specific mechanical energy with increased screw speed. The high mechanical energy could probably induce a more open structure of fiber allowing more water to enter into contact with hydrophilic groups resulted in higher absorption and solubility (Altan et al., 2008).

$$\text{WAI} = 1.701 + 0.909x_1 + 0.045x_2 - 0.117x_1x_1 - 0.004\,x_1x_2 \qquad (4)$$

$$\text{WSI} = -2.663 + 3.544x_1 + 0.085x_2 - 0.656x_1x_1 - 0.001\,x_1x_2 \qquad (5)$$

## Summary

This study was conducted to optimize the effect of bamboo shoot and screw speed on the physico-chemical characteristics of the extruded rice starch into a functional food snack. The incorporation of 2.5% bamboo shoot into extruded starch with screw speed of 70 rpm was found optimum for maximum expansion ratio, water absorption index, and the water solubility index. Further studies should be conducted on the effect of rice starch extradates mixed with bamboo shoot on texture and sensory qualities.

## Acknowledgments

This work was supported by the National Research University (NRU) Project of Thailand of the Office of the Higher Education Commission, the King Mongkut's University of Technology Thonburi.

## Literature cited

Altan, A., McCarthy, K.L., and Maskan, M., 2008, Twin-screw Extrusion of Barley and Grape Pomace Blends: Extrudate Characteristics and Determination of Optimum Processing Conditions, Journal of Food Engineering, 89(1): 24-32.

Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F., Griffin, J., E. L., 1969, Gelatinization of Corn Grits by Roll- and Extrusion-Cooking. Cereal Science Today 14(4-7): 11-12.

Dehghan-Shoar, Z., Hardacre, A.K., and Brennan, C.S., 2010, The Physico-chemical Characteristics of Extruded Snacks Enriched with Tomato Lycopene, Food Chemistry, 123(4): 1117-1122.

Ganjyal, G.M., Hanna, M.A., and Jones, D.D., 2003, Modeling Selected Properties of Extruded Waxy Maize Cross-Linked Starches with Neural Networks, Journal of Food Science, 68(4): 1384-1388.

Ganjyal, G.M., Reddy, N., Yang, Y.Q., Hanna, M.A., 2004, Biodegradable packaging foams of starch acetate blended with corn stalk fibers. Journal of Applied Polymer Science 93: 2627-2633.

Lee, S.Y., Eskridge, K.M., Koh, W.Y., and Hanna, M.A., 2009, Evaluation of Ingredient Effects on Extruded Starch-Based Foams using a Supersaturated Split-Plot Design, Industrial Crops and Products, 29(2-3): 429-436.

Moscicki, L., 2011, Extrusion-cooking Techniques: Applications, Theory and Sustainability, Weinheim, Germany: Wiley-VCH.

Robin, F., Dubois, C., Curti, D., Schuchmann, H.P., and Palzer, S., 2011, Effect of wheat bran on the mechanical properties of extruded starchy foams, Food Research International, 44: 2880–2888.

Singkhornart, S., Edou-ondo, S., and Ryu, G.H., 2014, Influence of Germination and Extrusion with $CO_2$ Injection on Physicochemical Properties of Wheat Extrudates, Food Chemistry, 143: 122-131.

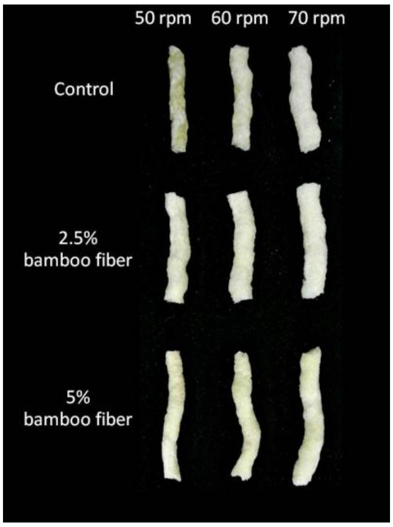



**Figure 1.** The appearance of rice starch extrudates with different bamboo shoot content and screw speed.

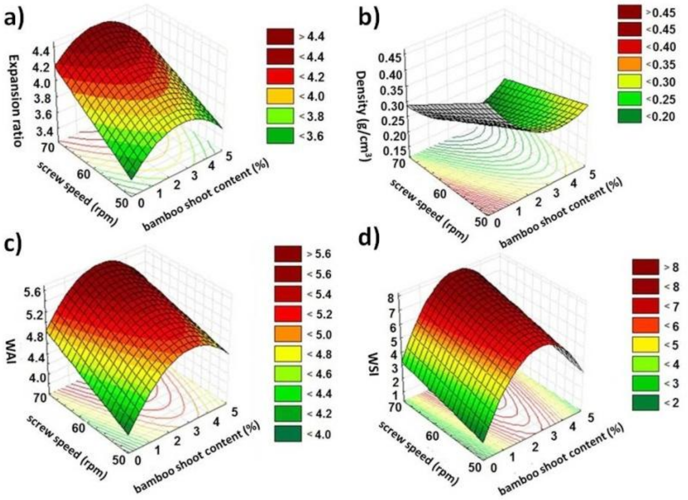



**Figure 2.** Response surfaces for the effect of bamboo shoot fiber content and screw speed on (a) expansion ratio, (b) density, (c) water absorption index, and (d) water solubility index of rice starch extrudates.

# สภาวะการสกัดและลักษณะเคมีกายภาพของพอลิแซคคาร์ไรด์จากฝักกระเจี๊ยบเขียว

# Condition Extraction and Physicochemical Properties of Polysaccharide from Okra Pod

กมลวรรณ เที่ยงตรง[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ แฟรงก์ บี. มาทา[2]

Thiengtrong, K.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1], and Matta, F.B.[2]

## Abstract

Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) is a tropic of plant. Okra pods have high polysaccharides which have the potential to be used in pharmaceutical and food applications. Polysaccharides from okra extracted with 0.05 M HCl yield were 18.34% higher than polysaccharide extracted with 0.05 M NaOH (13.97%) and water (13.40%) extraction at 80°C.The polysaccharides extracts of 3 condition have L* value ranging from 50.25 to 68.27, and total sugar content ranging from 31.29 to 37.58%. Functional groups were determined by fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR). Results showed a hydroxyl group of 3434 $cm^{-1}$, methyl group of 2935 $cm^{-1}$ and carbonyl group of 1739 $cm^{-1}$. Rheological of polysaccharide extracted with water displayed the highest viscosity of 229.0 cp. at concentration 0.5% w/v.

**Keywords:** polysaccharide, physicochemical, okra

## บทคัดย่อ

กระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus* L.,) เป็นพืชเขตร้อน ฝักของกระเจี๊ยบเขียวมีพอลิแซคคาร์ไรด์สูงซึ่งสามารถนำมาใช้ในด้านอาหารและยา พบว่าพอลิแซคคาร์ไรด์จากฝักกระเจี๊ยบเขียวสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ มีเปอร์เซนต์การสกัดเท่ากับ 18.34% สูงกว่าพอลิแซคคาร์ไรด์ที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ (13.97%) และน้ำ (13.40%) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พอลิแซคคาร์ไรด์ที่สกัดได้ทั้งสามสภาวะมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ระหว่าง 50.25 - 68.27 ปริมาณน้ำตาลรวมระหว่าง 31.29-37.58% เมื่อวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วย Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) พบหมู่ไฮดรอกซิล (3434 $cm^{-1}$) หมู่เมททิล (2935 $cm^{-1}$) และหมู่คาร์บอนิล (1739 $cm^{-1}$) แต่พอ-ลิแซคคาร์ไรด์จากการสกัดด้วยน้ำ ให้ค่าความหนืดมากที่สุดเท่ากับ 229.0 cp ที่ความเข้มข้น 0.5% w/v.

**คำสำคัญ**: พอลิแซคคาร์ไรด์ เคมีกายภาพ กระเจี๊ยบเขียว

## คำนำ

กระเจี๊ยบเขียวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. อยู่ในวงศ์ Malvaceae เป็นพืชพื้นเมืองของแอฟริกา นิยมปลูกมากในพื้นที่เขตร้อนและอบอุ่น เช่นเอเชียและทางตอนใต้ของสหรัฐอเมริกา ฝักกระเจี๊ยบเขียวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากมีสารฟีนอลิก (phenolic) และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) สูง นอกจากนี้ยังมีลักษณะเป็นเมือกเหนียวเมื่อสกัดฝักกระเจี๊ยบเขียวด้วยน้ำพบว่ามีพอลิแซคคาร์ไรด์ชนิดกรด (acidic polysaccharide) ประกอบด้วยน้ำตาล rhamnose, galactose และ galactulonic acid (Whistler และ Conred, 1954) สารสกัดพอลิแซคคาร์ไรด์จากกระเจี๊ยบเขียวสามารถใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารก่ออิมัลชั่นในอาหาร สารนำส่งยา และโพรไบโอติก (Georgiadis และคณะ, 2011) การแยกสกัดพอลิแซคคาร์ไรด์สามารถทำได้หลายวิธีเช่นการสกัดด้วยน้ำ (Jani และคณะ, 2009) สารละลายกรด-ด่าง (Rombouts และ Thibault, 1986) การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Qiu และคณะ, 2010) และการใช้เอนไซม์ (Pan และคณะ, 2015) ในปี 2013 Samavati ได้สกัดพอลิแซคคาร์ไรด์จากฝักกระเจี๊ยบเขียวด้วย sodium acetate buffer pH 5.2 โดยวิธี water decoction ที่อัตราส่วนสารละลายบัฟเฟอร์ต่อกระเจี๊ยบเขียว 21.74:1 อุณหภูมิ 94.97°C เวลา 4.94 ชั่วโมง ให้ร้อยละผลผลิตมากที่สุดเท่ากับ 16.895 และการสกัดด้วยน้ำโดยใช้ไมโครเวฟ เวลา 67.11 min อุณหภูมิ 73.33°C ที่กำลังไฟฟ้า 395.56 Watt ให้ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 14.911 (Samavati, 2013b) มีการสกัด

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University, 49 Tien-talay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, Starkville MS 39762, fmatta@pss.msstate.edu

พอลิแซคคาร์ไรด์จากกระเจี๊ยบเขียวแบบลำดับขั้นโดยเริ่มจากสกัดด้วย sodium acetate buffer pH 5.2 จากนั้นสกัดด้วย EDTA และ 0.05 M sodium acetate ที่เตรียมใน 0.05 M sodium oxalate pH 5.2 และสุดท้ายสกัดต่อด้วย 0.05 M sodium hydroxide พบว่าพอลิแซคคาร์ไรด์จากการสกัดในแต่ละขั้นมีขนาดและประจุภายในโมเลกุลไม่เท่ากัน โดยการสกัดด้วย sodium acetate buffer ให้ขนาดโมเลกุลต่ำสุดเท่ากับ 50 kDa โมเลกุลมีประจุมากสุดเท่ากับ -21.5 mV ส่งเสริมให้มีสมบัติทางรีโอโลยี (rheology property) ความสามารถเป็นตัวก่ออิมัลชั่นในสภาวะ oil-in-water ได้ดี เหนี่ยวนำให้เกิดภาวะ creaming โดยใช้ความเข้มข้นต่ำที่สุดเท่ากับ 0.125 %w/v ทั้งนี้เห็นได้ว่าวิธีการและสภาวะการสกัดที่แตกต่างกันทำให้พอลิแซคคาร์ไรด์ที่สกัดได้ต่างกันทั้งปริมาณและคุณภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการสกัดที่ต่างกัน (กรด ด่าง และกลาง) ต่อสมบัติเคมีกายภาพของพอลิแซคคาร์ไรด์ที่ได้จากฝักกระเจี๊ยบเขียว

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมตัวอย่าง ฝักกระเจี๊ยบเขียวจากสวนจังหวัดนครปฐม ขนาดฝักยาว 4-9 cm นำมาล้างทำความสะอาดแยกเมล็ดและแกนกลาง ตัดเป็นชิ้นบางประมาณ 3 mm แบ่งเป็น 2 ส่วนการทดลองคือ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อฝักกระเจี๊ยบ และสกัดแยกพอลิแซคคาร์ไรด์ในตัวทำละลาย 3 ชนิดคือ กรด ด่าง และน้ำ เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพที่แตกต่างกัน

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝักกระเจี๊ยบเขียว นำกระเจี๊ยบเขียวที่เตรียมไว้อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง บดด้วยเครื่องบด IKA รุ่น M 20 ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh วิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง Moisture Analyzer วิเคราะห์โปรตีน ไขมัน กากใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990)

ส่วนที่ 2 สกัดพอลิแซคคาร์ไรด์โดยแปรตัวทำละลายที่ใช้สกัด (กรดไฮโดรคลอริก โซเดียมไฮดรอกไซด์ และน้ำ) นำตัวอย่างกระเจี๊ยบเขียวสดที่เตรียมไว้ใส่ตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้น 99.95 % ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นกรองแยกตัวทำละลายออก ส่วนที่ไม่ละลายในเอทานอลนำมาสกัดแยกพอลิแซคคาร์ไรด์ด้วยน้ำกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.05 M และโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.05 M ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สกัดซ้ำ 2 ครั้ง กรองแยกกาก จากนั้นปรับสภาพ pH ให้เท่ากับ 4.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรครอริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.0 M ก่อนนำไปตกตะกอนแยกพอลิแซคคาร์ไรด์ด้วยเอทานอล 99.95% อัตราส่วน 1:3 ของปริมาตรสารละลายที่สกัดได้ต่อตัวทำละลายเอทานอล กรองแยกพอลิแซคคาร์ไรด์และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พอลิแซคคาร์ไรด์ที่สกัดได้จากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ได้เรียกว่า Okra acid (OA) พอลิแซคคาร์ไรด์ที่สกัดได้จากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เรียกว่า Okra base (OB) และพอลิแซคคาร์ไรด์ที่สกัดด้วยน้ำเรียกว่า Okra water (OW) จากนั้นนำไปตรวจวัดน้ำหนักเพื่อคำนวณร้อยละผลผลิต วัดค่าสีในระบบ CIE L*, a*, b* Chroma และ h° ด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-10 วัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Viscometer วัดที่ความเข้มข้นของพอลิแซคคาร์ไรด์เท่ากับ 0.5 %w/v และวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชั่นด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย Least significant difference (LSD) โดยโปรแกรม Statistical analysis system (1997)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แยกเมล็ดออกแล้วมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 5.64, 1.22, 2.07, 8.34, 16.34 และ 66.39 %w/w ตามลำดับ พอลิแซคคาร์ไรด์ที่สกัดด้วย 0.05 M HCl (OA) มีค่าความสว่าง (L*) สูงสุด และค่าสี a* และ b* ต่ำสุดเท่ากับ 68.27, 0.97, 10.90 ตามลำดับ มีสีขาวกว่าพอลิแซคคาร์ไรด์ที่สกัดจากน้ำ (OW) และ 0.05 M NaOH (OB) เนื่องจากกรดสามารถดึงแมกนีเซียมในโครงสร้างคลอโรฟิลล์ทำให้พอลิแซคคาร์ไรด์ที่ได้มีสีอ่อน (Mackinney และคณะ, 1940) ร้อยละผลผลิตพอลิแซคคาร์ไรด์ที่สกัดด้วยกรดมีค่าสูงสุดเท่ากับ 18.34 สอดคล้องกับร้อยละปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 37.58 ทั้งนี้เนื่องจากกรดสามารถตัดพันธะไกลโคซิดิกระหว่างพอลิแซคคาร์ไรด์และผนังเซลล์ทำให้สกัดพอลิแซคคาร์ไรด์ได้มากขึ้น ความหนืดของสารละลายพอลิแซคคาร์ไรด์ชนิด OW ที่ความเข้มข้น 0.05 %w/v มีค่าเท่ากับ 229.00 cp สูงกว่าความหนืดของพอลิแซคคาร์ไรด์ OA และ OB (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายกรดและด่างตัดสายพอลิแซคคาร์ไรด์ให้มีขนาดสั้นลง ทำให้ค่าความหนืดลดลง (Alba และคณะ, 2015) ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชั่นด้วย Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) ของพอลิแซคคาร์ไรด์ที่สกัดได้ทั้ง 3 สภาวะ (OA, OB และ OW) ให้ลักษณะสเปคตราที่คล้ายกัน มีพีคของหมู่ไฮดรอกซิล (O-H)

ช่วง 3429-3434 $cm^{-1}$ หมู่เมทิล (C-H) ช่วง 2934-2937 $cm^{-1}$ หมู่คาร์บอนิล (C=O) ช่วง 1731-1739 $cm^{-1}$ ของน้ำตาล galacturonic acid และความยาวคลื่นช่วง 1619-1646 $cm^{-1}$ ของคาร์บอนพันธะคู่ (C=C) ซึ่งอาจเป็นพีคของลิกนิน (Figure 1) สเปคตรา FT-IR ของพอลิแซคคาร์ไรด์ OB ที่สกัดจากด่างพบพีคช่วงความถี่ของหมู่คาร์บอนิลหายไปแสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาของเบสกับพอลิแซคคาร์ไรด์ระหว่างการสกัด (Sinha และคณะ 2015)

## สรุปผล

การสกัดพอลิแซคคาร์ไรด์จากฝักกระเจี๊ยบเขียวด้วยสารละลายกรด HCl ความเข้มข้น 0.05M ให้พอลิแซคคาร์ไรด์ที่มีค่าความหนืดต่ำสุด ปริมาณการสกัดสูงสุดและให้ลักษณะสีที่ดี สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสาร emulsifier สารเพิ่มความคงตัว หรือประยุกต์ร่วมกับอาหารต่อไปได้

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## เอกสารอ้างอิง

Alba, K., Laws A.P. and Kontogiorgos, V., 2015, Isolation and Characterization of Acetylated LM-pectins Extracted from Okra Pods, Food Hydrocolloids, 43: 726-735.

AOAC, 1995, Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, Virginia.

Jani, G.K., Shah, D.P., Prajapati, V.D. and Jain, V.C., 2009, Gums and Mucilages: Excipients for Pharmaceutical Formulation, Asian Journal of Pharmaceutical Sciences, 4(5): 308-322.

Georgiadis, N., Ritzoulis, C., Sioura, G., Kornezou, P., Vasiliadou, C. and Tsioptsias, C., 2011, Contribution of Okra Extracts to the Stability and Rheology of Oil-in-Water, Food Hydrocolloids, 25: 991-999.

Mackinney, G. and Weast, C.A., 1940, Color Changes in Green Vegetables, Industrial and Engineering Chemistry, 32: 392-395.

Pan, L.H., Wang, J., Ye, X.Q., Zha, X.Q. and Luo, J.P., 2015, Enzyme-assisted Extraction of Polysaccharides from *Dendrobium chrysotoxum* and its Functional Properties and Immunomodulatory Activity, LWT-Food Science and Technology, 60: 1149-1154.

Qiu, L.P., Zhao, G.L., Wu, H., Jiang, L., Li, X.F. and Liu, J.J., 2010, Investigation of Combined Effects of Independent Variables on Extraction of Pectin from Banana Peel Using Response Surface Methodology, Carbohydrate Polymers, 80: 326-331.

Samavati, V., 2013a, Polysaccharide Extraction from *Abelmoschus esculentus*: Optimization by Response Surface Methodology, Carbohydrate Polysaccharides, 95: 588-597.

Samavati, V., 2013b, Central Composite Rotatable Design for Investigation of Microwave-assisted Extraction of Okra Pod Hydrocolloid, International Journal of Biological Macromolecules, 61: 142-149.

Sinha, P., Ubaidulla, U. and Nayak, A.K., 2015, Okra (*Hibiscus esculentus*) Gum-aginate Blend Mucoadhesive Beads for Controlled Glibenclamide Release, International Journal of Biological Macromolecules, 72: 1069-1075.

Whistler, R.L. and Conrad, H.E., 1993, A Crystalline Galactobiose from Acid Hydrolysis of Okra Mucilage, Journal of the American Chemical Society, 76: 1673-1974.

**Table 1** Physicochemical properties of polysaccharide from Okra extracted with hydrochloric solution, sodium hydroxide solution and water.

| Sample | % Yield | % Total sugar | Viscosity (cp) | Color | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | L* | a* | b* | chroma | h° |
| OA | 18.34[a] | 37.58[a] | 141.67[b] | 68.27[a] | 0.97[c] | 10.90[c] | 10.94[a] | 84.93[a] |
| OB | 13.07[b] | 32.63[b] | 150.67[b] | 50.25[b] | 6.03[a] | 17.72[b] | 18.71[b] | 71.21[c] |
| OW | 13.40[b] | 31.29[b] | 229.00[a] | 50.45[b] | 3.66[b] | 18.42[a] | 18.78[b] | 78.78[b] |

Note - OA, OB and OW are polysaccharides from 0.05 M HCl, 0.05 M NaOH and water condition

- a, b and c letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$) as determined using LSD test.

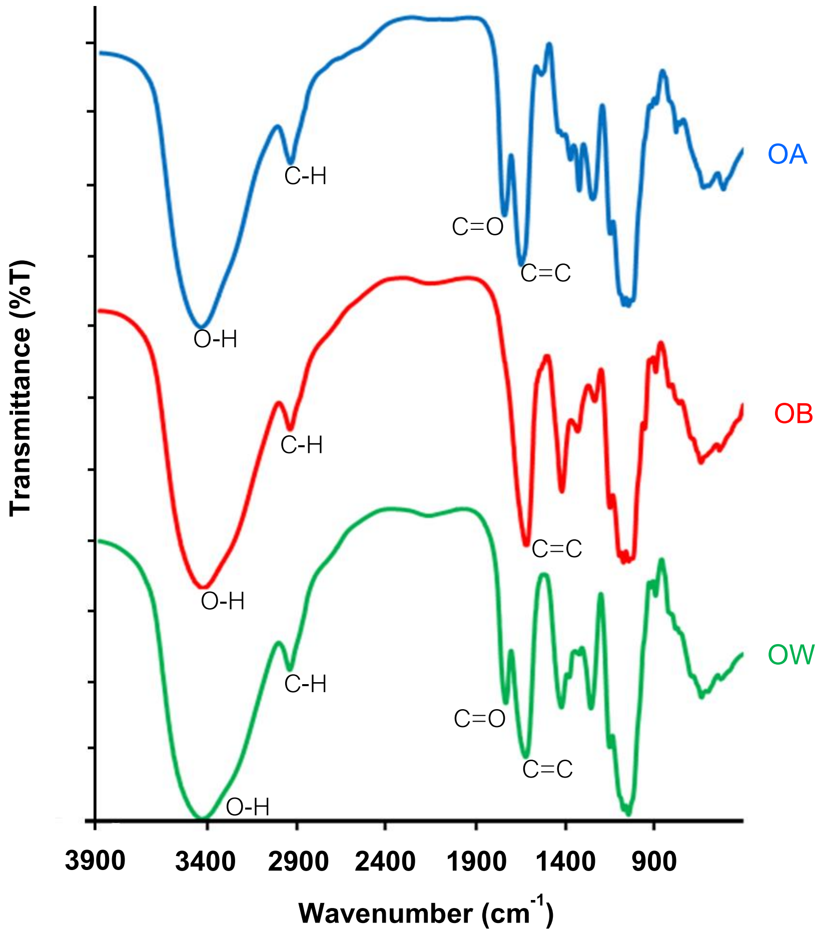



**Figure 1** FT-IR spectra of OA, OB and OW

# การคัดเลือกและการแยกเชื้อแบคทีเรียจากถั่วเน่าเพื่อใช้ปรับปรุงคุณค่าโภชนาการกากถั่วเหลืองหมักในอาหารสัตว์

## Screening and Isolation of Bacteria from Thua-nao for Improving Nutritive Values of Fermented Soybean Meal in Animal Feed

อุไล ภู่ประสง[1] ปรารถนา เกตุบท[2] เกษรา เพิ่มสุข[2] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[2] ภัทรา ผาสอน[2] กนก รัตนะกนกชัย[1] และ รัตติยา แววนุกูล[2]

Phoupasong, O.[1], Ketbot, P.[2], Phoemsuk, K.[2], Tachaapaikoon, C.[2], Pason, P.[2], Ratanakhanokchai, K.[1] and Waeonukul, R.[2]

## Abstract

Soybean meal (SBM) is the most widely used protein source in the animal feed industry. However, a variety of antinutritional factors, such as allergenic proteins and non-starch polysaccharides (NSPs), have limited the application of soybean meal in animal feed. Microbial fermentation of SBM is expected to increase nutritional values and also eliminate the antinutritional factors. The aim of this research was to screen and isolate bacteria with high protein- and NSPs degrading enzymes from Thua-nao, traditional fermented soybean food in northern Thailand for improving nutritive values of SBM. A total of 28 isolates showed high proteolytic activity which was indicated by clear zone formation on skim milk agar plate. Among these isolates, only 5 isolates namely, S1/1A, S1/3A, S5/1C, S5/2C and S6/1D exhibited high NSPs degrading enzyme activities (cellulase and mannanase). These 5 isolates were identified to be a strain of *Bacillus,* according to their morphological characteristics.

**Keywords:** animal feed, non-starch polysaccharide, protease producing bacteria, Thua-nao, soybean meal

## บทคัดย่อ

กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนที่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ แต่อย่างไรก็ตามกากถั่วเหลืองยังคงมีข้อจำกัดสำหรับนำไปใช้ในอาหารสัตว์ เนื่องจากมีสารต้านโภชนะหลายชนิด เช่น กลุ่มโปรตีนที่ทำให้เกิดภูมิแพ้ และสารพอลิแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง ดังนั้นการหมักกากถั่วเหลืองด้วยจุลินทรีย์เป็นกรรมวิธีหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มคุณค่าโภชนาการและกำจัดสารต้านโภชนะได้ จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการคัดเลือกและแยกเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์ที่สามารถย่อยโปรตีนและสารพอลิแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้งได้ดี โดยคัดแยกจากถั่วเน่าหรือถั่วเหลืองหมักพื้นเมืองทางภาคเหนือของไทย ผลการทดลองพบว่า 28 สายพันธุ์ที่คัดแยกได้สามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอสและแมนนาเนสได้ดีมาก และมีเพียง 5 สายพันธุ์ (S1/1, S1/3, S5/1, S5/2 and S6/1) ที่สามารถผลิตได้ทั้งเอนไซม์โปรติเอส แมนนาเนส และเซลลูเลส และพบว่าน่าจะเป็นกลุ่มของ *Bacillus* จากการจัดจำแนกชนิดของของจุลินทรีย์ตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา น่าจะมีแนวโน้มที่ดีสำหรับนำไปใช้ปรับปรุงคุณค่าโภชนาการกากถั่วเหลืองหมัก

**คำสำคัญ:** กากถั่วเหลือง ถั่วเน่า แบคทีเรียที่ผลิตโปรติเอส สารพอลิแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง อาหารสัตว์

## Introduction

Soybean meal (SBM), the by-product after oil extraction of soybeans has become increasingly important as a feed component and is used in variable amounts in the feeding of all species in animal production to replace fishmeal and skim milk in the diets (Pettersson and Pontoppidan, 2013; Wongputtisin *et al.*, 2012). Its high

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

contents of crude protein, excellent amino acid profile, carbohydrates and isoflavones are just some of the benefits of using soybeans. Unfortunately, SBM contains several anti-nutritional factors such as large proteins, allergenic proteins and indigestible non-starch polysaccharides (NSPs), i.e. cellulose and mannan that resist to digestive enzymes, decrease digestibility and depress growth performance in animal (Pettersson and Pontoppidan, 2013; Wongputtisin *et al*., 2012; 2014). Microbial fermentation of SBM is interesting way for reducing these undesirable factors. Using microorganism with high protease and NSPs degrading enzymes activities can improve the nutritional value of SBM through the reduction of large allergenic proteins, and NSPs. Therefore, isolation of new food-derived bacteria that are capable of effective SBM fermentation will be beneficial to the animal production industry. This study aimed to screen and isolate for a suitable fermentative bacteria with high protease and NSPs degrading enzymes activities from Thua-nao, traditional fermented soybean food in northern font of Thailand. Thua-nao, fermented by many *Bacillus* spp. has been reported on nutritional enhancement of fermented soybean food for human consumption (Kiers *et al*., 2000; Wongputtisin *et al*., 2007; 2012). Therefore, fermentation of SBM using effective *Bacillus* spp. isolated from Thua-nao is very interesting as an alternative fermentative microorganism for improving nutritive value of SBM.

## Materials and Methods

Thau-nao samples were collected from different local markets in northern font of Thailand. Bacteria were firstly screened and isolated for protease activity using a serial dilution method. Samples were inoculated on soybean meal agar plates that supplemented with skim milk (2%) for screening of protease activity, and then incubated at 37°C for 24 h. Colonies that were able to grow on this media and were able to demonstrate a clear zone around its colony were selected for the second round of screening. The colonies were transferred and isolated more than seven times to insure the purity and protein degrading ability of isolates. Thereafter, isolated protease producing bacteria were transferred to soybean meal agar plate that supplemented with each of 1% (w/v) locust bean gum (LBG) and carboxymethyl cellulose (CMC) separately, for screening of mannanase and cellulase activities, respectively, and incubated at 37°C for 24 h and subsequently developed by congo red staining and 1 M NaCl washing. The formed clear zone represented the enzyme activity. To select new bacteria producing protease and non-starch polysaccharides degrading enzymes activities, pure isolated strains from Thau-nao samples were compared to *Bacillus subtilis* TISTR 001. *B. subtilis* TISTR 001 purchased from Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) was used as a positive control due to its previous observation for fermentation of soybean and mungbean. The potent protease and NSPs degrading enzymes producing bacteria have been identified based on morphological and physiological characteristics.

## Results and Discussion

Thau-nao samples were collected from different local markets in northern font of Thailand for screening and isolation of protease and NSPs degrading enzymes producing bacteria for improving nutritive values of fermented soybean meal. Screening of protease producing bacteria was performed using soybean meal agar plates that supplemented with skim milk. Clear zone forming colonies were sub-cultured for the purification of the isolates. Clear zones were formed because of the hydrolysis of casein by protease produced from the isolates. Repeated subcultures were performed up to uniform colonies were found. Finally, the bigger clear zone forming 28 isolates were selected. The radius of each clearance zones was measured and shown in Figure 1. The wider clear zone might be assumed as higher activity production. Therefore, there were 9 isolates, i.e. S1/1, S3/1, S3/2, S5/1, S5/2, S6/1, S6/3, S9/1 and S9/7 that showed satisfactory clear zone diameter which were higher than that of *B. subtilis* TISTR 001, the reference strain. Thereafter, 28 isolated

protease producing bacteria were transferred to soybean meal agar plate that supplemented with each of LBG and CMC separately, for screening of mannanase and cellulase activities, respectively. For mannanase screening, all of the isolates tested showed clear zone forming on LBG plate, indicating mannanase activity. Especially, S1/4, S5/1, S5/2, S7/2 and S9/1 demonstrated significantly higher than the reference strain (Figure 2). For cellulase screening, only 5 isolates, S1/1, S1/3, S5/1, S5/2 and S6/1 were able to demonstrate satisfactory clear zone, reflecting high cellulase producing ability while *B. subtilis* TISTR 001 could not form clear zone on CMC plate (Figure 3). Therefore, only 5 isolates, S1/1, S1/3, S5/1, S5/2 and S6/1 showing high protease, mannanase and cellulase activities, are promising candidates for improving nutritive values of fermented SBM.

The 5 promising candidates were identified based on morphological and physiological characteristics. These isolates are rod shaped and spore-forming bacterium. For Gram stain test, S1/3, S5/1 and S5/2 are Gram-positive while S1/1 and S6/1 are Gram- variable. The optimum temperature for growth of these isolates is 37$^{\circ}$C, but S5/1C, S5/2C can also grow at 50$^{\circ}$C. The morphological and physiological characteristics of these isolates are coincided with *Bacillus.* Therefore, these isolates were identified to be a strain of *Bacillus*.

## Summary

Microbial fermentation of SBM is alternative way for eliminating the anti-nutritional factors in animals feed and improving growth performance. This study aims to screen and isolate suitable fermentative bacteria with high protease and NSPs degrading enzymes activities from Thua-nao samples for improving nutritive values of fermented SBM. From the results, 5 isolates namely, S1/1, S1/3, S5/1, S5/2 and S6/1 showing high protease, mannanase and cellulase activities, are promising candidates for improving nutritive values of fermented SBM. These 5 isolates were identified to be a strain of *Bacillus,* according to the morphological characteristics.

## Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the financial support by UNESCO Biotechnology School in Asia and Research Budget from King Mongkut's University of Technology Thonburi.

## Literature cited

Kiers, J.L., Van Laeken, A.E.A., Rombouts, F.M. and Nout, M.J.R., 2000, *In vitro* Digestibility of *Bacillus* Fermented Soya Bean, International Journal of Food Microbiology, 60: 163-169.

Pettersson, D. and Pontoppidan, K., 2013, Soybean Meal and the Potential for Upgrading Its Feeding Value by Enzyme Supplementation In: El-Shemy H.A. editor. Soybean and Nutrition. 1st ed. Croatia: InTech; 2013. p. 287-307.

Wongputtisin, P., Khanongnuch, C., Pongpiachan, P. and Lumyong, S., 2007, Antioxidant Activity Improvement of Soybean Meal by Microbial Fermentation, Research Journal of Microbiology, 2: 577-583.

Wongputtisin, P., Khanongnuch, C., Kongbuntad, W., Niamsup, P. and Lumyong, S., 2012, Screening and Selection of *Bacillus* spp. for Fermented Corticate Soybean Meal Production, Journal of Applied Microbiology, 113: 798-806.

Wongputtisin, P., Khanongnuch, C., Kongbuntad, W., Niamsup, P., Lumyong, S. and Sarkar, P.K., 2014, Use of *Bacillus subtilis* Isolates from Tua-nao Towards Nutritional Improvement of Soya Bean Hull for Monogastric Feed Application, Letters in Applied Microbiology, 59: 328-333.

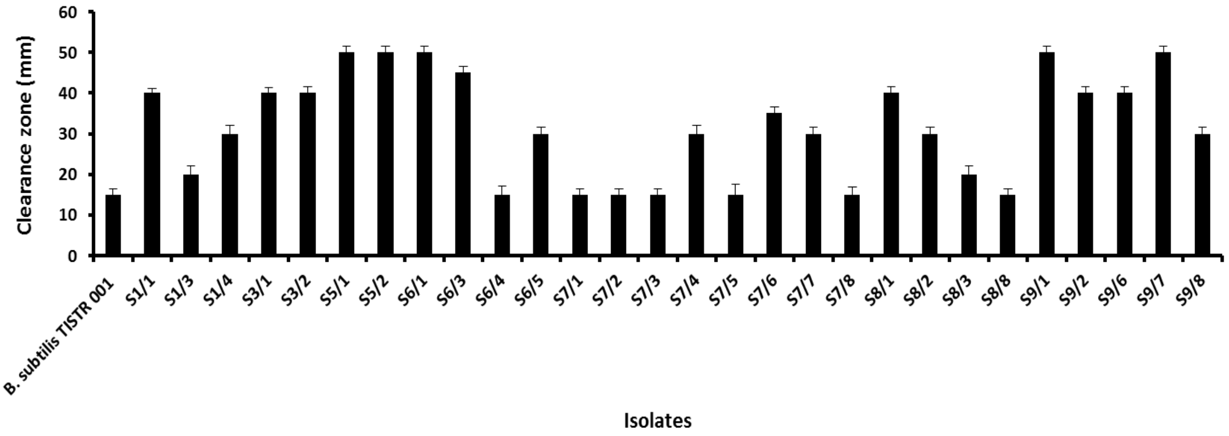



Figure 1 Size of clearance zone formed by action of protease produced by isolated bacteria

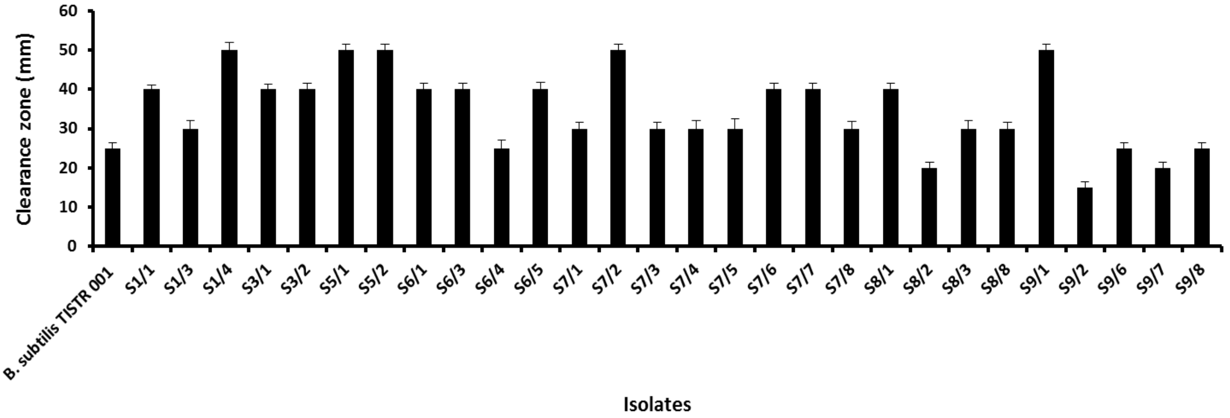



Figure 2 Size of clearance zone formed by action of mannanase produced by isolated bacteria

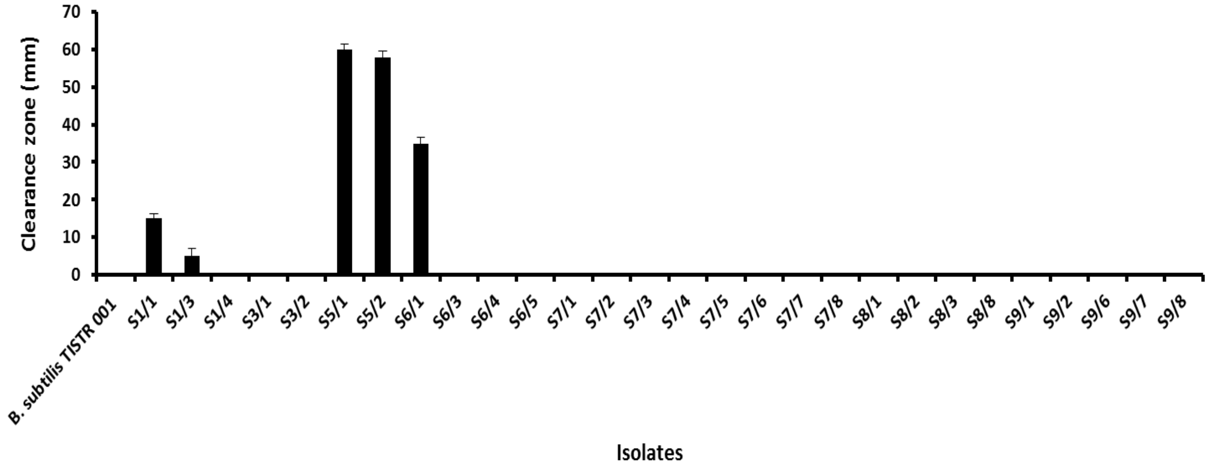



Figure 3 Size of clearance zone formed by action of cellulase produced by isolated bacteria

# ความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ในการปลูกข้าวของเกษตรกร ตำบลห้วยขมิ้น อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี

## Farmer's Opinion to Use of Chemical Fertilizer on Soil Analysis, Huaykhamin Sub-District, Nongkhae District, Saraburi Province

วราภรณ์ จรจรัญ[1] และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ[2]
Choncharun, W.[1] and Srisuwan, S.[2]

Abstract

The objective of this research were to study rice farmer's opinion to use of chemical fertilizer based on soil analysis. Data obtained from interviewed 68 farmers. Results showed that majority farmers were male (69.1 percent), their average age was 56.5. They graduated a primary education and 5 person/ family. Secondary crop of the farmer was vegetables. The average annual household income and expense were 211,400 and 122,646.31 baht/ year. Their average farm sizes were 34.47 Rai, and most of the funding source was from the Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives. The farmers received information from community leaders/farming leaders, observation and public media. Moreover, they had a high knowledge and apply chemical fertilizer based on the soil test. However, farmers did not believe in yield of rice production according to the recommended chemical fertilizer.

**Keywords:** chemical fertilizer on soil analysis, Saraburi province

**บทคัดย่อ**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ในการปลูกข้าวของเกษตรกร ตำบลห้วยขมิ้น อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี ประชากร 68 ราย เก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรเป็นเพศชาย (ร้อยละ 69.1) อายุเฉลี่ย 56.5 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีสมาชิกในครัวเรือน เฉลี่ย 5 คน มีการเพาะปลูกผักเป็นอาชีพรอง มีรายได้ในครัวเรือนเฉลี่ย 211,400 บาท/ปี มีรายจ่ายในครัวเรือนเฉลี่ย 122,646.31บาท/ปี พื้นที่ถือครองส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เช่า มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 34.47 ไร่ แหล่งเงินทุนเกษตรกร คือ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ แหล่งรับรู้ข่าวสาร จากสื่อผู้นำชุมชน/ผู้นำเกษตรกร การศึกษาดูงาน และสื่อสิ่งพิมพ์ สำหรับความรู้ทั่วไปในการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อยู่ในระดับมาก และมีความคิดเห็นต่อการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อยู่ในระดับมาก สำหรับปัญหาเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เกิดจากสมาชิกในครัวเรือนไม่มีความเชื่อมั่นในผลผลิตที่ได้รับหลังการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

**คำสำคัญ:** ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน จังหวัดสระบุรี

**คำนำ**

การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ เป็นเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีความแม่นยำ มีการจัดการการผลิตที่ถูกต้อง จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย (ถูกชนิด ถูกปริมาณ) เพราะนำปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตพืช เช่น พันธุ์พืช แสงแดด อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ชุดดินและปริมาณ เอ็น- พี- เค มาพิจารณาร่วมกันเพื่อกำหนดคำแนะนำปุ๋ย (ประทีป, 2556) สำนักงานเกษตรจังหวัดสระบุรีร่วมกับกรมการข้าว ดำเนินโครงการส่งเสริมแนะนำการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวและลดต้นทุนการผลิตด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยได้ดำเนินการถ่ายทอดความรู้นำเกษตรกรไปศึกษาดูงาน เพื่อแก้ไขปัญหาการใช้ปุ๋ยเคมีเกินอัตราความต้องการของพืช (สำนักงานเกษตรจังหวัดสระบุรี, 2555) ศูนย์ข้าวชุมชนตำบลห้วยขมิ้น ได้เข้าร่วมโครงการและมีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ตามที่เกษตรกรได้เข้ารับอบรม

[1] สำนักงานเกษตรอำเภอหนองแซง จังหวัดสระบุรี
[1] Nong saeng District Agricultural Extension Office. Saraburi Province
[2] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty Of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

ถ่ายทอดความรู้ และการศึกษาดูงาน จากเจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตรและกรมการข้าว ผลหลังจากเกษตรกรได้ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินแล้วทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ และเกษตรกรได้รับผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช ลดเวลาในการหว่านปุ๋ย มีผลดีต่อสุขภาพเกษตรกร และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษา ความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ในการปลูกข้าวของเกษตรกร เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมและพัฒนาการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อลดต้นทุนการผลิตข้าวของเกษตรกร ในเขตพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรจังหวัดสระบุรีต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ใช้แบบสัมภาษณ์ (Interviewing Schedule) ประกอบด้วย คำถามแบบปลายปิด (Closed Question) และคำถามแบบปลายเปิด (Open-ended Question) โดยแบ่งเป็น 6 ตอน คือ ตอนที่ 1 ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคลและสังคม ตอนที่ 2 ลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ตอนที่ 3 การรับรู้ข่าวสารทางการเกษตร ตอนที่ 4 ความรู้ทั่วไปในการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ตอนที่ 5 ความคิดเห็นในการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ตอนที่ 6 ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรในการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ ในเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน 2557 จำนวน 68 ราย และมีการสัมภาษณ์เกษตรกรแบบในเชิงลึกเกษตรกรจำนวน 10 คน โดยทำการคัดเลือกจากคณะกรรมการบริหารกลุ่ม จำนวน 5 คน สมาชิกที่มีการเพาะปลูกข้าวที่มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวมากกว่า 20 ไร่ จำนวน 5 คน แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive statistic) ประกอบด้วยค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (Standard deviation) ค่าสูงสุด (Maximum) และค่าต่ำสุด (Minimum)

## ผลการทดลอง

ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล สังคมและเศรษฐกิจ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 69.1) มีอายุเฉลี่ย 56.5 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 82.4) มีสมาชิกในครัวเรือน 5 คน เกษตรกรทุกคนเป็นสมาชิกสถาบันเกษตรกรกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ปลูกผักเป็นอาชีพรอง รายได้ครัวเรือนเฉลี่ย 211,400 บาท/ปี รายจ่ายในครัวเรือนเฉลี่ย 122,646.31 บาท/ปี พื้นที่ถือครองส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เช่า มีพื้นที่ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 34.47 ไร่ ใช้แหล่งเงินทุนจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร แรงงานที่ใช้ในการปลูกข้าว 2 คน เกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ข่าวสารจากสื่อประเภทบุคคลที่เป็นผู้นำชุมชน/ผู้นำเกษตรกร (ร้อยละ 85.3) สื่อประเภทกิจกรรมเป็นการศึกษาดูงาน (ร้อยละ 75) และสื่อประเภทสื่อมวลชนที่เป็นสื่อสิ่งพิมพ์ (ร้อยละ 77.9) ความรู้ทั่วไปในการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 77.9) ความคิดเห็นในการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่าความคิดเห็นโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.03) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นด้านการแนะนำของเจ้าหน้าที่ ผลตอบแทน ประโยชน์จากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.12, 4.03, 4.01, 3.96 ตามลำดับ) ผลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรแบบในเชิงลึก พบว่า เกษตรกรที่เป็นคณะกรรมการกลุ่มได้เข้าร่วมอบรม รับการถ่ายทอดความรู้ การศึกษาดูงาน จากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร จึงทำให้ตัดสินใจทดลองใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินในพื้นที่เพียงบางส่วน เพื่อเปรียบเทียบผลการใช้กับแปลงที่เกษตรกรไม่ได้ใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เกษตรกรได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ต้นข้าวแข็งแรง ลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลง ทำให้ในฤดูการเพาะปลูกใหม่จึงตัดสินใจใช้เต็มพื้นที่เพาะปลูกข้าว ส่วนเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มและมีพื้นที่การเพาะปลูกมากกว่า 20 ไร่ นั้น เมื่อสังเกตเห็นเกษตรกรผู้นำและเกษตรกรแปลงข้างเคียง ที่ทดลองใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินแล้ว ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี ลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช ต้นข้าวมีความแข็งแรง ลดระยะเวลาในการหว่านปุ๋ย ทำให้มีความสนใจจึงตัดสินใจ สอบถามข้อมูลการปฏิบัติจากเกษตรกรผู้นำและเกษตรกรข้างเคียง พร้อมทั้งเข้าร่วมการอบรม ศึกษาดูงานจากแปลงต่างๆที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หาความรู้เพิ่มเติม จนมั่นใจและตัดสินใจใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่เริ่มแรกมีการทดลองใช้เพียงพื้นที่บางส่วนเท่านั้นแต่สมาชิกบางรายก็ตัดสินใจใช้เต็มพื้นที่ตั้งแต่ครั้งแรก และเมื่อเกษตรกรเปรียบเทียบผลการทดลองกับแปลงที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แล้วได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ต้นข้าวแข็งแรง ลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช และในฤดูการเพาะปลูกใหม่จึงตัดสินใจใช้เต็มพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกและใช้ต่อเนื่องทุกฤดูกาลการเพาะปลูก ปัญหาของเกษตรกรที่พบ คือ สมาชิกในครัวเรือนเกษตรกรไม่เชื่อมั่นในผลผลิตที่จะได้รับ

หลังการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินจะมีปริมาณเท่าเดิม เนื่องจากมีการใช้ปุ๋ยในปริมาณลดลง ลดการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช

## วิจารณ์ผล

จากการศึกษา ความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ในการปลูกข้าวของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นโดยรวมเฉลี่ย อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.03) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรทุกคนเป็นสมาชิกกลุ่มสถาบันวิสาหกิจชุมชนศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชน และได้รับการอบรม รับการถ่ายทอดความรู้และศึกษาดูงาน จากเจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตรและเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานต่างๆทำให้เกษตรกรมีความรู้ที่มาก รู้วิธีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน รู้ประโยชน์จากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และที่มากไปกว่านั้นเกษตรกรได้รับผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ในการปลูกข้าวของเกษตรกร เมื่อพิจารณาในแต่ละด้าน พบว่า

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านการแนะนำของเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.12) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เจ้าหน้าที่มีการส่งเสริมและแนะนำที่ต่อเนื่อง มีการติดตามผลหลังการถ่ายทอดความรู้ อบรม หรือการศึกษาดูงานและเกษตรกรคิดว่าความรู้ที่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมแนะนำถ่ายทอดน่าสนใจ และเป็นประโยชน์ต่ออาชีพการปลูกข้าวของตน

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.96) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวิธีการใช้มีความสะดวกสบาย ไม่ยุ่งยาก สามารถปฏิบัติตามได้ อีกทั้งช่วยลดระยะเวลาในการหว่านปุ๋ยทำให้เกษตรกรมีเวลาว่างมากขึ้น

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านประโยชน์จากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.01) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ เช่น ลดต้นทุนด้านปุ๋ย ลดการระบาดของแมลงศัตรูพืช ลดการเกิดโรคของข้าว ทำให้เกษตรกรสามารถลดค่าสารเคมีกำจัดโรคและแมลง อีกทั้งยังสามารถช่วยในการลดการปนเปื้อนในผลผลิต มีผลดีต่อสุขภาพของเกษตรกรและสิ่งแวดล้อม

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อด้านผลตอบแทน จากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.03) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินแล้ว ทำให้สามารถลดต้นทุนในด้านต่างๆ ได้ เช่น ลดค่าปุ๋ยเคมี ลดสารเคมีกำจัดโรคพืชและแมลงศัตรูพืช มีปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น และส่งผลให้เกษตรกรได้กำไรจากการปลูกข้าวเพิ่มมากขึ้น เมื่อเกษตรกรมีกำไรเพิ่มขึ้น ย่อมช่วยลดปัญหาความยากจน และพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกร ซึ่งในท้ายที่สุดย่อมสร้างความมั่นคงยั่งยืนให้แก่ประเทศ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตข้าวที่มีการใช้ปุ๋ยตามการปฏิบัติของเกษตรกรทั่วไปที่ไม่ได้ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน กับเกษตรกรที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อให้เกษตรกรได้ศึกษาเปรียบเทียบ ว่าการปฏิบัติแบบไหนที่ให้ผลตรงตามความต้องการของเกษตรกร และเห็นความแตกต่างที่เป็นตัวเลขเพื่อที่จะนำไปใช้ในแปลงปลูกข้าวของเกษตรกรได้ ควรมีการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อเป็นการต่อยอดงานวิจัยในพื้นที่จังหวัดใกล้เคียงที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เช่น จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดลพบุรี จังหวัดอ่างทอง เป็นต้น

## สรุปผล

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 56.5 ปี จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา มีสมาชิกในครัวเรือน เฉลี่ย 4.65 คน เกษตรกรทุกคนเป็นสมาชิกกลุ่มสถาบันเกษตรกร กลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีการปลูกผักหลังการเพาะปลูกข้าวเป็นอาชีพรอง มีรายได้ต่อครัวเรือนเฉลี่ย 211,400.71 บาท/ปี มีรายจ่ายในครัวเรือน 122,646.31 บาท/ปี เกษตรกรมีรายได้เฉลี่ยสุทธิ 88,754.4 บาท/ปี พื้นที่ถือครองเป็นพื้นที่เช่า พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 34.47 ไร่ เกษตรกรมีการกู้ยืมแหล่งเงินทุนจาก ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ร้อยละ 82.4) มีแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2 คน เกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ข่าวสารจากสื่อผู้นำชุมชน/ผู้นำเกษตรกร การศึกษาดูงาน และสื่อสิ่งพิมพ์ ความรู้ทั่วไปของเกษตรกรในการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อยู่ในระดับมาก ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.03) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นด้านการแนะนำของเจ้าหน้าที่ ผลตอบแทน ประโยชน์จากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อยู่ในระดับมากในทุกด้าน จากการสัมภาษณ์เกษตรกรแบบเจาะลึก พบว่า เกษตรกรที่เป็นคณะกรรมการกลุ่ม มีการเข้าร่วมการอบรม รับการถ่ายทอดความรู้จากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรอีกทั้ง มีการหาความรู้เพิ่มเติม จึงตัดสินใจใช้

ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ครั้งแรกมีการใช้ในพื้นที่เพียงบางส่วนเท่านั้นและเมื่อเห็นผลผลิตเพิ่มขึ้น ลดการใช้สารเคมี จึงตัดสินใจใช้เต็มพื้นที่ในฤดูการเพาะปลูกใหม่ การสัมภาษณ์แบบเจาะลึกเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มและมีพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า 20 ไร่ พบว่า มีการสังเกตจากการทดลองใช้ของคณะกรรมการและเกษตรกรแปลงข้างเคียง จึงตัดสินใจเข้าร่วมการอบรม หาความรู้เพิ่มเติม จึงตัดสินใจใช้ แต่ครั้งแรกเกษตรกรบางคนใช้กับพื้นที่เพาะปลูกเพียงบางส่วนเท่านั้น แต่เกษตรกรบางคนตัดสินใจใช้เต็มพื้นที่การเพาะปลูกเลย และเมื่อเห็นผลการทดลองใช้ จึงตัดสินใจใช้ในฤดูการเพาะปลูกใหม่ต่อ ปัญหาเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เกิดจากสมาชิกในครัวเรือนไม่มีความเชื่อมั่นในการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน กลัวว่าเมื่อเกษตรกรใช้แล้วจะทำให้ผลผลิตข้าวลดลง

## เอกสารอ้างอิง

ประทีป วีระพัฒนนิรันดร์, 2556, โครงการปุ๋ยลดต้นทุนจุดเปลี่ยนการใช้ปุ๋ยในประเทศไทย http://www.afet.or.th/2013/th/news/commodity/detail.php?id=43144

สำนักงานเกษตรจังหวัดสระบุรี, 2555, ผลการดำเนินงานศูนย์ส่งเสริมและผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนตำบลห้วยขมิ้น, รายงานผลการดำเนินงาน

# ความคิดเห็นที่มีต่อการผลิตเชื้อราบิวเวอเรียจากข้าวสารในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวของเกษตรกร จังหวัดอุทัยธานี

Farmers' Opinion on Utilization of the Production of *Beauveria bassiasna* from Rice in Controlling the Brown Planthopper in Uthaithani Province

**อรรถพร เฉยพันธ์**[1] **และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ**[2]
Cheaypan, A.[1] and Srisuwan, S.[2]

## Abstract

The objectives of this research were to study farmers' opinion on utilization of the production of *Beauveria bassiasna* from rice in controlling of brown planthopper in uthaithani province. The population in this study consisted of 145 interviews were used to collect the data. The statistics used for data analysis were frequency, percentage, average, standard deviation, minimum and maximum. The results showed that most farmers were female, mean age 49.87 years, graduated in elementary education, farm income from farming rice per rai on average 6,598.36 THB and expenses of rice per rai on average 4,731.34 THB. Farmers with knowledge about brown planthopper and *Beauveria bassiasna* at the high level. The media exposure of agricultural information were academic agricultural extension, training and publication. The farmers' opinion on utilization of the production of *Beauveria bassiasna* from rice in controlling the brown planthopper in Uthaithani Province was at the medium level.

**Keywords:** opinion, brown planthopper, *beauveria bassiasna*, Uthaithani Province

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการผลิตเชื้อราบิวเวอเรียจากข้าวสารในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวของเกษตรกรจังหวัดอุทัยธานี ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 145 ราย โดยใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 49.87 ปี จบการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา เกษตรกรมีรายได้จากการทำนาข้าวต่อไร่ เฉลี่ย 6,598.36 บาท และมีรายจ่ายจากการทำนาข้าวต่อไร่เฉลี่ย 4,731.34 บาท เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเชื้อราบิวเวอเรีย โดยเฉลี่ยในระดับมาก เกษตรกรเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรผ่านสื่อบุคคลจากนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมากที่สุด สื่อกิจกรรมจากการจัดอบรมมากที่สุด และสื่อมวลชนจากสื่อสิ่งพิมพ์มากที่สุด เกษตรกรมีความคิดเห็นที่มีต่อการผลิตเชื้อราบิวเวอเรียจากข้าวสารในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง

**คำสำคัญ**: ความคิดเห็น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล บิวเวอเรีย จังหวัดอุทัยธานี

## คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย ซึ่งแม้ว่าข้าวจะเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย แต่ในการปลูกข้าวของเกษตรกรในปัจจุบันยังประสบปัญหาทางด้านต้นทุนการผลิต ซึ่งในปี 2556 ประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตข้าวนาปีอยู่ที่ 5,612 บาท/ต่อไร่ และ นาปรัง 5,999 บาท/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) และปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจังหวัดอุทัยธานีกำลังประสบปัญหาเรื่องการระบาดของแมลงศัตรูพืชเป็นอย่างมากโดยเฉพาะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ซึ่งจากรายงานของกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2556 พบว่ามีพื้นที่ปลูกข้าวในจังหวัดอุทัยธานีที่ได้รับความเสียหายของการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นจำนวน 4,113 ไร่ (สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร, 2556) ปัจจุบันกรมส่งเสริม

[1] **สำนักงานเกษตรจังหวัดอุทัยธานี อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี** 61000
[1] Uthaithani Agricultural Extension Office, Muang Uthaithani District, Uthaithani Province 61000.
[2] **ภาคส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ** 10900
[2] Department of Agriculture Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Jatujak District, Bangkok 10900, Thailand.

การเกษตรได้มีการผลิตสารชีวภัณฑ์ คือ “เชื้อราบิวเวอเรีย” และเร่งส่งเสริมให้เกษตรนำไปใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี, 2553) ในปี 2557 สำนักงานเกษตรจังหวัดอุทัยธานีได้มีจัดการอบรมถ่ายทอดความรู้แก่เกษตรกรในการผลิต และส่งเสริมการผลิตเชื้อราบิวเวอเรียจากข้าวสารในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ภายใต้โครงการลดความเสี่ยงเกษตรกรจากการระบาดของศัตรูพืช (สำนักงานเกษตรจังหวัดอุทัยธานี, 2557)

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาในข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจทำการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการผลิตเชื้อราบิวเวอเรียจากข้าวสารในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวของเกษตรกรจังหวัดอุทัยธานี เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการส่งเสริมเกษตรกร และเผยแพร่ความรู้ในการผลิตเชื้อราบิวเวอเรียควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเพื่อประโยชน์ในข้าวของเกษตรกรจังหวัดอุทัยธานี 3) ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกร

การเสนอแนะต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ความรู้เกี่ยวกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเชื้อราบิวเวอเรีย การเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรของเกษตรกรจังหวัดอุทัยธานี 2) ความคิดเห็นที่มีต่อการผลิตเชื้อราบิวเวอเรียจากข้าวสารในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนา

## อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการลดความเสี่ยงเกษตรกรจากการระบาดของศัตรูพืช ปี 2557 ที่ได้ขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกพืชเศรษฐกิจ (ข้าว) ปี 2556/57 รอบที่ 1 ไว้กับสำนักงานเกษตรจังหวัดอุทัยธานี จำนวนทั้งสิ้น 145 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ สำหรับการหาค่าความเชื่อมั่นในเรื่องความรู้ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเชื้อราบิวเวอเรีย ผู้วิจัยใช้วิธีหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson โดยค่าความเชื่อมั่นในเรื่องความรู้ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ได้ค่าสัมประสิทธิ์ Alpha = 0.743 และค่าความเชื่อมั่นในเรื่องความรู้ของเชื้อราบิวเวอเรีย ได้ค่าสัมประสิทธิ์ Alpha = 0.734 ส่วนค่าความเชื่อมั่นในเรื่องความคิดเห็นที่มีต่อการผลิตเชื้อราบิวเวอเรียจากข้าวสารในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ผู้วิจัยใช้วิธีหาค่าความเชื่อมั่นโดย ใช้วิธีของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient ) ได้ค่าสัมประสิทธิ์ Alpha = 0.712 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณาประกอบด้วยค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\mu$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\sigma$) และค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum)

## ผลการทดลอง

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ที่ตอบแบบสำรวจและเข้ารับการฝึกอบรมเป็นเพศหญิง (ร้อยละ 50.30) อายุเฉลี่ย 49.87 ปี จบการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 44.1)

ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ พบว่า เกษตรกรมีรายได้จากการทำนา เฉลี่ย 6,598.36 บาท/ไร่ และมีรายจ่ายจากการทำนา เฉลี่ย 4,731.34 บาท/ไร่

ความรู้เกี่ยวกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเชื้อราบิวเวอเรีย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับมาก

การเปิดรับข่าวสารทางการเกษตร พบว่า เกษตรกรทั้งหมดได้เปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อบุคคล ได้แก่ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร (ร้อยละ 100.0) เปิดรับข่าวสารจากสื่อกิจกรรม ได้แก่ การจัดอบรม (ร้อยละ 100.0) และเกษตรกรส่วนใหญ่เปิดรับข่าวสารจากสื่อมวลชน ได้แก่ สื่อสิ่งพิมพ์ (ร้อยละ 95.9)

ความคิดเห็นที่มีต่อการผลิตเชื้อราบิวเวอเรียจากข้าวสารในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง

## วิจารณ์ผล

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 50.30) มีอายุเฉลี่ย 49.87 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 44.1) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเนื่องจากหลักสูตรการศึกษาภาคบังคับในอดีตกำหนดไว้เพียงระดับประถมศึกษาเท่านั้นซึ่งสอดคล้องกับ ปัญญา (2557) ได้ศึกษาเรื่องความคิดเห็นที่มีต่อการใช้เชื้อราบิวเวอเรียควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรอำเภอลานบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษาหรือไม่ได้รับการศึกษา (ร้อยละ 60.6)

ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ พบว่า เกษตรกรมีรายได้จากการทำนาข้าวต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 6,598.36 บาท รายจ่ายในการทำนาข้าวต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 4,731.34 บาท ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในปัจจุบันเกษตรกรมีต้นทุนจากการผลิตข้าวที่สูงจากการใช้สารเคมีกำจัดโรคและแมลงในแปลงนา ซึ่งสอดคล้องกับ ปัญญา (2557) ศึกษาเรื่องความคิดเห็นที่มีต่อการใช้เชื้อราบิวเวอเรียควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวของเกษตรกรอำเภอลานบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่ารายจ่ายในการทำนาข้าวต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 4,934.02 บาท

ความรู้เกี่ยวกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเชื้อราบิวเวอเรีย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเชื้อราบิวเวอเรีย โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกิดการระบาดอย่างรุนแรงของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและราคาสารเคมีกำจัดแมลงซึ่งมีราคาสูงในปัจจุบัน ทำให้เกษตรกรมีการตื่นตัวในการแสวงหาความรู้ในการป้องกันและควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและวิธีการลดต้นทุนการใช้สารเคมีกำจัดแมลง

การเปิดรับข่าวสารทางการเกษตร พบว่า ข่าวสารทางการเกษตร ทางสื่อบุคคล เกษตรกรทั้งหมดได้รับข่าวสารจากนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ร้อยละ (100.00) ทางสื่อกิจกรรม เกษตรกรทั้งหมดเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากการจัดอบรม (ร้อยละ 100.00)) สำหรับทางสื่อมวลชน เกษตรกรส่วนใหญ่เปิดรับข่าวสารจากสื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร แผ่นพับ/โปสเตอร์ (ร้อยละ 95.90) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการจับอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกรในพื้นที่นั้น นักส่งเสริมวิชาการการเกษตรก็จะมี แผ่นพับหรือสื่อสิ่งพิมพ์ที่มีข้อมูลข่าวสารทางการเกษตรไปแจกด้วย จึงทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ที่สนใจที่จะหาความรู้เกี่ยวกับการเกษตรสนใจที่จะนำสื่อสิ่งพิมพ์เหล่านี้ไปอ่านเพื่อเพิ่มพูนความรู้ให้แก่ตนเอง

ความคิดเห็นที่มีต่อการผลิตเชื้อราบิวเวอเรียจากข้าวสารในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการผลิตอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเกษตรกรไม่สามารถหาซื้อหัวเชื้อราบิวเวอเรียมาผลิตได้เองในชุมชน ด้านวิธีการใช้อยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ วิธีการใช้เชื้อราบิวเวอเรียมีข้อจำกัดว่าห้ามใช้ผสมหรือปะปนกับสารเคมี ด้านประสิทธิภาพอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรบางส่วนมีความคิดว่าเชื้อราบิวเวอเรียนอกจากจะทำลายเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้แล้วยังสามารถเข้าทำลายแมลงศัตรูธรรมชาติที่มีประโยชน์ได้อีกด้วย ด้านประโยชน์ที่ได้รับอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใช้เชื้อราบิวเวอเรียจากข้าวสารในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลทำให้เกษตรกรมีสุขภาพที่ดีขึ้นปลอดภัยจากสารเคมีและยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตข้าวได้อีกด้วย

## สรุปผล

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 49.87 ปี ส่วนใหญ่มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา มีรายได้จากการทำนาเฉลี่ย 6,598.36 บาท/ไร่ มีรายจ่ายจากการทำนาเฉลี่ย 4731.34 บาท/ไร่ เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเชื้อราบิวเวอเรียอยู่ในระดับมาก มีการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรทางสื่อบุคคลจากนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ทางสื่อกิจกรรมจากการจัดอบรม ทางสื่อมวลชนจากสื่อสิ่งพิมพ์ เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อการผลิตเชื้อราบิว-เวอเรียจากข้าวสารในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ปัญหาของเกษตรกรคือ เกษตรกรไม่สามารถหาซื้อหัวเชื้อราบิวเวอเรียได้ในชุมชน และเมื่อเกษตรกรผลิตข้าวปลอดสารพิษจากการใช้เชื้อราบิวเวอเรียแทนการใช้สารเคมีแล้วก็ยังไม่สามารถหาช่องทางในการจำหน่ายหรือเพิ่มมูลค่าจากการขายข้าวปลอดสารพิษได้ ข้อเสนอแนะของเกษตรกรคือ ต้องการให้กรมส่งเสริมการเกษตรช่วยเหลือในด้านการสนับสนุนหัวเชื้อราบิวเวอเรียและหาช่องทางในการจำหน่ายข้าวปลอดสารพิษให้แก่เกษตรกร

## คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานเกษตรจังหวัดอุทัยธานี และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

**เอกสารอ้างอิง**

ปัญญา แหลมเจริญพงศ์, 2557, ความคิดเห็นที่มีต่อการใช้เชื้อราบิวเวอเรียควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวของเกษตรกรอำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ส่งเสริมการเกษตร), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักงานเกษตรจังหวัดอุทัยธานี, 2557, รายชื่อเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการลดความเสี่ยงเกษตรกรจากการระบาดศัตรูพืช ปี 2557 จังหวัดอุทัยธานี, อุทัยธานี, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553, การใช้บิวเวอเรียกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล, ชัยนาท: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556, ข้อมูลการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล [สืบค้น], http://forecast.doae.go.th/pia/home/ [15/ December/ 13].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556, ข้อมูลการส่งออกข้าวเจ้า [สืบค้น], http://www.doae.go.th [12/ December/ 13].

# ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดวัชพืช

## Total Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, and Antimicrobial of Weed Extracts

**อพรรณ จันทรวิชิต[1] และ ชัชฎาพร องอาจ[1]**
Chantaravichit, O.[1] and Ongard, C.[1]

### Abstract

This study aimed to investigate the antioxidant and antimicrobial activity of five weed extracts: *Vernonia cinerea, Tridax procumbens, Cyperus rotundus, Amaranthus gracilis Desf,* and *Brachiaria mutica*, extracted with ethanol, water and hexane. Results showed that ethanolic extracts had the highest total phenolic compounds, followed by water and hexane, respectively. The highest total phenolics were found in *Cyperus rotundus* root extracts at 222.14±1.29 mg Gallic acid equivalent (GAE)/g sample. The 1.0 mg/ml extract showed antioxidant activity of 83.05±0.08% with the DPPH radical scavenging method with a reducing power activity of 51.10±0.28 mg GAE/g sample. However, ethanol and water extracts of *Amaranthus gracilis Desf.* roots showed the high antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* with and clear zone of 0.70±0.17 and 0.47±0.28 cm, respectively.
**Keywords:** phenolic compounds, antioxidant activity, antimicrobial activity, weed

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากวัชพืช 5 ชนิดคือหญ้าขน (*Vernonia cinerea*), หญ้าแห้วหมู (*Tridax procumbens*), หญ้าตีนตุ๊กแก (*Cyperus rotundus*), หญ้าผักโขมไร้หนาม (*Amaranthus gracilis Desf*), และหญ้าดอกขาว (*Brachiaria mutica*), โดยสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิดคือ เอทานอล น้ำ และเฮกเซน พบว่า ตัวอย่างที่สกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำ และเฮกเซน ตามลำดับ ตัวอย่างที่มีปริมาณฟีนอลิกรวมมากที่สุดคือรากหญ้าแห้วหมูเท่ากับ 222.14±1.29 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง มีเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH เท่ากับ 83.05±0.08 เปอร์เซ็นต์ และความสามารถในการรีดิวซ์ เท่ากับ 51.10±0.08 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง เมื่อใช้ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในการทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) พบว่า หญ้า ผักโขมไร้หนามที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมี clear zone เท่ากับ 0.70±0.17 และ 0.47±0.28 เซนติเมตร ตามลำดับ
**คำสำคัญ:** สารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ การต้านเชื้อจุลินทรีย์ วัชพืช

### คำนำ

จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประชากรส่วนใหญ่ปลูกข้าวเป็นอาชีพหลัก แต่มีปัญหาการรบกวนจากวัชพืชที่เจริญเติบโตและขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว จึงทำให้ผลผลิตลดลง ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีกำจัด และสารเคมียังตกค้างในดินและน้ำ เป็นอันตรายต่อตัวเกษตรกรเองด้วย วัชพืชที่พบมาก เช่น หญ้าขน หญ้าแห้วหมู หญ้าตีนตุ๊กแก หญ้าผักโขมไร้หนาม หญ้าดอกขาว ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลพบว่ามีคุณสมบัติในการรักษาโรคต่างๆ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืช และสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัชพืชที่พบมากในท้องถิ่น จึงทำการศึกษาหาคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของวัชพืชท้องถิ่น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปใช้ประโยชน์ให้มากมากยิ่งขึ้น และลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืช ลดผลกระทบของสารเคมีต่อสิ่งแวดล้อม และลดอันตรายต่อตัวเกษตรกรเอง และยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรประจำหมู่บ้าน เป็นสินค้าเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกด้วย

[1] คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Faculty of Science and Technology.Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University Phranakhon Si Ayutthaya 13000

## อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างวัชพืช 5 ชนิดได้แก่ หญ้าตีนตุ๊กแก หญ้าดอกขาว หญ้าแห้วหมู หญ้าขน และหญ้าผักโขมไร้หนาม เก็บจากตำบลบ้านป้อม อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เก็บเกี่ยวระยะที่พืชเจริญเติบโตเต็มวัย (มีดอก) โดยการขุดเอาทั้งลำต้นและรากของวัชพืช สารเคมีเป็น AR grade จากบริษัทซิกมา เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

**การเตรียมตัวอย่าง** : นำมาตัวอย่างมาล้างให้สะอาดแบ่งเป็นส่วนลำต้นของหญ้าตีนตุ๊กแก หญ้าดอกขาว หญ้าแห้วหมู หญ้าขน และหญ้าผักโขมไร้หนาม และส่วนรากของหญ้าดอกขาว หญ้าแห้วหมู หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ อบที่ 60°C จนแห้งบดให้ละเอียด

**การสกัดสารจากตัวอย่างวัชพืช** : สกัดตัวอย่างวัชพืชที่เตรียมไว้ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน เอทานอล และน้ำ โดยใช้ตัวอย่าง 50 g ในตัวทำละลาย 500 ml แช่ 24 ชม. ที่อุณหภูมิห้องนำมากรองและทำการสกัดซ้ำอีกสองครั้ง นำไประเหยตัวทำละลายออก ชั่งน้ำหนักสารตัวอย่างที่ได้

**การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม** : นำสารสกัดจากตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธีของ ปรียานุช (2551) คำนวนผลแสดงปริมาณสารฟีนอลรวมเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมของกรดแกลลิค (GAE) ต่อกรัมตัวอย่าง

**ศึกษาสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ**

1. **วิธี** DPPH radical scavenging โดยวิธีของ Ji-Hyun Jeong และคณะ (2010)
2. **วิธี** Reducing power โดยวิธีของ Dhanalakshmi Kutti Gounder และคณะ (2012)

**ศึกษาคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย The disk diffusion method** : โดยใช้วิธีของ Xiaoxia Li และคณะ (2011) แบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ คือ *Staphylococcus aureus*

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

พบว่าสารสกัดส่วนลำต้นและรากสกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุดในทุกตัวอย่าง รองลงมาคือน้ำ และเฮกเซนตามลำดับ ส่วนลำต้นหญ้าตีนตุ๊กแกที่สกัดด้วยเอทานอล มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม มากที่สุดเท่ากับ 182.97±13.20 mgGAE/g (Figure 1A) รากหญ้าแห้วหมูที่สกัดด้วยเอทานอล มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุดเท่ากับ 222.14±1.29 mgGAE/g เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่มีขั้วจึงสามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างลำต้นและราก สารสกัดในส่วนรากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าในสารสกัดส่วนลำต้น เนื่องจากพืชที่มีรากหรือลำต้นใต้ดิน จะใช้ลำต้นใต้ดินเป็นตัวสะสมอาหาร และสารต่างๆ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตหรือสืบพันธุ์ต่อไป ซึ่งการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมคำนวณได้จากกราฟมาตรฐานของสารละลาย gallic acid $y=3.8606x$ และค่า $R^2= 0.9982$

### ผลการศึกษาสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากวัชพืช

พบว่าสารสกัดตัวอย่างที่ช่วงความเข้มข้น 0.05–0.4 mg/ml มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ระหว่าง 0.41–91.50 % โดยตัวอย่างส่วนลำต้นของหญ้าตีนตุ๊กแกที่สกัดด้วยเอทานอล ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 40.88 ±0.54 % และมีค่า $IC_{50}$ เท่ากับ 2.03±0.79 mg/ml ที่ความเข้มข้น 1.0 mg/ml (Figure 2 A)(Table 1) ส่วนรากของหญ้าแห้วหมูที่สกัดด้วยเอทานอลมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 83.05±0.08% และมีค่า $IC_{50}$ เท่ากับ 2.00±0.62 mg/ml (Figure 2 B) (Table 1) และพบว่ามีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์เพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด ที่ความเข้มข้นตัวอย่าง 1.0 mg/ml ลำต้นของหญ้าแห้วหมูที่สกัดด้วยเอทานอล มีความสามารถในการรีดิวซ์เท่ากับ 12.70±0.57 mgGAE/g ตามลำดับ (Figure 3A) สารสกัดส่วนรากของหญ้าแห้วหมู และหญ้าดอกขาวที่สกัดด้วยเอทานอล มีความสามารถในการรีดิวซ์เท่ากับ 51.10±0.28 และ 23.10±0.35 mgGAE/g ตามลำดับ (Figure 3B)

### ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*)

สารสกัดส่วนลำต้นที่สกัดด้วยน้ำมีสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส ได้มากที่สุดคือ หญ้า ผักโขมไร้หนามที่สกัดด้วยน้ำ โดยมีเคลียร์โซน เท่ากับ 0.70±0.17 cm ตามลำดับ รองลงมาคือ หญ้าขน มีเคลียร์โซนเท่ากับ 0.45±0.05 cm ตามลำดับ (Table 2) เมื่อเทียบกับยา Dicloxacillin และ Pencillin Tablets ของตัวอย่างหญ้าผักโขมไร้หนามที่สกัดด้วยน้ำ สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ 39.25% และ 54.19% ตามลำดับ สารสกัดส่วนรากหญ้าของแห้วหมู

สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้สูงสุด มีเคลียร์โซน เท่ากับ 0.25±0.05 เมื่อเทียบกับยา Dicloxacillin และ Pencillin Tablets สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ 14.02%, 19.35 %

## สรุปผล

ตัวทำละลายที่เหมาะสมแก่การสกัดตัวอย่างทั้งส่วนของลำต้นและส่วนของรากคือ เอทานอล สารสกัดจะให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด รองลงมาคือสกัดด้วยน้ำ และเฮกเซนตามลำดับ สารสกัดตัวอย่างที่มีสารประกอบฟีนอลิกมากก็จะมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถในการรีดิวซ์ มากขึ้นตามไปด้วย นอกจากตัวอย่างจะมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระแล้วยังมีสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) หญ้าผักโขมไร้หนามที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล มีสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด


## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำโครงการวิจัยในครั้งนี้ ขอบคุณอาจารย์สาขาเคมีที่ให้คำแนะนำ อันเป็นประโยชน์ที่จะทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี


## เอกสารอ้างอิง


ปริยานุช อินทร์รอด, 2551, ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของส่วนสกัดจากต้นเร่วหอมและว่านสาวหลง, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

Ji-Hyun, J., Hana, J., Sae-Rom, L., Hee-Jae, L., Keum, T.H. and Tae-Young, K., 2010, Anti-oxidant, Anti-proliferative and Anti-inflammatory Activities of the Extracts from Black Raspberry Fruits and Wine, Food Chemistry, 123: 338–344.

Dhanalakshmi, K.G. and Jaganmohanrao, L., 2012, Comparison of Chemical Composition and Antioxidant Potential of Volatile Oil from Fresh, Dried and Cured Turmeric (*Curcuma longa*) Rhizomes, Industrial Crops and Products, 38: 124–131.

Kosara, M., Bozanb, B., Temellic, F. and Basera, K.H.C., 2007, Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Sumac (*Rhus coriaria* L.) Extracts, Food Chemistry, 103: 952–959.

Xiaoxia, L., Xiaowen, S., Miao, W. and Yumin, D., 2011, Xylan Chitosan Conjugate - A Potential Food Preservative, Food Chemistry, 126: 520–525.

Faten, M., Hanen, F., Riadh, K. and Chedly, A., 2014, Total Phenolic, Flavonoid and Tannin Contents and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Organic Extracts of Shoots of the Plant *Limonium delicatulum*, Journal of Taibah University for Science, 8: 216–224.

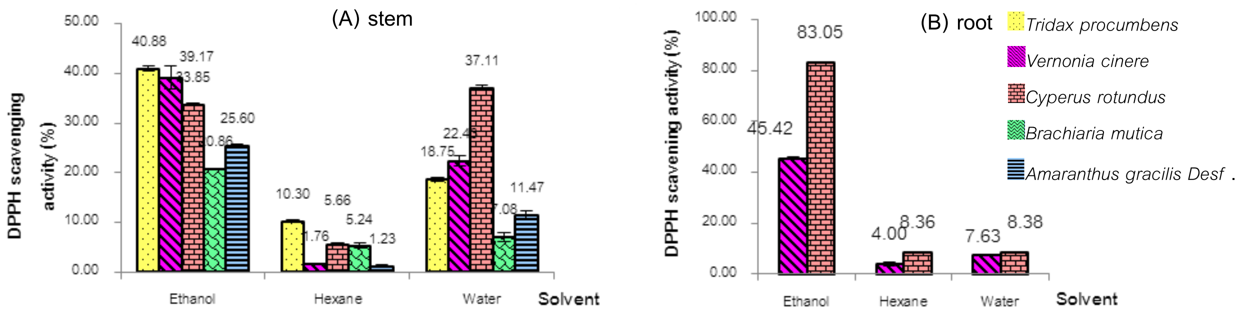




**Figure 1** Total phenolic content of extracted samples from ethanol, hexane and water (1.0 mg/ml)

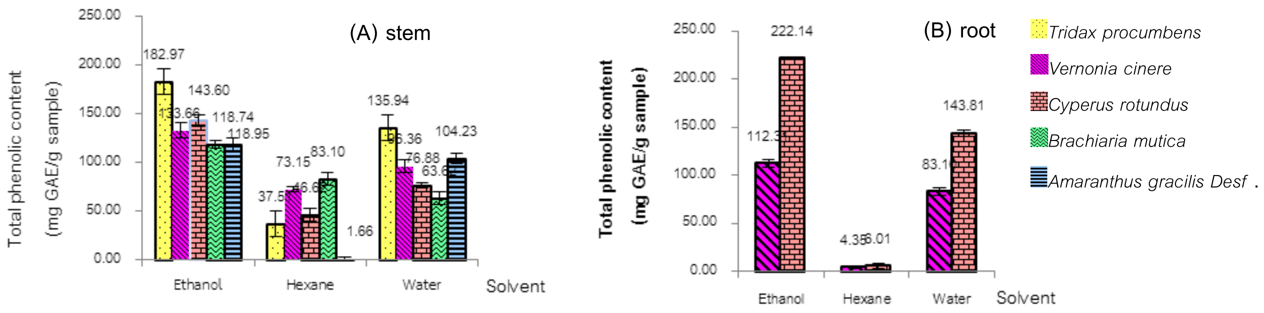



Figure 2 DPPH scavenging activity of extracted samples from ethanol, hexane and water (1.0 mg/ml)

Table 1 $IC_{50}$ of DPPH scavenging activity of extracted samples from ethanol, hexane and water

| Solvent | Extracts of stem weeds | | | | | extracts of root weeds | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Tridax procumbens.* | *Vernonia cinerea.* | *Cyperus rotundus.* | *Brachiaria mutica.* | *Amaranthus gracilis Desf.* | *Vernonia cinerea.* | *Cyperus rotundus.* |
| Ethanol | 2.03 ±0.79 | 2.57 ±0.15 | 3.04 ±0.34 | 13.28 ±0.10 | 5.32 ±0.15 | 2.00 ±0.62 | 1.27 ±0.07 |
| Hexane | 5.62 ±0.73 | 70.35 ±0.10 | 13.18 ±0.49 | 13.91 ±0.51 | 107.60 ±0.16 | 35.95 ±0.69 | 29.10 ±0.57 |
| Water | 5.77 ±0.11 | 4.55 ±0.42 | 1.90 ±0.41 | 10.45 ±0.30 | 7.19 ±0.39 | 32.89 ±0.67 | 1.33 ±0.03 |

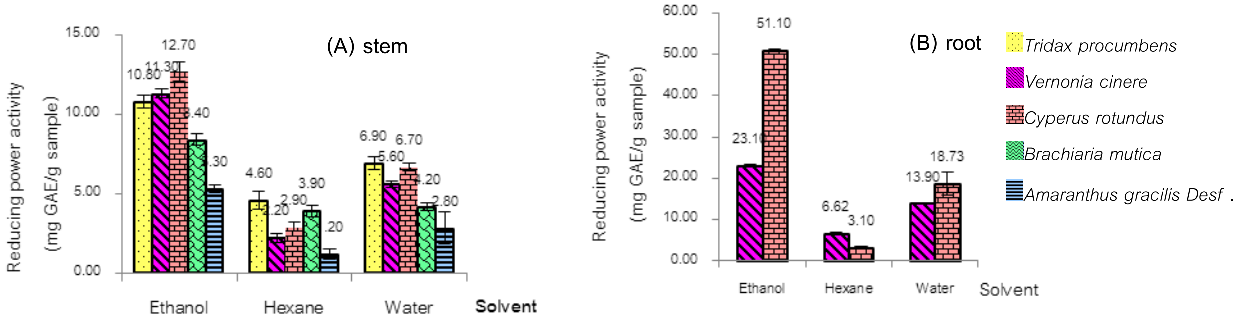



Figure 3 Reducing power activity of extracted samples from ethanol, hexane and water (1.0 mg/ml)

Table 2 Show Antimicrobial activity *(Staphylococcus aureus)* of extracted samples from ethanol,hexane and water and Dicloxacillin and Pencillin

| Solvent | Clear Zone (cm) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | extracts of stem weeds | | | | | extracts of root weeds | |
| | *Tridax procumbens.* | *Vernonia cinerea.* | *Cyperus rotundus.* | *Brachiaria mutica.* | *Amaranthus gracilis Desf.* | *Vernonia cinerea.* | *Cyperus rotundus.* |
| Ethanol | - - | - - | - - | - - | 0.47 ±0.28 | 0.13 ±0.04 | 0.25 ±0.03 |
| Hexane | - - | - - | - - | - - | - - | 0.22 ±0.03 | 0.25 ±0.05 |
| Water | 0.17 ±0.04 | - - | 0.28 ±0.15 | 0.45 ±0.05 | 0.7 ±0.17 | 0.51 ±0.21 | - - |
| Dicloxacillin | | | | 1.78± 0.07 | | | |
| Pencillin | | | | 1.29±0.13 | | | |

# ผลของการลวกร่วมกับการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการถ่ายเทมวลสารของขิงแปรรูป

# Effect of Blanching Prior to Osmotic Dehydration on the Sensory Quality and Mass Transfer of Processed Ginger

**วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] อนุสรา พลบจู[1] และ พเยีย มหาขันตี[1]**
Yuenyongputtakal, W.[1], Plobju, A.[1] and Mahakhuntee, P.[1]

## Abstract

The effect of blanching pretreatment before osmotic dehydration of ginger was studied. The factors included types of blanching agent (water and sodium chloride solution) and blanching times balancing (5, 10 and 15 min) compared with unblanched treatment (control). Results indicated that unblanched osmotically ginger obtained the lowest liking score ($p<0.05$). Whereas, the blanched osmotic dehydrated ginger showed the highest liking score without significant difference between balancing treatments ($p\geq0.05$). Blanching pretreatment before osmotic dehydration increased extensive ginger odor, but suppressed ginger tang flavor. Blanching in water for 5 min could enhance the mass transfer during osmotic dehydration when compared to the other blanched osmoitcally dehydrated samples, as indicated by water loss content, solid gain content and weight reduction content were 37.27% 29.86% and 6.07%, respectively ($p<0.05$).

**Keywords:** ginger, blanching, osmotic dehydration, mass transfer

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการลวกขิงก่อนการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสโดยมีปัจจัยที่ศึกษาดังนี้คือ ชนิดของสารที่ใช้ลวก (น้ำและสารละลายโซเดียมคลอไรด์) และเวลาในการลวก (5, 10, 15 นาที) เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่ไม่ได้ลวก (ตัวควบคุม) พบว่า ขิงหลังการออสโมซิสที่ไม่ผ่านการลวกได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุด ($p<0.05$) ในขณะที่ขิงหลังการออสโมซิสที่ผ่านการลวกทุกสภาวะ ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) โดยพบแนวโน้มว่าการลวกขิงก่อนการออสโมซิส มีผลทำให้ขิงหลังการออสโมซิสมีกลิ่นขิงเพิ่มขึ้นแต่กลิ่นรสเผ็ดของขิงลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสิ่งทดลองที่ผ่านการลวกก่อนการออสโมซิส พบว่า การลวกขิงในน้ำ 5 นาที มีผลทำให้ค่าการถ่ายเทมวลสารจากการออสโมซิสมากที่สุด โดยมีค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นและปริมาณน้ำหนักที่ลดลง เท่ากับ 37.27% 29.86% และ 6.07% ตามลำดับ ($p<0.05$)

**คำสำคัญ:** ขิง การลวก การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส การถ่ายเทมวลสาร

## คำนำ

การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส เป็นแนวทางการแปรรูปวิธีหนึ่งที่จะได้ผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งที่มีคุณภาพดี เนื่องจากการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส เป็นการดึงน้ำออกจากผักผลไม้เพื่อลดปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ให้ต่ำลง โดยชิ้นผักผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และรสชาติ เพียงเล็กน้อย การออสโมซิสทำได้โดยแช่ชิ้นผักผลไม้ในสารละลายออสโมติกที่มีความเข้มข้นสูง โดยมีผลให้เกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างผักผลไม้กับสารละลายออสโมติก (Erba และคณะ, 1994) การลวกวัตถุดิบจัดเป็นการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิสวิธีหนึ่ง มีข้อดีเช่น ช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ จึงช่วยลดโอกาสการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพวัตถุดิบ และช่วยทำให้เนื้อเยื่ออ่อนนุ่มขึ้น จึงช่วยส่งเสริมให้มีการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิสได้มากขึ้น รวมทั้งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของวัตถุดิบ โดยเฉพาะพวกผักผลไม้ที่มีลักษณะเนื้อค่อนข้างแข็ง (Escobar และคณะ, 2007) งานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายในการพัฒนาการแปรรูปขิง เนื่องจากขิงเป็นพืชสมุนไพรที่มีศักยภาพ มี

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, Saensuk, Muang, Chonburi 20131

สารสำคัญกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกและมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ เหง้าขิงสดมีน้ำมันหอมระเหยเป็นองค์ประกอบมากและมีสารที่ให้กลิ่นรสเผ็ดฉุน นอกจากนี้ขิงมีเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง การเตรียมขั้นต้นโดยการลวกน่าจะสามารถลดกลิ่นรสเฉพาะของขิง ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการยอมรับของผู้บริโภค และกระตุ้นการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิสได้ งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลของชนิดสารที่ใช้ลวกและเวลาในการลวกต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่าการถ่ายเทมวลสารของขิงหลังการออสโมซิส

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำขิงพันธุ์หยวก อายุประมาณ 4 เดือน ปอกเปลือก ล้างน้ำ แล้วหั่นเป็นชิ้นขนาด 2*2*1 เซนติเมตร แล้วแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิก 1% และกรดซิตริก 0.2% เป็นเวลา 5 นาที การเตรียมขั้นต้นด้วยการลวก โดยแปรชนิดของสารที่ใช้ลวก (น้ำ, สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4% w/w) และเวลาในการลวก (5, 10 และ 15 นาที) ได้เป็น 6 สิ่งทดลอง เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่ไม่ได้ลวก (ตัวควบคุม) กำหนดอุณหภูมิในการลวกเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนระหว่างขิงและสารใช้ลวกเท่ากับ 1 : 3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เมื่อครบกำหนดเวลานำขิงแช่ในน้ำเย็นทันที เป็นเวลา 2 นาที การออสโมซิสทำได้โดย นำขิงมาแช่ในสารละลายออสโมติกคือ สารละลายผสมที่เตรียมจากน้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 30% น้ำตาลโอลิโกฟรุกโตสความเข้มข้น 30% และโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% กำหนดอัตราส่วนระหว่างขิงและสารละลายออสโมติกเท่ากับ 1 : 3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แช่ขิงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพดังนี้ ทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ทดสอบความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 5-point scoring test ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน และคำนวณค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่

1) ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) คำนวณได้จาก

$$WL\ (\%) = \frac{(W_0 M_0 - W_t M_t) \times 100}{W_0}$$

2) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) คำนวณได้จาก

$$SG\ (\%) = \frac{[W_t(1-M_t) - W_0(1-M_0)] \times 100}{W_0}$$

3) ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weight Reducing; WR)คำนวณได้จาก

$$WR\ (\%) = \frac{(W_0 - W_t) \times 100}{W_0}$$

เมื่อ $W_0$และ $W_t$ คือ น้ำหนักของตัวอย่างเริ่มต้นและหลังการออสโมซิส (กรัม) ตามลำดับ
$M_0$ และ $M_t$ คือ ความชื้นของตัวอย่างเริ่มต้นและหลังการออสโมซิส (กรัมน้ำ/กรัมน้ำหนักตัวอย่าง) ตามลำดับ

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table1 พบว่าขิงหลังการออสโมซิสที่ไม่ผ่านการลวก (control) ได้รับคะแนนความชอบทุกด้านต่ำที่สุด ($p<0.05$) อยู่ในระดับไม่ชอบปานกลางถึงเฉยๆ (3.30-5.33) ทั้งนี้อาจเนื่องจากขิงที่ไม่ได้ผ่านการลวกยังคงมีกลิ่นรสเผ็ดของขิงเข้มมาก และเนื้อสัมผัสยังค่อนข้างแข็ง ทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ขิงที่ผ่านการลวกมีกลิ่นรสเผ็ดของขิงลดลง และเนื้อสัมผัสนิ่มลง เมื่อนำมาออสโมซิสโดยการแช่ในสารละลายน้ำเชื่อม ทำให้น้ำตาลและเกลือในสารละลายออสโมติก สามารถแพร่เข้าไปในเนื้อเยื่อได้ ชิ้นขิงจึงมีรสหวานและเค็มมากขึ้น เป็นผลให้รสชาติโดยรวมและเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับ จาก Table 2 พบว่า ความเข้มกลิ่นขิงของ control มีคะแนนความเข้มกลิ่นขิงน้อยที่สุด ($p<0.05$) อยู่ในระดับเข้มน้อยที่สุด (1.80) ในขณะที่สิ่งทดลองที่ผ่านการลวกมีคะแนนความเข้มกลิ่นขิง อยู่ในระดับเข้มน้อยถึงเข้มปานกลาง (2.77-3.43) แสดงให้เห็นว่าการลวกทำให้ความเข้มของกลิ่นขิงเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากน้ำมันหอมระเหยในชิ้นขิงสามารถถูกกระตุ้นให้ระเหยออกมาได้มากขึ้นเมื่อสัมผัสกับความร้อนจากการลวก อย่างไรก็ตาม พบว่า control มีคะแนนความเข้มกลิ่นรสเผ็ดของขิงมากที่สุด ($p<0.05$) อยู่ในระดับเข้มปานกลางถึงเข้มมาก (3.73) ในขณะที่สิ่งทดลองที่ผ่านการลวกมีคะแนนความเข้มกลิ่นรสเผ็ดของขิงอยู่ในระดับเข้มน้อยถึงเข้มปานกลาง (2.57-3.30) แสดงให้เห็นว่าการลวกทำให้กลิ่นรสเผ็ดของขิงลดลง อาจเนื่องมาจากสารที่ให้กลิ่นรสเผ็ดเฉพาะตัวของขิงสามารถละลายไปพร้อมสารที่ใช้ลวกจึงช่วย

ลดกลิ่นรสเผ็ดของขิงลงได้ โดยสารให้กลิ่นรสเฉพาะตัวของขิงเกิดจากน้ำมันหอมระเหยในเหง้า ซึ่งมีสารสำคัญคือสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก ได้แก่ Gingerols, Shogaols, Paradols และ Zingerone ซึ่งเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ (Usama และคณะ, 2013)

จาก Table 3 เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) พบว่า control มี WL (38.60%) มากที่สุด($p<0.05$) สำหรับสิ่งทดลองที่ผ่านการลวกเมื่อใช้เวลาในการลวกนานขึ้นพบว่ามีแนวโน้มให้ WL ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขิงมีองค์ประกอบหลักเป็นแป้ง เมื่อได้รับความร้อนจากการลวก เม็ดแป้งมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาเจลาติไนซ์เซชัน จึงทำให้เกิดเจลไปขัดขวางการถ่ายเทมวลน้ำจากเซลล์ Varnalis และคณะ (2001) รายงานว่า การลวกมีผลให้ลักษณะโครงสร้างภายในเซลล์มีลักษณะคล้ายพลาสติกที่สามารถลดสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่าน นอกจากนี้น้ำบางส่วนที่ผิวที่จะกลายเป็นไอ ทำให้เกิดการผนึกปิดผิว จนเกิดแรงต้านภายในเซลล์เป็นผลให้เกิดการขัดขวางการแพร่ออกของน้ำ สำหรับปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) พบแนวโน้มว่าสิ่งทดลองที่ผ่านการลวกมี SG มากกว่าcontrol ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการลวกทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของพืชถูกทำลาย จึงเป็นผลให้การถ่ายเทมวลของตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกแพร่เข้าไปได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Escobar และคณะ (2007) ที่พบว่าการลวกแครอทในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีผลทำให้เซลล์เนื้อเยื่อแครอทถูกทำลายและเกิดการสูญเสียน้ำตาลกาแลคโตสและอะราบิโนสซึ่งเป็นองค์ประกอบของเพคตินที่ผนังเซลล์แครอท ทำให้โครงสร้างเอื้อต่อการถ่ายโอนมวลสารได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ลวก สำหรับปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) เป็นผลสุทธิที่พิจารณาจากการถ่ายเทมวลน้ำที่สูญเสียจากตัวอย่างและการถ่ายเทมวลของแข็งเข้ามาในตัวอย่าง ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า WL มากกว่า SG ดังนั้นจึงพบว่า WR มีแนวโน้มคล้ายกับ WL จากผลการทดลองโดยภาพรวม เมื่อพิจารณาเฉพาะสิ่งทดลองที่ผ่านการลวกพบว่า สิ่งทดลองที่ 2 ซึ่งเป็นการลวกขิงในน้ำ 5 นาที มีผลทำให้ค่าการถ่ายเทมวลสารมากที่สุด โดยมีค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง เท่ากับ 37.27% 29.86% และ 6.07% ตามลำดับ ($p<0.05$)

**Table 1** Effect of blanching pretreatment on liking score of osmotically dehydrated ginger

| Treatment No. | Blanching agent | Blanching time (min) | Liking score* ± SD | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Odor | Flavor | Texture | Overall |
| 1 (control) | - | - | $4.60 \pm 1.56^{b}$ | $5.30 \pm 1.56^{b}$ | $5.33 \pm 1.73^{b}$ | $4.97 \pm 1.56^{b}$ |
| 2 | Water | 5 | $5.76 \pm 1.59^{a}$ | $6.23 \pm 1.41^{a}$ | $6.53 \pm 1.48^{a}$ | $6.43 \pm 1.68^{a}$ |
| 3 | Water | 10 | $6.13 \pm 1.43^{a}$ | $6.17 \pm 1.49^{a}$ | $6.40 \pm 1.57^{a}$ | $6.43 \pm 1.30^{a}$ |
| 4 | Water | 15 | $6.36 \pm 1.87^{a}$ | $6.43 \pm 1.90^{a}$ | $6.50 \pm 1.31^{a}$ | $6.73 \pm 1.05^{a}$ |
| 5 | NaCl | 5 | $5.97 \pm 1.50^{a}$ | $5.90 \pm 1.40^{ab}$ | $6.40 \pm 1.35^{a}$ | $6.33 \pm 1.45^{a}$ |
| 6 | NaCl | 10 | $5.77 \pm 1.48^{a}$ | $5.91 \pm 1.59^{ab}$ | $6.40 \pm 1.40^{a}$ | $6.23 \pm 1.17^{a}$ |
| 7 | NaCl | 15 | $5.73 \pm 1.74^{a}$ | $6.37 \pm 1.85^{a}$ | $6.33 \pm 1.27^{a}$ | $6.50 \pm 1.28^{a}$ |

$^{a,b}$Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

* 1 = Extremely dislike, 5 = Neither like nor dislike and 9 = Extremely like

**Table 2** Effect of blanching pretreatment on attribute intensity score of osmotically dehydrated ginger

| Treatment No. | Blanching agent | Blanching time (min) | Attribute intensity score* ± SD | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Ginger odor | Ginger tang flavor |
| 1 (control) | - | - | $1.80 \pm 0.80^{c}$ | $3.73 \pm 0.91^{a}$ |
| 2 | Water | 5 | $3.07 \pm 0.93^{ab}$ | $2.97 \pm 0.80^{bc}$ |
| 3 | Water | 10 | $3.13 \pm 0.64^{ab}$ | $3.30 \pm 0.99^{ab}$ |
| 4 | Water | 15 | $2.77 \pm 0.94^{b}$ | $2.57 \pm 0.94^{c}$ |
| 5 | NaCl | 5 | $3.43 \pm 0.97^{a}$ | $3.00 \pm 0.91^{bc}$ |
| 6 | NaCl | 10 | $2.87 \pm 0.82^{ab}$ | $3.13 \pm 0.82^{bc}$ |
| 7 | NaCl | 15 | $2.77 \pm 0.84^{b}$ | $2.80 \pm 0.96^{bc}$ |

$^{a,b}$Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

*1 = Weakest intensity and 5 = Strongest intensity

**Table 3** Effect of blanching pretreatment on mass transfer parameters of osmotically dehydrated ginger

| Treatment No. | Blanching agent | Blanching time (min) | Mass transfer parameters (%) ± SD | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Water loss | Solid gain | Weight reduction |
| 1 (control) | - | - | 38.60 ± 0.29[a] | 21.47 ± 0.29[d] | 12.27± 0.60[a] |
| 2 | Water | 5 | 37.27 ± 0.20[b] | 29.86 ± 0.20[a] | 6.07 ± 0.99[b] |
| 3 | Water | 10 | 30.89 ± 0.37[d] | 24.62 ± 0.92[c] | 4.87 ± 0.70[b] |
| 4 | Water | 15 | 29.21 ± 0.56[f] | 25.57 ± 0.56[c] | 4.72 ± 0.99[c] |
| 5 | NaCl | 5 | 36.55 ± 0.40[c] | 29.99 ± 0.41[a] | 5.43 ± 0.98[b] |
| 6 | NaCl | 10 | 34.64 ± 0.52[d] | 27.61 ± 0.30[b] | 1.96 ± 0.59[d] |
| 7 | NaCl | 15 | 33.60 ± 0.18[e] | 29.95 ± 0.18[a] | 3.13 ± 0.56[c] |

[a,b]Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

## สรุปผล

การเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกขิงในน้ำและสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4% เป็นเวลา 5-15 นาที ก่อนการออสโมซิส มีผลทำให้ขิงหลังการออสโมซิสได้รับคะแนนความชอบมากกว่าขิงที่ไม่ผ่านการลวก โดยทำให้กลิ่นรสเผ็ดของขิงลดลง เมื่อพิจารณาค่าการถ่ายเทมวลสารของขิงหลังการออสโมซิสที่ผ่านการลวก พบว่า การเตรียมขั้นต้นด้วยการนำขิงมาลวกในน้ำ 5 นาที ทำให้ขิงหลังการออสโมซิสมีการถ่ายเทมวลสารมากที่สุด

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 49/2558

## เอกสารอ้างอิง

Erba, M.L., Forni, E. and Colonello, A., 1994, Influence of Sugar Composition and Air Dehydration Levels on the Chemical-physical Characteristics of Osmodehydrofrozen Fruit, Journal of Food Chemistry, 50: 69-73.

Ecobar, M.P., Galindo, G.F., Wadso, L., Najera, J.R. and Sjoholm, I., 2007, Effect of Long-term Storage and Blanching Pre-treatments on the Osmotic Dehydration Kinetics of Carrots (*DaucuscarotaL. Nerac*), Journal of engineering, 81: 313-317.

Varnalis, A.I., Brennan, J.G. and MacDougall, D.B., 2001, A Proposed Mechanism of High-temperature Puffing of Potato. Part I. The Influence of Blanching and Drying Conditions on the Volume of Puffed Cubes, Journal of Food Engineering, 48: 361-367.

Usama, I.A., Mohamed, S.A. Hussein, S.T. and El-Sayed, G., 2013, Characterization of 6-gingerol for *in vitro* Genger (*Zingiber officinale*) Using High Performance Liquid Chromatography, Global Journal of Botanical Science, 1: 9-17.

# ผลของการเสริมใบหม่อนต่อคุณภาพของคุกกี้เนย

# Effect of Mulberry-leaf-powder on Qualities of Butter Cookie

**นันท์ชนก นันทะไชย[1] ปทุมวัน เมธา[1] อนุสรา พาที[1] และ นลิตา บู่ทอง[1]**
Nanthachai, N.[1], Meta, P.[1], Patee, A.[1] and Boothong, N.[1]

## Abstract

A study on effect of supplementation mulberry-leaf-powder at 0, 3, 6 and 9% on qualities of butter cookie was conducted. Physico-chemical qualities were analyzed and sensory of the butter cookie was evaluated. Result indicated that spread ratio of cookie without mulberry-leaf-powder was 8.54% significantly higher than those added with the powder ($p \leq 0.05$). Color value ($L^*$ $a^*$ and $b^*$) of the butter cookie significantly decreased ($p \leq 0.05$), whereas, the hardness increased ($p \leq 0.05$). Total phenolic compounds and antioxidant activity of the cookie without mulberry-leaf-powder were 1.45 mg GAE/ 100 g and 2.53%, respectively, and significantly lower than cookies added with the powder ($p \leq 0.05$). There was not significant difference in sensory test scores between the cookies added with 3% powder and control (0% powder) ($p \geq 0.05$). Rating score for color, odor, taste, texture and general acceptability of cookies added with 3% mulberry-leaf-powder were 7.33, 7.37, 7.47, 7.93 and 7.67, respectively.

**Keywords:** mulberry, cookies, antioxidant

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการเสริมผงใบหม่อนปริมาณร้อยละ 0, 3, 6 และ 9 ต่อคุณภาพของคุกกี้เนย เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ-เคมี และการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย ผลการศึกษาพบว่า การแผ่ขยายตัวของคุกกี้ที่ไม่เสริมผงใบหม่อนเท่ากับร้อยละ 8.54 ซึ่งมีค่ามากกว่าคุกกี้ที่เสริมผงใบหม่อน ($p \leq 0.05$) การเพิ่มปริมาณผงใบหม่อนทำให้ค่าสี (L* a* และ b*) ลดลง ในขณะที่ความแข็งของคุกกี้มีค่าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) คุกกี้ที่ไม่เสริมผงใบหม่อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 1.45 mg GAE/ 100 g และ 2.53 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าคุกกี้ที่เสริมผงใบหม่อน ($p \leq 0.05$) และในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าคุกกี้สูตรที่เติมผงใบหม่อนร้อยละ 3 และไม่เติมผงใบหม่อนมีความชอบไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของคุกกี้เสริมผงใบหม่อนร้อยละ 3 เท่ากับ 7.33, 7.37, 7.47, 7.93 และ 7.67 ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: ใบหม่อน คุกกี้ สารต้านอนุมูลอิสระ

## คำนำ

คุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป เนื่องจากสะดวกต่อการรับประทาน มีรสชาติหอมหวาน วัตถุดิบหลักที่ใช้คือแป้งสาลี ซึ่งมีโปรตีนกลูเตนเป็นส่วนประกอบสำคัญทำหน้าที่ให้โครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์ (น้ำทิพย์ และคณะ, 2555) ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์คุกกี้ เช่น การปรับปรุงผลิตภัณฑ์คุกกี้หยอดโดยการผสมผักและเมล็ดพืชน้ำมัน ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง (จุฬาลักษณ์และคณะ, 2535) ภรัณยา (2550) นำกากบัวบกแห้งมาทดแทนปริมาณแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ชาเขียว นอกจากนี้ยังมีการเสริมเพคตินจากเปลือกมะนาว และการใช้ผลไม้ผงในผลิตภัณฑ์คุกกี้ (อมรรัตน์ และคณะ, 2551; ชมพูนุท และคณะ, 2553) เป็นต้น

หม่อน หรือ มัลเบอร์รี่ (mulberry) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus alba* Linn. ใบหม่อนเป็นส่วนที่ใช้เลี้ยงไหม ขนาด ความหนา และลักษณะรูปร่างของขอบใบจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ ใบหม่อนมีสาร deoxynojirimycin, GABA

---

[1] **สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 พหลโยธิน 87 ซอย 2 ประธิปัตย์ ธัญบุรี ปทุมธานี 12130**

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2 Phaholyothin 87 Soi 2, Prachathaipat, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

(gamma amino butyric acid) และ phytosterol สารเหล่านี้มีผลในการลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดความดัน และลดระดับคอเลสเตอรอล เป็นต้น นักวิทยาศาสตร์ชาวไทยและชาวญี่ปุ่นพบว่าใบหม่อนมีแร่ธาตุและวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายโดยรวมสูงกว่าใบชาอีกด้วย (วิโรจน์, 2557) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำใบหม่อนมาแปรรูปให้เป็นผงแล้วนำมาใช้ในคุกกี้เนย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมผงใบหม่อน

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมผงใบหม่อนโดยดัดแปลงจาก จุฬาลักษณ์และคณะ (2547) ดังนี้ เก็บใบหม่อนเวลาเช้าโดยนับจากยอดจำนวน 5 ใบ นำมาล้างน้ำสะอาด จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปนึ่งด้วยไอน้ำเวลา 2 นาที ผึ่งลมให้แห้ง นำมาวางบนตะแกรงและอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนใบหม่อนมีความชื้นร้อยละ 6-7 จากนั้นบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า แล้วนำมาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 63 ไมโครเมตร บรรจุในถุงพลาสติกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส

ศึกษาปริมาณของผงใบหม่อนที่เหมาะสมในคุกกี้เนยโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ปริมาณผงใบหม่อนที่ใช้มี 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 3, 6 และ 9 สำหรับ การเตรียมคุกกี้เนยผสมผงใบหม่อนมีวิธีการดังนี้ร่อนแป้งสาลี ผงใบหม่อน และนมผง ให้เข้ากันแล้วพักไว้ ตีน้ำตาลไอซิ่ง มาการีน เนยขาว และเนยสด จนส่วนผสมขึ้นฟู จากนั้นเติมไข่ไก่พร้อมกลิ่นวานิลา แล้วจึงเติมแป้งสาลี ผงใบหม่อน และนมผงที่ร่อนไว้ ผสมให้เข้ากัน นำมารีดให้เป็นแผ่นหนา 0.5 เซนติเมตร แล้วใช้พิมพ์กดเป็นแผ่น วางบนถาดที่ทาไขมันและอบที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12-15 นาที เมื่อสุกแล้วนำออกจากตู้อบ ทิ้งให้เย็น แล้วเก็บในภาชนะปิดสนิท ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์คุณภาพคุกกี้เนยดังนี้ ค่าสี การแผ่ขยายตัว (AACC, 1983) ความแข็ง สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (Leong และ Shui, 2002) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9 – point hedonic scale

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ค่าสีของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยเสริมผงใบหม่อนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าการเพิ่มปริมาณผงใบหม่อนในคุกกี้ส่งผลให้ค่า L* a* และ b* ลดลง (Table 1) การเปลี่ยนแปลงสีของคุกกี้มักเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ที่เป็นปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนหรือกรดอะมิโนกับน้ำตาลในสภาวะอุณหภูมิสูง (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2557) ผงใบหม่อนมีสีเขียวเข้ม ดังนั้นการเพิ่มปริมาณผงใบหม่อนจึงส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ คุกกี้เสริมผงใบหม่อนร้อยละ 0, 3, 6 และ 9 มีค่าการแผ่ขยายตัวร้อยละ 8.54, 8.10, 7.86 และ 7.43 ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งการเสริมผงใบหม่อนร้อยละ 9 ส่งผลให้การแผ่ขยายตัวมีค่าน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการเติมผงใบหม่อนทำให้ของเหลวในคุกกี้น้อยลงจึงส่งผลให้มีแรงต้านทานต่อการขยายตัวของคุกกี้เพิ่มขึ้นจนไม่สามารถขยายตัวได้อีก จึงทำให้คุกกี้ที่เสริมผงใบหม่อนมีการแผ่ขยายน้อยลงตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศศิวิมลที่ใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย (ศศิวิมลและคณะ, 2552) คุกกี้เสริมผงใบหม่อนร้อยละ 9 มีค่าความแข็งมากที่สุด ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 37.43 N (Table 1) เนื่องจากผงใบหม่อนมีความละเอียดสูงและมีปริมาณของเหลวในส่วนผสมของคุกกี้น้อยลง ส่งผลให้คุกกี้มีความแข็งและแน่นมากเกินไป จึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (พร้อมลักษณ์ และคณะ, 2555)

ความชื้นของคุกกี้เสริมผงใบหม่อนไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 1.83-2.14 ซึ่งมีคุณสมบัติตรงตามคุณลักษณะทั่วไปของคุกกี้ที่มีความชื้นได้ไม่เกินร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา,2557) ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณผงใบหม่อนในผลิตภัณฑ์คุกกี้ (Table 2) สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่มักอยู่รวมกับโมเลกุลอื่นในรูป glycosides โดยเชื่อมต่อกับโมเลกุล monosaccharide หรือ disaccharide นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลยังรวมกับสารประกอบอื่นอีกหลายชนิด เช่น กรดอินทรีย์ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน เป็นต้น (สุจิตรา, 2557) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกมีสมบัติต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ส่งผลต่อการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยการให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระมีความคงตัวและมีพลังงานน้อยลง ซึ่งไม่สามารถทำปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระต่อไปได้อีก นอกจากนี้อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดยังสามารถเข้าจับกับอนุมูลอิสระอื่นได้ (Velioglu และคณะ, 1998) ในส่วนผสมของคุกกี้มีสารประกอบที่สามารถรวมตัวกับฟีนอลแล้วเกิดเป็นสารประกอบฟีนอลิกอยู่เล็กน้อย นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกมีการสังเคราะห์และสลายตัวโดยมีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง คือ แสง อุณหภูมิ คาร์โบไฮเดรต

ภายในเซลล์ แร่ธาตุ และน้ำ เป็นต้น (จิราพร, 2555) ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณผงใบหม่อนส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกและร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

**Table 1** Color, spread ration and hardness of butter cookie added with different levels mulberry-leaf-powder

| Mulberry-leaf-powder (%) | Color L* | Color a* | Color b* | Spread ratio (%) | Hardness (N) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | $70.61^{a}$ | $14.54^{a}$ | $63.03^{a}$ | $8.54^{a}$ | $19.21^{d}$ |
| 3 | $52.25^{b}$ | $12.15^{ab}$ | $56.59^{ab}$ | $8.10^{b}$ | $22.88^{c}$ |
| 6 | $55.17^{b}$ | $10.27^{ab}$ | $51.00^{ab}$ | $7.86^{c}$ | $26.71^{b}$ |
| 9 | $48.87^{b}$ | $5.69^{b}$ | $45.05^{b}$ | $7.43^{d}$ | $37.43^{a}$ |
| C.V. (%) | 7.93 | 31.82 | 16.42 | 0.11 | 0.34 |

Means of the same column with different superscripts indicate significant differences ($p \leq 0.05$)

**Table 2** Moisture content, total phenolic compounds and free radical scavenging of butter cookie added with different levels of mulberry-leaf-powder

| Mulberry-leaf-powder (%) | Moisture content $(\%)^{ns}$ | Total phenolic compounds (mg GAE/ 100 g) | Free radical scavenging (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 1.83 | $1.45^{d}$ | $2.53^{d}$ |
| 3 | 2.14 | $5.87^{c}$ | $2.93^{c}$ |
| 6 | 2.08 | $7.71^{b}$ | $3.38^{b}$ |
| 9 | 1.97 | $10.64^{a}$ | $3.60^{a}$ |
| C.V. (%) | 8.17 | 5.42 | 1.44 |

Means of the same column with different superscripts indicate significant differences ($p \leq 0.05$)
ns = not significantly differences ($p>0.05$)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคุกกี้เนยเสริมผงใบหม่อน โดยทดสอบความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ผลการทดสอบพบว่า เมื่อปริมาณผงใบหม่อนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีผลทำให้คุกกี้มีสีเขียวเข้ม มีกลิ่นของใบหม่อน รสชาติขมฝาด และมีความแข็งมาก อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมผงใบหม่อนร้อยละ 0 และ 3 ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของคุกกี้เสริมผงใบหม่อนร้อยละ 3 เท่ากับ 7.33, 7.37, 7.47, 7.93 และ 7.67 ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Sensory evaluation of butter cookie added with mulberry-leaf-powder

| Mulberry-leaf-powder (%) | Color | Flavor | Taste | Texture | General Acceptability |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | $7.60^{a}$ | $7.53^{a}$ | $7.73^{a}$ | $7.77^{ab}$ | $7.90^{a}$ |
| 3 | $7.33^{ab}$ | $7.37^{ab}$ | $7.47^{ab}$ | $7.93^{a}$ | $7.67^{ab}$ |
| 6 | $6.87^{bc}$ | $6.93^{bc}$ | $7.23^{b}$ | $7.53^{bc}$ | $7.30^{bc}$ |
| 9 | $6.37^{c}$ | $6.83^{c}$ | $7.00^{b}$ | $7.30^{c}$ | $7.10^{c}$ |
| C.V. (%) | 15.63 | 13.77 | 12.47 | 9.39 | 11.05 |

Means of the same column with different superscripts indicate significant differences ($p \leq 0.05$)

## สรุปผล

การเติมผงใบหม่อนมีผลต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของคุกกี้เนยอย่างมี นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การเพิ่มปริมาณผงใบหม่อนทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น แต่มีผลทำให้คุณภาพทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง อย่างไรก็ตามผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าคุกกี้สูตรที่เติมผงใบหม่อนร้อยละ 0 และ 3 มีความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงสามารถเสริมผงใบหม่อนในคุกกี้เนยได้ถึงร้อยละ 3 จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ มีความเหมาะสมทั้งทางด้านคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส

## เอกสารอ้างอิง

จิราพร เพลินจิตต์, 2555, ความคงตัวของกรดฟีนอลิกในน้ำกึ่งวิกฤต, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปกร,

จุฬาลักษณ์ จารุนุช เพลินใจ ตั้งคระกุล เสาวลักษณ์ รุ่งแจ้ง และ วายุห์ สนเทศ, 2547, การประยุกต์ใช้ใบหม่อนเสริมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวระบบเอกซ์ทรูชัน, รายงานการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 42, น. 79-87, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

จุฬาลักษณ์ จารุนุช ไพลิน ผู้พัฒน์ และวิไลลักษณ์ รัตอาภา, 2535, คุกกี้หยอดผสมผักหรือเมล็ดพืชน้ำมัน, ภาควิชาอาหารและโภชนาการ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชมพูนุท สีห์โสภณ เฉลิมพงษ์ ตันเจริญทรัพย์ และ วิภาดา ตรงต่อศักดิ์, 2553, นมอัดเม็ดและคุกกี้เสริมผักผลไม้ผง, วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า, 2: 42-45.

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป สุขสมาน สังโยคะ และปวีนา น้อยทัพ, 2555, การใช้กากถั่วลิสงหลังบีบน้ำมันเป็นสารเสริมโปรตีนในคุกกี้, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.

พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล ฉัตราภา หัตถโกศล อมรรัตน์ มีเครือรอด วรารัตน์ ลาสุขัง และดรัญพร เชื้อดวงผุย, 2555, การพัฒนาคุกกี้ข้าวกล้องสินเหล็ก, ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2557ก, คุกกี้ / Cookies [สืบค้น], http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3745. [6/ August/ 14].

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2557ข, โพลีฟีนอล / polyphenol [สืบค้น], http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3145. [6/ August/ 14].

ภรัณยา ธิยะใจ, 2550, การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ชาเขียวเสริมกากบัวบกที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำบัวบก, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิโรจน์ แก้วเรือง, 2557, ชาใบหม่อน เครื่องดื่มบำรุงสุขภาพที่ยากจะปฏิเสธ [สืบค้น], http://www.gotoknow.org. [6/ August/ 14].

ศศิวิมล บุญยิ่ง สุนทรี สุวรรณสิชณน์ และวรางคณา สมพงษ์, 2550, สมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งสาคูและผลของการใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของคุกกี้, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุจิตรา รตนะมโน, 2557, สารประกอบฟีนอลิก [สืบค้น], http://www.coursewares.mju.ac.th:81/e.../pdf/8.pdf. [15/ December/ 14].

อมรรัตน์ ถนนแก้ว นุชรีย์ นาวารัตน์ ยุพาวรรณ ก้อนเรือง ฤทัย จิตภักดีบดินทร์ และเถาวียน บัวตุ่ม, 2551, การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมเพคตินจากเปลือกมะนาว, วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 2: 39-55.

AACC, 1983, Approved methods (10th Ed), American Association of Cereal Chemists, St Paul. Minesota, USA.

Leong, L.P. and Shui, G., 2002, An Investigation of Antioxidant Capacity of Fruits in Singapore Market, Food Chemistry, 76: 69-75.

Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L. and Oomah, B.D., 1998, Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables and Grain Products, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 4113-4117.

# ผลของการใช้ซูคราโลสร่วมกับโพลีเดกซ์โทรสทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอก

# Effect of Sugar Substitution with Sucralose and Polydextrose on Qualities of Germinated Brown Rice Flour Muffin

อภิญญา เจริญกูล[1]
Charoenkul, A.[1]

## Abstract

Muffin is one of the interesting bakery product which is more widely consume. Germinated brown rice is one of the interesting healthy product and sweetener is also used to reduce sugar content in bakery product. The objective of this research was to study the effect of sucralose as a sweetener combined with polydextrose as a bulking agent for sugar substitution of 0 (control), 25, 50, 75 and 100% by sugar weight on qualities of germinated brown rice flour muffin. The substitution of sugar produced germinated brown rice muffin with lighter color which was higher L* (lightness). Germinated brown rice muffin was harder and more dense which was higher firmness and density and also showing higher water activity (Aw) but lower a* (red), b* (yellow), weight loss upon baking and specific volume ($p<0.05$). Sensory score in appearance, texture and overall acceptability decreased but increasing in taste and flavor sensory score toward 50% sugar substitution, then decreasing. Nevertheless, the 50% sugar substitution was not significant different in all attribute from control, except flavor which was higher than control.

**Keywords:** germinated brown rice flour, muffin, sucralose, polydextrose

## บทคัดย่อ

มัฟฟินเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ขณะที่ข้าวกล้องงอกก็จัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่ได้รับความสนใจ และสารให้ความหวานถูกนำมาใช้เพื่อลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ด้วย ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานร่วมกับโพลีเดกซ์โทรสซึ่งเป็นสารเพิ่มมวล ทดแทนน้ำตาลในสัดส่วน 0 (สูตรควบคุม) 25 50 75 และ 100% โดยน้ำหนักน้ำตาล ต่อคุณภาพของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอก พบว่า มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกที่ใช้ซูคราโลสร่วมกับโพลีเดกซ์โทรสทดแทนน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น มีค่า L* ค่าแรงตัดขาด ค่าความหนาแน่น และ ค่า Aw เพิ่มขึ้น ส่วนค่า a* และ ค่า b* เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบและปริมาตรจำเพาะลดลง คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสและการยอมรับลดลง ส่วนคะแนนในด้านรสชาติและกลิ่นรสเพิ่มขึ้น แต่ลดลงเมื่อทดแทนน้ำตาลมากกว่า 50% ดังนั้นจึงสามารถใช้ซูคราโลสร่วมกับโพลีเดกซ์โทรสทดแทนน้ำตาลได้ 50% โดยมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกมีคะแนนในทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ยกเว้นด้านกลิ่นรสซึ่งมีคะแนนสูงกว่าสูตรควบคุม

**คำสำคัญ**: แป้งข้าวกล้องงอก มัฟฟิน ซูคราโลส โพลีเดกซ์โทรส

## คำนำ

มัฟฟินหรืออเมริกันมัฟฟินเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกับคัพเค้ก ทำง่ายและสะดวกในการบริโภค ปัจจุบันคนไทยเน้นการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ และใส่ใจในการเลือกอาหารที่รับประทานมากยิ่งขึ้น นอกจากการใช้ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice) ซึ่งมีสารที่สำคัญคือสารกาบา (GABA) หรือ Gamma amino butyric acid ทดแทนแป้งสาลีซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แล้ว การใช้สารทดแทนน้ำตาลก็เป็นการลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อีกด้วยซูคราโลส (Sucralose) (1,6-dichloro – 1,6-dideoxy –D-fructofuranosyl -4-chloro-4-deoxy-α-D-galactopyranoside) สังเคราะห์ได้จากการใช้ซูโครสเป็นสารเริ่มต้น โดยแทนที่ด้วยคลอรีนอะตอมตรงบริเวณตำแหน่งที่ 4

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร 10400
[1] Department of Food Science and Technology, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, Thailand 10400

ของส่วนที่เป็นกาแลคโตส และตำแหน่งที่ 1 และ 6 ของส่วนที่เป็นฟรุคโตส ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน มีความหวานมากกว่าน้ำตาล 600 เท่า ให้รสหวานเช่นเดียวกับน้ำตาล และไม่ให้รสไม่พึงประสงค์ มีความปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิดพิษแก่ร่างกาย และไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง ซึ่งซูคราโลสได้รับอนุญาตให้ใช้เป็นสารให้ความหวานในอาหารและเครื่องดื่มได้ 15 ชนิดซึ่งรวมถึงขนมอบด้วย (Khouryieh และคณะ, 2005) แต่ซูคราโลสหรือสารให้ความหวานจะให้ความหวานเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการใช้สารเพิ่มมวล (Bulking agent) เพื่อทดแทนสมบัติเชิงหน้าที่ของน้ำตาล โพลีเดกซ์โทรส (Polydextrose) เป็นสารที่ทำหน้าที่ให้มวล และเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งใช้สำหรับปรับปรุงเนื้อสัมผัสอีกด้วย โพลีเดกซ์โทรสยังให้พลังงานต่ำเพียง 1 กิโลแคลอรีต่อกรัม จึงสามารถนำไปใช้ในอาหารผู้ป่วยเบาหวานได้ด้วย (Martínez-Cervera และคณะ, 2012) ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ซูคราโลสร่วมกับโพลีเดกซ์โทรสทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอก

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมมัฟฟินโดยผสมส่วนผสมแห้ง ได้แก่ แป้งข้าวกล้องงอก (ข้าวกล้องงอกชนิดบดละเอียด ตรา นูริซ) 100 กรัม น้ำตาลทราย 40 กรัม (หรือซูคราโลส (ตรา D-et) และโพลีเดกซ์โทรส (บริษัท รามา โปรดักชั่น จำกัด) ทดแทนน้ำตาล 0 (สูตรควบคุม) 25 50 75 และ 100% โดยน้ำหนักน้ำตาล) ผงฟู 2 กรัม และเกลือ 0.6 กรัม เข้าด้วยกัน และร่อนรวมกัน 2 ครั้ง แล้วพักไว้ ผสมส่วนผสมของเหลว ได้แก่ นมสด 90 กรัม ไข่ไก่ 30 กรัม น้ำมันรำข้าว 30 กรัม และวานิลลา 2 กรัม เข้าด้วยกัน ก่อนใส่ลงในส่วนผสมแห้งที่พักไว้ ใช้พายตะล่อมเบาๆ ให้ส่วนผสมเข้ากัน ตักส่วนผสมที่ได้ใส่พิมพ์ที่รองด้วยถ้วยกระดาษ พิมพ์ละ 50 กรัม อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 22 นาที วิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter Lab Digital Colorimeter รุ่น Color Flex ค่า Water Activity (Aw) โดยใช้เครื่อง Aqua Lab รุ่น CX-2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะ และค่าแรงตัดขาดของมัฟฟิน โดยใช้เครื่อง Lloyd Texture Analyzer รุ่น LRX และการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point Hedonic scale test

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ค่าสีของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกที่ใช้ซูคราโลสร่วมกับโพลีเดกซ์โทรสทดแทนน้ำตาล (Table 1) มีค่า L* เพิ่มขึ้น ส่วนค่า a* และค่า b* ลดลง โดยปกติแล้วในผลิตภัณฑ์ขนมอบสีของเปลือกด้านนอกต้องการให้เกิดสีน้ำตาล ซึ่งเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลหรือปฏิกิริยาเมลลาร์ด จากน้ำตาลทรายที่ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเกิดเป็นสีน้ำตาลขึ้น (Martínez-Cervera และคณะ, 2012) ดังนั้นเมื่อมีการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดลดลง แต่อย่างไรก็ตามก็ยังคงลักษณะที่เปลือกด้านนอกเป็นสีน้ำตาลตามลักษณะของขนมอบหรือมัฟฟิน

สมบัติทางกายภาพของมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกเมื่อทดแทนน้ำตาลในปริมาณที่มากขึ้น (Table 2) พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบและปริมาตรจำเพาะลดลง ส่วนค่า Aw ค่าความหนาแน่นและค่าแรงตัดขาดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้พบว่ามัฟฟินที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งสาลีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบมากเพิ่มขึ้น และค่า Aw ลดลง (อภิญญา, 2556) เนื่องจากแป้งข้าวกล้องไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ แต่เมื่อใช้โพลีเดกซ์โทรสร่วมด้วย นอกจากจะทำหน้าที่ทดแทนสมบัติเชิงหน้าที่น้ำตาล เมื่อใช้ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานโดยการเป็นสารให้มวลแล้ว ยังช่วยให้ลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบด้วย (Martínez-Cervera และคณะ, 2012) เนื่องจากโพลีเดกซ์โทรสเป็นสาร สามารถละลายน้ำได้ดีมาก (80% (w/v) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) และให้สารละลายใสเช่นเดียวกับน้ำตาลทราย จึงส่งผลให้มัฟฟินสามารถอุ้มน้ำได้ดี และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบลดลง แต่อย่างไรก็ตามก็ทำให้มัฟฟินมีความหนาแน่นและค่าแรงตัดขาดเพิ่มขึ้นและมีปริมาตรจำเพาะลดลง เนื่องจากการใช้โพลีเดกซ์โทรสให้ความหนืดมากกว่าน้ำตาล จึงทำให้แบตเตอร์มีความหนืดสูงจึงทำให้มัฟฟินขึ้นฟูได้ยาก มัฟฟินที่มีความหนาแน่นสูงจึงมีค่าแรงตัดขาดสูงด้วย รวมทั้งเมื่อพิจารณาจากฟองอากาศในเนื้อมัฟฟิน พบว่ามีขนาดเล็ก และมีจำนวนน้อย เนื่องจากฟองอากาศที่อยู่ในแบตเตอร์สูญเสียไปในระหว่างการอบ และไม่กระจายตัวทั่วไปในเนื้อมัฟฟิน จึงทำให้มัฟฟินมีปริมาตรจำเพาะต่ำลงนั่นเอง ส่งผลให้มัฟฟินมีเนื้อแน่นและไม่ขึ้นฟู ความหนืดของแบตเตอร์เป็นสมบัติที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีการขึ้นฟู กล่าวคือ มีผลต่อการกักเก็บอากาศและเสถียรภาพของฟองอากาศ รวมทั้งการถ่ายเทความร้อนของแบตเตอร์ในระหว่างการอบ ซึ่งความหนืดของแบตเตอร์ที่น้อยเกินไปก็ทำให้การกักเก็บอากาศได้น้อย (Martínez-Cervera และคณะ, 2012) นอกจากนี้น้ำตาลยังมีผลต่อความนุ่มของมัฟฟิน เป็นผลจากน้ำตาลยับยั้งการเจลาติ

ไนส์ของสตาร์ช (Retarding effect) แต่เมื่อทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลส จึงทำให้มัฟฟินมีความนุ่มลดลง และมีค่าแรงตัดขาดเพิ่มขึ้น

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Table 3) พบว่า คะแนนในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสและการยอมรับมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่อทดแทนน้ำตาลในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้มัฟฟินมีลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสที่แน่น และมีความนุ่มลดลง แต่คะแนนในด้านรสชาติและกลิ่นรสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เมื่อทดแทนน้ำตาลมากกว่า 50% พบว่าคะแนนในด้านรสชาติและกลิ่นรสลดลง เนื่องจากเมื่อทดแทนในปริมาณที่มากกว่า 50% จะทำให้มัฟฟินมีรสชาติที่หวานแตกต่างจากน้ำตาลทราย ส่วนเมื่อใช้โพลีเดกซ์โทรสทดแทนมากกว่า 50% ขึ้นไปพบว่ามัฟฟินมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งเกินไป ดังนั้นจึงสามารถลดปริมาณน้ำตาลในมัฟฟินได้ถึง 50% โดยใช้ซูคราโลสร่วมกับโพลีเดกซ์โทรสทดแทนน้ำตาล ซึ่งซูคราโลสไม่ให้พลังงาน และมีค่า ADI 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต่อวัน ขณะที่โพลีเดกซ์โทรสให้พลังงานเพียง 1 กิโลแคลอรีต่อกรัม (Auerbach และคณะ, 2007) และไม่กำหนดค่า ADI แต่ไม่ควรบริโภคเกินวันละ 90 กรัม (Burdock และ Flamm, 1999) โดยที่มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกยังมีคะแนนในทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ยกเว้นด้านกลิ่นรสซึ่งมีคะแนนสูงกว่าสูตรควบคุม

## สรุปผล

เมื่อทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสและโพลีเดกซ์โทรสในมัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกทำให้มัฟฟินมีค่า L* ค่า Aw ค่าความหนาแน่นและค่าแรงตัดขาดเพิ่ม ส่วนค่า a* ค่า b* เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบและปริมาตรจำเพาะลดลง ทั้งนี้การใช้ซูคราโลสร่วมกับโพลีเดกซ์โทรสทดแทนน้ำตาลสามารถลดปริมาณน้ำตาลในมัฟฟินได้ถึง 50% โดยที่มัฟฟินแป้งข้าวกล้องงอกยังมีคะแนนในทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ยกเว้นด้านกลิ่นรสซึ่งมีคะแนนสูงกว่าสูตรควบคุม

## เอกสารอ้างอิง

อภิญญา เจริญกูล, 2556, ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกต่อคุณภาพของมัฟฟิน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2)(พิเศษ): 237-240.

Auerbach, M.H., Craig, S.A.S., Howlett, J.F. and Hayes, K.C., 2007, Caloric Availability of Polydextrose, Nutrition Reviews, 65(12): 544–549.

Khouryieh, H.A., Aramouni, F.M. and Herald, T.J., 2005, Physical and Sensory Characteristics of No-Sugar-Added/Low-Fat Muffin, Journal of Food Quality, 28: 439–451.

Martínez-Cervera, S., Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman, S.M., 2012, Rheological, Textural and Sensorial Properties of Low-Sucrose Muffins Reformulated with Sucralose/Polydextrose, LWT - Food Science and Technology, 45: 213-220.

**Table1** Crumb color of muffin

| Amount of substitution (%) | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|
| 0 | 66.67$^{d}$ ± 0.67 | 5.76$^{a}$ ± 0.17 | 31.43$^{a}$ ± 0.26 |
| 25 | 67.05$^{d}$ ± 0.40 | 4.87$^{b}$ ± 0.17 | 27.28$^{b}$ ± 0.30 |
| 50 | 67.72$^{c}$ ± 0.25 | 4.68$^{b}$ ± 0.14 | 27.07$^{b}$ ± 0.36 |
| 75 | 68.30$^{b}$ ± 0.35 | 3.68$^{c}$ ± 0.11 | 26.36$^{c}$ ± 0.17 |
| 100 | 68.98$^{a}$ ± 0.12 | 3.62$^{c}$ ± 0.46 | 25.32$^{d}$ ± 0.16 |

a-e Means in the same column followed by different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

**Table 2** Percentage of moisture loss upon baking, water activity (Aw), density, specific volume and firmness of muffin

| Amount of substitution (%) | Weight loss upon baking (%) | Water activity (Aw) | Density (g/ml) | Specific volume (ml/g) | Firmness (N) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 15.14$^{a}$ ± 0.79 | 0.86$^{c}$ ± 0.00 | 0.47$^{e}$ ± 0.00 | 2.13$^{a}$ ± 0.00 | 12.10$^{e}$ ± 1.03 |
| 25 | 11.93$^{b}$ ± 1.15 | 0.87$^{b}$ ± 0.01 | 0.50$^{d}$ ± 0.01 | 2.00$^{b}$ ± 0.00 | 12.89$^{d}$ ± 1.10 |
| 50 | 11.13$^{bc}$ ± 0.10 | 0.88$^{a}$ ± 0.00 | 0.59$^{c}$ ± 0.01 | 1.69$^{c}$ ± 0.00 | 15.19$^{c}$ ± 1.19 |
| 75 | 10.82$^{c}$ ± 0.33 | 0.88$^{a}$ ± 0.00 | 0.63$^{b}$ ±0.02 | 1.58$^{d}$ ± 0.00 | 16.22$^{b}$ ± 1.18 |
| 100 | 9.92$^{d}$ ± 0.47 | 0.88$^{a}$ ± 0.00 | 0.71$^{a}$ ± 0.02 | 1.41$^{e}$ ± 0.00 | 18.28$^{a}$ ± 1.26 |

a-c Means in the same column followed by different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

**Table 3** Sensory analysis of muffin

| Amount of substitution (%) | Appearance | Taste | Flavor | Texture | Overall acceptability |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 6.50$^{a}$ ± 1.18 | 5.96$^{ab}$ ± 1.49 | 4.75$^{d}$ ± 1.75 | 6.50$^{a}$ ± 1.69 | 6.50$^{a}$ ± 1.02 |
| 25 | 6.04$^{ab}$ ± 1.88 | 6.08$^{ab}$ ± 1.72 | 5.71$^{c}$ ± 1.85 | 6.42$^{a}$ ± 1.38 | 6.46$^{a}$ ± 1.69 |
| 50 | 5.75$^{ab}$ ± 1.80 | 6.50$^{a}$ ± 2.04 | 6.62$^{a}$ ± 1.47 | 6.25$^{ab}$ ± 1.68 | 5.96$^{ab}$ ± 1.50 |
| 75 | 5.38$^{b}$ ± 1.80 | 5.25$^{bc}$ ± 1.54 | 6.33$^{ab}$ ± 1.63 | 5.42$^{bc}$ ± 1.47 | 5.37$^{b}$ ± 1.28 |
| 100 | 5.17$^{b}$ ± 1.74 | 4.79$^{c}$ ± 1.56 | 6.04$^{b}$ ± 1.52 | 5.12$^{c}$ ± 1.68 | 5.25$^{b}$ ± 1.54 |

a-c Means in the same column followed by different superscripts were significantly different ($p<0.05$)

# ผลของการใช้ Fructooligosaccharide ทดแทนซูโครสต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แยมทับทิมผสมกาก

# Effect of Fructooligosaccharide in Sucrose Replacement on Quality of Pomegranate Jam Mixed Residue

**ทวีศักดิ์ พงษ์ปัญญา**[1] **และ ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์**[1]

Phongpunya, T.[1] and Wattanachai, T.[1]

## Abstract

The physiochemical quality evaluation of pomegranate jam mixed residue in brown lug cap glass containers sealed of aluminum foil was evaluated. The formula of Fructooligosaccharide (FOS) ratio was Formula 1 (3: 1), and Formula 2 (1: 1) compare to the control (3:0). Samples were stored 28 days at room temperature (30-35°C). The physiochemical changes and antioxidation properties of Formula 1 and 2 showed that L*, a* and b* values were significantly different from the control. The pH trended to decrease in all recipes, total phenolic compound and total dissolved solids decreased, whereas, total acidity increased. Formula 1 had the highest overall acceptability from panelist. Textural characteristic indicated that Formula 2 was softer in gel strength, darker in color and different from Control ($p < 0.05$). Antioxidant activity and total phenolic compounds were lost during jam processing and storage.

**Keywords:** pomegranate jam mixed residue, fructooligosaccharide (FOS), total phenolic compound

## บทคัดย่อ

การประเมินคุณภาพทางเคมี-กายภาพของแยมทับทิมผสมกากในขวดสีชาปิดฝาสนิทหุ้มอะลูมิเนียมฟอยล์ แปรอัตราส่วนของซูโครส: FOS 3 สูตร เป็นสูตรควบคุม (3:0) สูตร 1 (3:1) และสูตร 2 (1:1) พบว่าเมื่อเก็บรักษานาน 28 วันที่อุณหภูมิห้อง (30-35°C) สูตร 1 และสูตร 2 มีค่า L*, a* และ b* แตกต่างกันจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ทุกสูตรมีแนวโน้มของความเป็นกรด-เบสลดลง ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและของแข็งละลายได้ทั้งหมดลดลง การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตร 1 ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับความชอบโดยรวมมากที่สุด สูตร 2 มีความแข็งแรงของเนื้อเจล (gel strength) อ่อนกว่า มีสีคล้ำกว่าและแตกต่างจากสูตรควบคุม ($p< 0.05$) ทั้งนี้สารต้านการออกซิเดชันฟีนอลิกทั้งหมดลดลงเกินครึ่งหนึ่งของปริมาณเริ่มต้นในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แยม

**คำสำคัญ:** แยมทับทิมผสมกาก ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (FOS) สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

## บทนำ

ทับทิม (Pomegranate) อุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มโพลีฟีนอล เช่น แอนโทไซยานิน แกลโลแทนนิน (Gallotannin) และเอลลาจิแทนนิน (Ellagitannin) ในรูปไฮโดรไลซาเบิลแทนนิน (Hydrolysable tannins) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นกรดเอลลาจิก (Ellagic acid) ที่ลำไส้เล็กดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด และสารพูนิคาลาจิน (Punicalagin) ที่ช่วยลดคอเลสเตอรอลแอลดีแอล ในน้ำทับทิมสด และสารคล้ายเอสโทรเจนและเอลลาจิแทนนินก็พบได้ทั้งในน้ำทับทิมสดและหมักทั้งเปลือก โดยมีงานวิจัยพบว่าสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำทับทิมสดสีแดง มีประสิทธิภาพสูงมากพอที่จะทำให้หลอดเลือดสะอาดเพิ่มการไหลเวียนของเลือด โดยสารโพลีฟีนอลและแอนโธไซยานินในน้ำทับทิมด้วยปริมาณเท่ากัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าเป็น 3 เท่าของไวน์แดงและชาเขียว (Du และคณะ, 1975; Maskan, 2006)

ปัจจุบันสถาบันสุขภาพชั้นนำหลายแห่งแนะนำให้ผู้ป่วยมะเร็งบริโภคทับทิม ทั้งเป็นผล น้ำทับทิมเชิงการค้ามักผสมน้ำคั้นจากเปลือกทับทิมด้วยจึงเหลือกากทับทิมอยู่มาก ซึ่งมีใยอาหาร (Fiber) และเพคตินในปริมาณสูงที่สามารถเพิ่มมูลค่าได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงแปรรูปผลิตภัณฑ์แยม (ไพบูลย์, 2532; ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2553) ผสมกากทับทิมโดยทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วย Fructooligosaccharide (FOS) ซึ่งเป็นใยอาหารหรือพรีไบโอติก (Prebiotic) (ชัชวิน, 2553) ที่ GRAS อนุญาตให้ใช้กับอาหารและเครื่องดื่มมาตั้งแต่ ปี 2000 เพื่อช่วยกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียชนิดดีในลำไส้ เพื่อ

[1] มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

[1] University of Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vibhavadee-Rangsit Road, Din Daeng, Bangkok 10400

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคให้เป็นทางเลือกในกลุ่มควบคุมน้ำหนักและโรคเบาหวาน (เริง ฤทธิ์, 2556)

## อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำทับทิมเข้มข้นและกากทับทิม: ทับทิมสายพันธุ์สเปน คัดคุณภาพโดยเลือกผลไม่มีตำหนิ ผิวเรียบ สีแดงปนส้ม วัดเส้นรอบวงและระดับความสุก ชั่งน้ำหนักผล ล้างทำความสะอาด ผ่าครึ่งแกะเปลือกและแยกเมล็ดทับทิม คั้นแยกน้ำด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ กรองแยกกาก น้ำทับทิมเข้มข้นบรรจุในขวดสีชาปิดฝาสนิทหุ้มอะลูมิเนียมฟอยล์ (ไม่เป็นสุญญากาศ) เก็บส่วนกากในถุงซิปล็อคหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 4°C รอการใช้งาน (Miguel, 2004)

การเตรียมผลิตภัณฑ์แยมทับทิมผสมกากทั้งหมด 3 สูตร ในส่วนผสมทั้งหมด 100 กรัม แปรอัตราส่วนของซูโครสและ FOS ดังนี้ สูตรควบคุม (ซูโครสอย่างเดียว) สูตร 1 (3:1) และสูตร 2 (1:1) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-35°C) นาน 28 วัน วิเคราะห์ลักษณะทางเคมี-กายภาพ และประสาทสัมผัสของตัวอย่างน้ำทับทิมเข้มข้นและแยมทับทิมผสมกาก โดยวิธี Hedonic-9-point จำนวนผู้ทดสอบ 27 คน (ผ่านการฝึกฝน) วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม SPSS version 16.1

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 1. ผลศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำทับทิมเข้มข้น

ผลวิเคราะห์น้ำทับทิมเข้มข้น พบว่าค่าความสว่าง (L*) และความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ความเป็นสีแดง (a*) มีค่าดัง Table 1 ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดมีค่าลดลง ค่า Hue ที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับความเข้มสี (Chroma) ที่ลดลง นั่นคือน้ำทับทิมเข้มข้นมีสีแดงลดลงและเข้มจนเป็นสีคล้ำ สอดคล้องกับความเข้มสีและความเป็นสีเหลืองที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งองค์ประกอบในน้ำทับทิมเข้มข้นที่มีเอนไซม์ฟีนอเลส (Phenolase) ฟีนอลออกซิเดส (Phenoloxidase) และโพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol-oxidase) สารประกอบฟีนอลและวิตามินซี ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สารออร์โธ-ควิโนน (O-quinone) ที่ไม่เสถียร (Aviram และคณะ, 2000) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงต่อไปจนได้สารประกอบสีน้ำตาล จึงทำให้มีความเข้มสีคล้ำเพิ่มขึ้น

**Table 1** Physiochemical quality evaluation of concentrated pomegranate juice during 28 days storage

| | Days | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 7 | 14 | 21 | 28 | Average |
| L* | 24.25±0.16$^{c}$ | 20.52±0.14$^{c}$ | 25.78±0.10$^{b}$ | 20.92±0.11$^{d}$ | 27.58±0.14$^{a}$ | 23.77±0.14$^{a}$ |
| a* | 15.56±0.07$^{a}$ | 12.53±0.03$^{b}$ | 11.77±0.80$^{c}$ | 10.92±0.05$^{d}$ | 8.96±0.13$^{e}$ | 11.95±0.80$^{e}$ |
| b* | 4.76±0.13$^{d}$ | 4.55±0.28$^{d}$ | 7.68±0.27$^{b}$ | 6.86±0.27$^{b}$ | 6.05±0.06$^{e}$ | 5.98±0.06$^{e}$ |
| °h (hue) | 17.00±0.51$^{d}$ | 19.96±1.14$^{c}$ | 33.10±0.23$^{b}$ | 32.14±1.13$^{ab}$ | 34.03±0.63$^{a}$ | 27.25±1.13$^{a}$ |
| C (choma) | 16.27±0.0$^{d}$ | 13.33±0.09$^{c}$ | 14.05±0.60$^{b}$ | 12.90±0.10$^{d}$ | 10.81±0.08$^{e}$ | 13.47±0.06$^{b}$ |
| pH | 4.57 | 4.55 | 4.38 | 4.23 | 3.92 | 4.33 |
| TSS (Brix) | 16.50 | 16.10 | 15.8 | 15.3 | 14.7 | 15.72 |
| Total acidity (%citric acid) | 0.43 | 0.44 | 0.46 | 0.45 | 0.50 | 0.46 |
| Vitamin C (mg.ascobic acid/100 mL) | 2.84 | 2.40 | 2.03 | 1.67 | 1.10 | 2.01 |
| Total phenolics (µg gallic acid/mL) | 40.76 | 32.72 | 24.58 | 18.19 | 14.165 | 26.08 |

Note : [L* (0)=black, (100) = white], [ a* (-)= Green, (+)= Red], [b*(-)= Blue, (+)= Yellow], [Hue=$\tan^{-1}$ b*/ a*], [Chroma= $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$] :$^{a-e}$ Mean within a column with different litters are different ($p< 0.05$)

### 2.ผลศึกษาสมบัติทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์แยมทับทิมผสมกาก

การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี-กายภาพ พบว่าแยมสูตร 2 มีค่าความสว่าง (L*) และความเป็นสีแดง (a*) แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p< 0.05$) ความเป็นสีเหลือง (b*) ทั้ง 2 สูตร มีค่า L* และ a*ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p> 0.05$) ค่า Hue และความเข้มสี (Chroma) ของสูตร 2 แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p< 0.05$) ทั้งนี้ในระหว่างให้ความร้อนพบว่าแยมทุกสูตรมีสีคล้ำลง (ค่าสีแดงลดลง) เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzymatic browning reaction) ของซูโครส ซึ่งแยมมีสีแดงลดลง

Table 2 L*, a* and b* values of pomegranate jam mixed residue at room temperature for 28 days storage

| Day | Control | | | Formula 1 | | | Formula 2 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| 0 | 12.89±0.34$^{b}$ | 20.36±0.21$^{a}$ | 8.77±0.01$^{a}$ | 12.41±0.61$^{a}$ | 20.66±0.13$^{a}$ | 6.63±0.29$^{a}$ | 14.60±0.11$^{a}$ | 19.25±0.31$^{b}$ | 6.85±0.39$^{a}$ |
| 7 | 12.12±0.45$^{b}$ | 19.81±0.16$^{a}$ | 7.27±1.87$^{a}$ | 15.13±0.14$^{a}$ | 18.19±0.16$^{a}$ | 8.80±0.30$^{a}$ | 14.32±0.20$^{a}$ | 17.10±0.21$^{a}$ | 8.89±0.18$^{a}$ |
| 14 | 11.66±0.18$^{b}$ | 19.36±0.04$^{a}$ | 7.23±0.63$^{a}$ | 11.66±0.18$^{a}$ | 19.36±0.04$^{a}$ | 7.23±0.63$^{a}$ | 13.63±0.03$^{a}$ | 16.52±0.30$^{a}$ | 8.71±0.21$^{a}$ |
| 21 | 11.46±0.08$^{b}$ | 17.85±0.34$^{a}$ | 6.56±0.49$^{a}$ | 11.46±0.08$^{a}$ | 17.85±0.34$^{a}$ | 6.56±0.49$^{a}$ | 14.01±0.47$^{a}$ | 15.30±0.14$^{b}$ | 8.65±0.31$^{a}$ |
| 28 | 11.36±0.30$^{b}$ | 11.17±0.37$^{a}$ | 3.04±0.03$^{a}$ | 11.36±0.30$^{a}$ | 11.17±0.37$^{a}$ | 3.04±0.03$^{a}$ | 13.25±0.19$^{a}$ | 9.71±0.05$^{b}$ | 3.98±0.08$^{a}$ |
| Average | 11.90±0.62$^{b}$ | 17.71±3.77$^{a}$ | 6.65±2.17$^{a}$ | 14.11±1.56$^{a}$ | 17.55±2.40$^{a}$ | 7.27±1.87$^{a}$ | 13.96±0.54$^{a}$ | 15.58±3.58$^{b}$ | 7.42±2.09$^{a}$ |
| $Hue_{average}$ | 20.06±2.98$^{b}$ | | | 22.33±4.51$^{ab}$ | | | 25.47±3.91$^{a}$ | | |
| $Chroma_{average}$ | 18.94±4.27$^{a}$ | | | 19.04±2.67$^{a}$ | | | 17.12±3.79$^{b}$ | | |

Note : [L* (0)=black, (100) = white], [ a* (-)= Green, (+)= Red], [b*(-)= Blue, (+)= Yellow], [Hue=$tan^{-1}$ b*/ a*], [Chroma= $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ :$^{a-e}$ Mean within a column with different litters are different ($p< 0.05$)

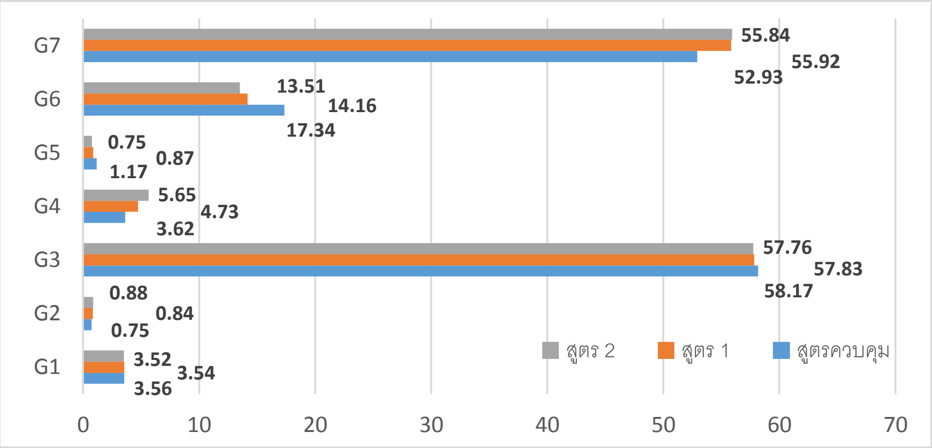



Figure 1 Physicochemical comparison of pomegranate jam mixed residue at room temperature for 28 days storage: G1= pH, G2= total acidity (%),G3= total soluble solid (TSS;˚Brix), G4= pectin content (%$C_{17}H_{22}O_{16}Ca$), G5= gel strength (N),G6= total phenolic content (μg Gallic acid/mL), G7= total phenolic content decreasing (%)

จาก Figure 1 แยมทับทิมผสมกากทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด-เบสลดลงและปริมาณกรดเพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับเนื้อสัมผัสของเจล ทั้ง 2 สูตรมีความแตกต่างจากสูตรควบคุม ($p< 0.05$) ของแข็งละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS:˚Brix) มีแนวโน้มลดลงสอดคล้องกับค่าแรงกดเนื้อสัมผัสที่มีความแข็งแรงของเจล (Gel strength) ลดลง ดังนั้นความเป็นกรด-เบสที่ลดลงจึงกระทบต่อโครงสร้างและความแข็งแรงของเนื้อเจล แม้ว่าสัดส่วนของน้ำทับทิมเข้มข้นและกากในแยมจะมีปริมาณเพคตินและแคลเซียมไอออนมากเพียงพอ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงจากปริมาณเริ่มต้น เนื่องจากสูญเสียในขั้นตอนให้ความร้อนระหว่างการผลิตแยมคือ 45.52, 51.09 และ 53.87% ตามลำดับ และหลังการเก็บรักษานาน

[illegible] คือ 52.93, 55.84 และ 55.92% ตามลำดับ

## 3.ผลศึกษาทางประสาทสัมผัสของแยมทับทิมผสมกาก

การวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมทับทิมผสมกาก ดัง Table 3 สูตร 1 ได้คะแนนการยอมรับในด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ ความชอบโดยรวมจากผู้ชิมมากที่สุด แยมสูตร 2 มีสีคล้ำกว่าและเนื้อสัมผัสมีความแข็งแรงของเจล (gel strength) ที่อ่อนกว่าและแตกต่างจากสูตรควบคุม ($p< 0.05$) ปริมาณซูโครสที่ลดลงในสูตรอาหารโดยการทดแทนด้วย FOS ซึ่งเป็นเส้นใยที่ละลายน้ำได้

**Table 3** Sensory evaluation of pomegranate jam mixed residue at room temperature for 28 days storage

| Formula | Color | Flavor | Texture | Appearance | Overall acceptability |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | 7.444±0.80[a] | 6.778±1.05[a] | 6.704±1.03[a] | 7.074±1.17[a] | 6.963±1.09[b] |
| Formula 1 | 7.778±0.97[a] | 7.074±0.92[a] | 6.926±1.11[a] | 7.259±1.26[a] | 7.444±0.89[a] |
| Formula 2 | 5.593±0.64[b] | 6.148±0.77[b] | 5.815±0.92[b] | 5.482±0.70[b] | 5.963±0.85[c] |

[a-d] Mean within a column with different litters are different ($p< 0.05$)

## สรุปผล

ผลประเมินทางประสาทสัมผัสของแยมทับทิมสูตร 1 อัตราส่วนน้ำทับทิมเข้มข้นและกาก: ซูโครส: FOS เท่ากับ 65:26.25:8.75 ได้คะแนนการยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุด ทั้งนี้ในระหว่างการแปรรูปแยมทับทิมและการเก็บรักษานาน 28 วัน มีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงเกินกว่าครึ่งของปริมาณที่มีอยู่ในตอนเริ่มต้น หากบริโภคให้เร็วขึ้นและเก็บรักษาในช่วงสั้นๆ ผลิตภัณฑ์จะคงมีสารต้านการออกซิเดชันในกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดเหลืออยู่มากกว่าครึ่งหนึ่ง ในสูตรแยมที่ใช้ FOS ทดแทนซูโครสยังทำให้ปริมาณน้ำตาลลดลงซึ่งเป็นผลดีต่อระบบทางเดินอาหารและสุขภาพสำหรับผู้บริโภค จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในเชิงธุรกิจ ในกรณีที่เป็นแหล่งไม่มีผลทับทิมสดรับประทาน

## เอกสารอ้างอิง

ชัชวิน เพชรเลิศ, 2553, พรีไบโอติกคืออะไร [สืบค้น], http://www.uniserv.buu.ac.th/forum2 [8/ March/ 14].

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532,กรรมวิธีแปรรูปอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร. โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2553, ประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องแยม [สืบค้น], http:// newsser.fda.moph.go.th/food/file/Law/Notification [8/ March/ 14].

เริงฤทธิ์ สัปปพันธ์, 2556, คู่มืออาหารเสริม กรุงเทพฯ : เอ็มไอเอส, 356 หน้า

Aviram, M., Dornfeld, L., Rosenblat, M., Volkova, N., Kaplan, M., Coleman, R., Hayek, T., Presser, D. and Fuhrman, B., 2000, Pomegranate Juice Consumption Reduces Oxidative Stress, Atherogenic Modifications to LDL, and Platelet Aggregation: Studies in Humans and in Atherosclerotic Apolipoprotein E–deficient Mice. The American Journal of Clinical Nutrition, 71(5):1062-1076.

Du, C.T., Wang P.L. and Francis, F.J., 1975, Anthocyanins of Pomegranate, *Punica granatum*, Journal of Food Science, 40: 417-418.

Maskan, M., 2006. Antioxidant in Pomegranate juice, Journal of food engineering, 72(3): 218-224.

Miguel, G., Danlen, S., Antunees, D., Neves, A. and Martin, D., 2004, The Effect of Two Methods of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Juice Extraction on Quality during Strage at 4°C, Journal of Biochemistry and biotechnology, 5: 332-337.

# พฤติกรรมผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุง

# Packed Brown Rice Purchasing Behavior of Consumers in the Bangkok Metropolitan Region

**อธิคุณ ชาญศิริวิริยกุล[1] และ เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์[1]**
Chansiriwiriyakul, A.[1] and Apintanapong, M.[1]

## Abstract

Presently, many consumers prefer to eat brown rice for healthy eating habits. Therefore, this research was aimed to study packed brown rice purchasing behavior of consumers in the Bangkok Metropolitan Region, the relationship of marketing mix on consumer behavior, and the significant level of the purchasing decision process. This research used questionnaires to collect data from 400 people in the Bangkok Metropolitan Region. Descriptive statistics and analysis of variance were used in statistical analysis. Results showed that most consumers were single females, between 31 and 40 years old. Most participants hold a Bachelor Level Degree and worked in the private sector. The average income was approximately 20,001-30,000 baht, and had 3-5 family members. For the effect of marketing mix on buying behavior, results show that products, price and distribution channels were in the high to highest level, and promotion was in the medium to high level.

**Keywords**: brown rice, consumer behavior, marketing mix, promotion

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจบริโภคข้าวกล้องเพื่อสุขภาพมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลต่อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุง โดยศึกษาอิทธิพลของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีต่อพฤติกรรมการซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง และศึกษาระดับความสำคัญของปัจจัยทางการตลาดที่ใช้ในการตัดสินใจซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง โดยการศึกษาใช้การวิจัยเชิงสำรวจ และการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้สถิติพรรณนาและการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรมทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 31-41 ปี การศึกษาระดับปริญญาตรี โสด อาชีพพนักงานบริษัท รายได้ต่อเดือน 20,001-30,000 บาท จำนวนสมาชิกในครอบครัว 3-5 คน จากการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีต่อพฤติกรรมการซื้อพบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่ายอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด ส่วนปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาดมีผลอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก

**คำสำคัญ**: ข้าวกล้อง พฤติกรรมผู้บริโภค ส่วนประสมทางการตลาด การส่งเสริมการตลาด

## คำนำ

ปัจจุบันข้าวกล้องได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าข้าวขาว แต่แนวทางการดำเนินชีวิตในยุคปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างมาก ส่งผลให้การทำธุรกิจค้าขายข้าวสารและข้าวกล้องเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวก่อให้เกิดวิวัฒนาการทางการค้าและการเปลี่ยนแปลงรูปแบบและขนาดบรรจุภัณฑ์ ในปี พ.ศ. 2542 จากการสำรวจของศูนย์วิจัยกสิกรไทย พบว่า ผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครนิยมซื้อข้าวสารบรรจุถุงร้อยละ 68.3 รองลงมาคือ เลือกซื้อข้าวสารที่ชั่งกิโลขาย และเลือกซื้อข้าวเป็นถังหรือกระสอบ ในปี พ.ศ. 2550 บริษัท นาโนเซิร์ช จำกัด ได้ศึกษาพฤติกรรมการเลือกซื้อข้าวสารบรรจุถุงเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า ผู้บริโภคนิยมเลือกซื้อข้าวสารที่มีการบรรจุถุงสำเร็จรูป เช่น 5 กิโลกรัมหรือ 7 กิโลกรัม เป็นต้น คิดเป็นร้อยละ 72 รองลงมาคือ เลือกซื้อข้าวสารที่ชั่งกิโลขาย ซึ่งจะเห็นได้ว่าตลาดข้าวสารบรรจุถุงยังขยายตัวอย่างต่อเนื่อง แม้จะเกิดภาวะวิกฤติทางเศรษฐกิจเนื่องจากเป็นสินค้าที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ ซึ่งการขยายตัวส่วนหนึ่งเป็นไปตามการเติบโตจำนวนประชากรของประเทศ (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2542)

---

[1] **สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400**
[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vibhavadee-Rangsit Road, Dindaeng, Bangkok 10400

จากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภค จึงมีการวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคข้าวกล้องและข้าวสารเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้ประกอบการ ที่จะเข้าสู่ตลาดโดยสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการผลิตและวางแผนการตลาดเช่น งานวิจัยของ จันทร์ญา (2550) ซึ่งศึกษาพฤติกรรมการบริโภคข้าวกล้องในเขตเทศบาลเมืองสะเดา อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา พบว่า ผู้บริโภคซื้อข้าวกล้องที่มีขนาดบรรจุภัณฑ์ 1 และ 5 กิโลกรัม และนิยมซื้อจากตลาดสด ร้านสะดวกซื้อ / มินิมาร์ทและห้างสรรพสินค้า ปัจจัยการตลาดที่มีผลต่อการบริโภคข้าวกล้องของผู้บริโภคมากที่สุดคือคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้อง รองลงมาได้แก่ พันธุ์ข้าวกล้อง คุณสมบัติของข้าวหลังการหุง มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ ราคาข้าวกล้อง และความสะดวก ความมีมาตรฐานของสถานที่ขาย และการโฆษณาหรือให้ข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อต่างๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลต่อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุง โดยศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีต่อพฤติกรรมการซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง และศึกษาระดับความสำคัญของปัจจัยทางการตลาดที่ใช้ในการตัดสินใจซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาถึงพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุงในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับดังนี้

**<u>กลุ่มตัวอย่าง</u>**: ประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุง การกำหนดขนาดตัวอย่างใช้สูตรการหาขนาดตัวอย่างของ Yamane (1973) คำนวณได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 400 คน

**<u>เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย</u>**: เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งได้ลำดับเนื้อหาแบบสอบถามให้ครอบคลุมข้อมูลที่ต้องการ โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ 1) คำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล 2) คำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุง และ 3) คำถามเกี่ยวกับระดับความสำคัญของกระบวนการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุง

**<u>การทดสอบความเชื่อมั่น</u>**: การวัดคุณภาพความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามว่าแต่ละข้อคำถามสอดคล้องกันหรือไม่ ทำได้โดยการหาค่า Cronbach's Alpha Coefficient โดยปกติในการวิจัยทางสังคมศาสตร์ เกณฑ์ยอมรับอยู่ที่ 0.7 ขึ้นไป โดยในงานวิจัยนี้ ได้คำนวณค่า Cronbach's Alpha Coefficient ของแต่ละปัจจัย พบว่ามีค่ามากกว่า 0.7 ซึ่งหมายความว่า แบบสอบถามนี้อยู่ในระดับเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สามารถนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไปได้

**<u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>**: นำข้อมูลมาประมวลผลและวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ มี 3 ส่วน คือ 1) ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม 2) ข้อมูลพฤติกรรมการซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงของผู้บริโภค และ 3) ระดับความสำคัญของปัจจัยทางการตลาดที่ใช้ในการตัดสินใจซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก table 1 พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 72.3 มีอายุระหว่าง 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 27.8 การศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 66.0 มีสถานภาพโสด คิดเป็นร้อยละ 48.3 มีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชนคิดเป็นร้อยละ 30.0 รายได้ต่อเดือน 20,001-30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 28.5 ส่วนใหญ่มีสมาชิกในครอบครัว 3-5 คน คิดเป็นร้อยละ 53.8 และที่อยู่อาศัยเป็นบ้านเดี่ยวร้อยละ 46.8 ในส่วนของพฤติกรรมการบริโภคและซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง พบว่ากลุ่มตัวอย่างหุงข้าวกล้องรับประทานเองทุกวัน คิดเป็นร้อยละ 35.5 โดยซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงประมาณเดือนละครั้งถึงร้อยละ 43.3 ตราสินค้าที่เลือกซื้อคือ มาบุญครอง (ร้อยละ 19.0) รองลงมาเป็นหงส์ทอง (ร้อยละ 16.0) โดยเหตุผลในการเลือกซื้อคือคุณภาพดีคิดเป็นร้อยละ 37.8 สายพันธุ์ที่เลือกซื้อคือ หอมมะลิ คิดเป็นร้อยละ 77.3 บรรจุภัณฑ์ที่เลือกซื้อคือ ถุงพลาสติกธรรมดา (ร้อยละ 49.8) และถุงพลาสติกบรรจุแบบสุญญากาศ (ร้อยละ 42.8) โดยส่วนใหญ่มักจะซื้อในห้างสรรพสินค้า ราคาที่เลือกซื้อ คือ 80-85 บาทต่อกิโลกรัม ขนาดบรรจุ 5 กิโลกรัม โดยตนเองเป็นผู้ตัดสินใจซื้อสำหรับสื่อที่มีผลต่อการตัดสินใจคือ สื่อโทรทัศน์

จากผลการวิจัยพบว่าเป็นไปในทางเดียวกันกับข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์ของงานวิจัยโดย จินตนา (2552) ซึ่งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง เนื่องจากผู้หญิงเป็นผู้ดูแลบ้านและซื้ออาหารสำหรับครอบครัวผู้หญิงจึงซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงมากกว่าผู้ชาย และมีอายุ 30–39 ปี สถานภาพโสด ระดับการศึกษา ปริญญาตรี มีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน / ลูกจ้าง

แต่รายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 12,000 บาท ซึ่งแตกต่างจากผลวิจัยนี้

นอกจากนี้ในงานวิจัยที่ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุถุงในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่ามีความสอดคล้องกันเป็นส่วนใหญ่ เช่นเดียวกับการศึกษานี้ที่ศึกษาในผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุง เช่น การวิจัยของ สิริยา และ ลักคณา (2555) และการวิจัยของ วิบูลย์ (2549) พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง โสด การศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี อาชีพพนักงานบริษัทเอกชนเช่นเดียวกัน แต่ระดับอายุจากงานวิจัยของ สิริยา และ ลักคณา (2555) ต่ำกว่าโดยอยู่ระหว่าง 20-30 ปี และรายได้สูงกว่าเล็กน้อยคือ เฉลี่ย 30,001 บาทขึ้นไป และเลือกตราสินค้าคือ มาบุญครอง โดยเหตุผลในการเลือกซื้อคือความสะอาดและปลอดภัย ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ที่กลุ่มตัวอย่างเลือกตราสินค้าเดียวกัน และเลือกซื้อสินค้าด้วยคุณภาพที่ดีของสินค้า อีกทั้งสื่อที่มีผลต่อการเลือกซื้อคือสื่อโทรทัศน์เช่นเดียวกัน

จากตารางที่ 2 ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านช่องทางการจัดจำหน่ายมีผลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยในด้านผลิตภัณฑ์นั้น ความนุ่มของข้าว ความสะอาดของข้าว การได้รับเครื่องหมายรับรองคุณภาพ คุณค่าทางโภชนาการ ขนาดบรรจุ และรูปแบบการบรรจุที่ปลอดภัยมีระดับความสำคัญมากที่สุด นอกจากนี้ราคาที่เหมาะสมกับคุณภาพ และสถานที่จัดจำหน่ายที่สะดวกและหาซื้อได้ง่ายนั้นผู้ซื้อให้ความสำคัญมากที่สุด สำหรับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านการส่งเสริมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง อยู่ในระดับปานกลางถึงมาก โดยผู้ซื้อให้ความสำคัญกับการโฆษณาผ่านสื่อต่างๆ การมีตัวอย่างให้ทดลองชิมและการมีพนักงานคอยแนะนำสินค้าในระดับมาก

ตามที่ นฤมล (2548) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง พฤติกรรมผู้บริโภคในการซื้อข้าวสารบรรจุถุงในกรุงเทพมหานคร พบว่าผลการวิจัยส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับงานวิจัยนี้เช่นกัน โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการเจาะจงในตราสินค้าเช่นกัน โดยมักเลือกซื้อข้าวมาบุญครอง รองลงมาข้าวหงส์ทอง ข้าวตราเกษตร ตามลำดับ สำหรับเหตุผลในการเลือกซื้อข้าวแต่ละยี่ห้อนั้น ปัจจัยหลักมาจากมีการรับรองคุณภาพมาตรฐาน รองลงมาคือ ความสะดวก/หาซื้อง่าย ความสะอาด/ปลอดภัย ราคาที่เหมาะสม การเชื่อมั่นในตราสินค้า รสชาติ บรรจุภัณฑ์ดี ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้ยังทั้งสอดคล้องและแตกต่างกับผลการศึกษาของ ณรงค์ (2550) โดยพบว่าผู้บริโภคในจังหวัดเชียงใหม่เลือกซื้อข้าวกล้องโดยไม่สนใจตราสินค้า โดยซื้อเพื่อนำไปรับประทานเพราะต้องการรักษาสุขภาพ ระดับที่มีผลต่อการซื้อต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดมีค่าเฉลี่ยในระดับมาก เรียงตามลำดับคือ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย

## สรุปผล

จากการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลต่อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุง พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 31-40 ปี การศึกษาระดับปริญญาตรี โสด อาชีพพนักงานบริษัท รายได้ต่อเดือน 20,001-30,000 บาท จำนวนสมาชิกในครอบครัว 3-5 คน ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านช่องทางการจัดจำหน่ายมีผลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยพบว่า ความนุ่มของข้าว ความสะอาดของข้าว การได้รับเครื่องหมายรับรองคุณภาพ คุณค่าทางโภชนาการ ขนาดบรรจุ รูปแบบการบรรจุที่ปลอดภัยราคาที่เหมาะสมกับคุณภาพ และสถานที่จัดจำหน่ายที่สะดวกและหาซื้อได้ง่ายนั้นเป็นปัจจัยที่ผู้ซื้อให้ความสำคัญมากที่สุด สำหรับด้านการส่งเสริมการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง อยู่ในระดับปานกลางถึงมาก โดยผู้ซื้อให้ความสำคัญกับการโฆษณาผ่านสื่อต่างๆ การมีตัวอย่างให้ทดลองชิมและการมีพนักงานคอยแนะนำสินค้าในระดับมาก

## เอกสารอ้างอิง

Yamane, T., 1973, Statistics: An Introductory Analysis, (Third edition), New York: Harper and Row Publication.

จันทร์ญา สุวรรณรัตน์, 2550, พฤติกรรมการบริโภคข้าวกล้องของผู้บริโภคในเขตเทศบาลเมืองสะเดา อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา, ภาควิชาธุรกิจเกษตร, มหาบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จินตนา เพชรพงศ์, 2552, ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงของผู้บริโภค ในเขตกรุงเทพมหานคร, สารนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ณรงศักดิ์ ศุพิรัตน์วนิช, 2550, พฤติกรรมผู้บริโภคต่อการซื้อข้าวกล้องในอำเภอเมืองเชียงใหม่, ภาควิชาบริหารธุรกิจ, มหาบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นฤมล อดิเรกโชติกุล, 2548, พฤติกรรมผู้บริโภคในการซื้อข้าวสารบรรจุถุงในกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บริษัท นาโนเซิร์ช จำกัด, 2550, ข้อมูลนักลงทุน, บริษัท ปทุมไรซมิล แอนด์ แกรนารี จำกัด (มหาชน)

วิบูลย์ เอี่ยมจุฬา, 2549, ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการซื้อข้าวหอมมะลิบรรจุถุงตรามาบุญครองของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร, หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต (บธ.บ.), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2542, พฤติกรรมการบริโภคข้าวสารของคนกรุงเทพมหานคร, โพลล์เศรษฐกิจ, 217 (19 สิงหาคม 2542): 20-27.

สรียา อัชฌาสัย และลักคณา วรศิลป์ชัย, 2555, ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุถุงในเขตกรุงเทพมหานคร, วารสารปัญญาภิวัฒน์, 2: 22-37.

**Table 1** Demographic characteristics of 400 consumers in the Bangkok Metropolitan Region.

| ปัจจัยส่วนบุคคล | ความถี่ | ร้อยละ | ปัจจัยส่วนบุคคล | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|---|---|---|
| เพศ: หญิง | 289 | 72.3 | อาชีพ: พนักงานบริษัท | 120 | 30.0 |
| อายุ: 31 - 40 ปี | 111 | 27.8 | รายได้ต่อเดือน: 20,001 - 30,000 บาท | 114 | 28.5 |
| การศึกษา: ระดับปริญญาตรี | 264 | 66.0 | สมาชิกในครอบครัว: 3 - 5 คน | 215 | 53.8 |
| สถานภาพ: โสด | 193 | 48.3 | ที่อยู่อาศัย: บ้านเดี่ยว | 187 | 46.8 |

| ปัจจัยพฤติกรรมการเลือกซื้อ | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| ความถี่ในการหุงข้าวกล้องรับประทานเอง: ทุกวัน | 142 | 35.5 |
| ความถี่ในการซื้อข้าวกล้อง: เดือนละ 1 ครั้ง | 173 | 43.3 |
| ตราสินค้าที่เลือกซื้อ: มาบุญครอง / หงษ์ทอง | 76 / 64 | 19.0 / 16.0 |
| สาเหตุที่เลือกซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง: คุณภาพดี | 151 | 37.8 |
| สายพันธุ์ที่เลือกซื้อ: หอมมะลิ | 309 | 77.3 |
| บรรจุภัณฑ์ที่เลือกซื้อ: ถุงพลาสติกธรรมดา / สุญญากาศ | 199 / 171 | 49.8 / 42.8 |
| สถานที่ซื้อ: ห้างสรรพสินค้า | 191 | 47.8 |
| ราคาต่อกิโลกรัมที่เลือกซื้อ: 80-85 บาท | 146 | 36.5 |
| ปริมาณกิโลกรัมต่อครั้งที่ซื้อ: 5 กิโลกรัม | 128 | 32.0 |
| ผู้มีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อ: ตนเอง | 248 | 62.0 |
| สื่อที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง: โทรทัศน์ | 214 | 53.5 |

**Table 2** Mean, standard deviation and the significant levels of the marketing mix.

| ปัจจัย | | ค่าเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ระดับความสำคัญ |
|---|---|---|---|---|
| ด้านผลิตภัณฑ์ | ตราสินค้ามีชื่อเสียง | 3.78 | 0.78 | มาก |
| | ความนุ่มของข้าว | 4.40 | 0.68 | มากที่สุด |
| | ความสะอาดของข้าว | 4.50 | 0.60 | มากที่สุด |
| | ความสวยงามของบรรจุภัณฑ์ | 3.56 | 0.81 | มาก |
| | ได้รับเครื่องหมายรับรองคุณภาพ | 4.40 | 0.72 | มากที่สุด |
| | คุณค่าทางโภชนาการ | 4.59 | 0.58 | มากที่สุด |
| | ขนาดบรรจุ | 3.79 | 0.72 | มาก |
| | รูปแบบการบรรจุที่ปลอดภัย | 4.26 | 0.73 | มากที่สุด |
| ด้านราคา | ราคาถูก | 3.55 | 0.80 | มาก |
| | ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ | 4.32 | 0.70 | มากที่สุด |
| | ราคาเหมาะสมกับปริมาณ | 4.13 | 0.69 | มาก |
| ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย | สถานที่จัดจำหน่ายสะดวก / หาซื้อง่าย | 4.35 | 0.66 | มากที่สุด |
| | สถานที่จัดจำหน่ายมีสินค้าให้เลือกหลายชนิด | 4.15 | 0.73 | มาก |
| | สถานที่จัดจำหน่ายสะอาด สวยงาม | 4.11 | 0.72 | มาก |
| ด้านการส่งเสริมการตลาด | มีการโฆษณาผ่านสื่อต่างๆ | 3.53 | 0.85 | มาก |
| | มีระบบส่วนลด ระบบสมาชิก | 3.35 | 0.91 | ปานกลาง |
| | มีการแจกของแถมต่างๆ | 3.15 | 1.01 | ปานกลาง |
| | มีตัวอย่างให้ทดลองชิม | 3.65 | 1.07 | มาก |
| | มีพนักงานคอยแนะนำสินค้า | 3.58 | 1.00 | มาก |

# การสกัดน้ำตาลไซโลสจากเปลือกข้าว

# Extraction of Xylose from Rice Husk

**ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์**[1] **ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์**[1] **และ อรพิน เกิดชูชื่น**[1]
Srinorasing, T.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

## Abstract

This aim of this study was to extract xylose from rice husk with sulfuric acid. Rice husk was pretreated with 1 N KOH at room temperature for 3 h, and then xylose of rice husk was extracted by varying concentration of sulfuric acid of 0.25, 0.5 and 1 N for 30 min at 100 ºC for converting xylan to xylose. Rice husk consisted of 4.23% protein, 1.20% fat, 48.73% crude fiber, 17.92% ash, 21.64% carbohydrate and 39.93% xylan. Results showed that the optimum condition to extract xylose from rice husk was extraction with 1 N sulfuric acid for 30 min at 100 ºC which obtained the highest xylose and reducing sugar content were 19.69 mg/g xylan and 85.05 μg/mL, respectively.

**Keywords:** rice husk, xylan, xylose, acid hydrolysis

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดน้ำตาลไซโลสจากเปลือกข้าวด้วยกรดซัลฟูริก โดยการพรีทรีตเปลือกข้าวด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาสกัดไซแลนได้เป็นน้ำตาลไซโลสด้วยกรดซัลฟูริก โดยแปรความเข้มข้นกรดที่ 0.25, 0.5 และ 1 นอร์มัล สกัดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เปลือกข้าวซึ่งประกอบด้วยโปรตีน 4.23% ไขมัน 1.20% กากใยหยาบ 48.73% เถ้า 17.92% คาร์โบไฮเดรต 21.64% และไซแลน 39.93% เมื่อนำมาสกัดด้วยกรดซัลฟูริก พบว่าสภาวะการสกัดเปลือกข้าวด้วยกรดซัลฟูริก 1 นอร์มัล 30 นาที ที่ 100 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณน้ำตาลไซโลส และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด มีค่าเท่ากับ 19.69 มิลลิกรัมต่อกรัมไซแลน และ 85.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: เปลือกข้าว ไซแลน น้ำตาลไซโลส การไฮโดรไลซ์ด้วยกรด

## คำนำ

เปลือกข้าวเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พบมากในประเทศไทย ส่วนใหญ่มักถูกนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ หรือนำไปเผาทำลายส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม เปลือกข้าวประกอบด้วยพอลิเมอร์ไซแลนประมาณร้อยละ 70 (Vegas และคณะ, 2008) ซึ่งเป็นส่วนของเฮมิเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์พืช ไซแลนประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมีไซโลสเชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกที่ตำแหน่ง β (1→4) ไซโลสเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ที่พบมากในผลไม้ เช่น สตรอเบอร์รี่ เชอร์รี่ เป็นต้น และยังพบมากในแหล่งวัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ชานอ้อย ซังข้าวโพด และเปลือกข้าว อย่างไรก็ตาม ไซโลสสามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลังงานชีวภาพ เช่น เอทานอล หรือฟิล์มพลาสติกย่อยสลายได้ (McMillan, 1993; Maas และคณะ, 2006) และนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารให้ความหวานและผลิตเป็นไซลิทอล วิธีที่นิยมใช้ในการสกัดน้ำตาลไซโลส ได้แก่ ใช้สารเคมีกรด-ด่าง หรือเอนไซม์ (Akpinar และคณะ, 2009) แต่วิธีการสกัดด้วยกรดหรือด่างทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลไซโลสสูง มีรายงานวิจัยที่สกัดไซโลสจากแหล่งต่างๆ เช่น ชานอ้อยได้น้ำตาลไซโลสปริมาณ 266.73 มิลลิกรัมต่อกรัมชานอ้อย (Paiva และคณะ, 2009) ซังข้าวโพดได้น้ำตาลไซโลสปริมาณ 0.25 กรัมต่อกรัมซังข้าวโพด (Zhang และคณะ, 2014) และฟางข้าวได้น้ำตาลไซโลสปริมาณ 12.49 กรัมต่อลิตร (Sornprajak และคณะ, 1995) แต่การสกัดไซโลสจากเปลือกข้าวที่มีไซแลนสูงยังมีการศึกษาไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการสกัดน้ำตาลไซโลสจากเปลือกข้าวด้วยการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49, Tein-talay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำเปลือกข้าวมาล้างน้ำทำความสะอาดอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง บดเปลือกข้าวด้วยเครื่องบด IKA รุ่น M20 แล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20 mesh นำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าว ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990)

การสกัดไซแลนจากเปลือกข้าวที่บดและอบแห้งแล้วมาสกัดด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ในอัตราส่วน 1:10 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 20,000 xg เป็นเวลา 20 นาที แยกส่วนของแข็งออกจากของเหลวและตกตะกอนไซแลนด้วย 95% เอทานอล ปริมาตร 2 เท่า นำไปปั่นเหวี่ยงแยกของเหลวออกจากของแข็ง แล้วนำไปประเหยแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ข้ามคืน หลังจากนั้นวิเคราะห์ปริมาณไซแลนที่สกัดได้ (%true recovery = [น้ำหนักไซแลนแห้งที่สกัดได้ (g)/น้ำหนักเปลือกข้าว (g)] X 100) วิเคราะห์ชนิดและปริมาณองค์ประกอบน้ำตาลในไซแลนที่สกัดได้ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Agilent, USA) โดยใช้ Agilent 1260 Infinity Evaporative Light Scattering Detection (ELSD) ชนิดคอลัมน์ ZORBAX Carbohydrate ใช้เฟสเคลื่อนที่เป็นน้ำและอะซิโต-ไนไตรล์ แบบ gradient 80-65% อะซิโตไนไตรล์ ที่เวลา 0-20 นาที 64-45% อะซิโตไนไตรล์ ที่เวลา 20-35 นาที และ 45-80% อะซิโตไนไตรล์ ที่เวลา 35-40 นาที อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำตาลไซโลส อะราบิโนส และกลูโคสเป็นน้ำตาลมาตรฐานอ้างอิง (Li และคณะ, 2013)

การสกัดน้ำตาลไซโลสจากไซแลนที่ผ่านสกัดด้วยด่างแล้วมาไฮโดรไลซ์ด้วยกรด โดยแปรความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่ 0.25, 0.5 และ 1 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที กรองแยกส่วนของแข็งด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปรับสภาพสารละลายให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 2 นอร์มัล นำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi (1952) และปริมาณน้ำตาลไซโลสที่สกัดด้วยเครื่อง HPLC โดยใช้น้ำตาลไซโลสเป็นน้ำตาลมาตรฐานอ้างอิง

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าว มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 6.28%, 4.23%, 1.20%, 81.20%, 17.92%, และ 21.64% ตามลำดับ จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบกากใยหยาบจากเปลือกข้าวมีปริมาณมาก ที่มีส่วนของเฮมิเซลลูโลสจากผนังเซลล์พืช ซึ่งสามารถเป็นแหล่งในการสกัดน้ำตาลไซโลสได้ จากการใช้ด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์สกัดไซแลนจากเปลือกข้าว เพื่อเป็นการเอาส่วนประกอบอื่นในเปลือกข้าวที่ไม่ต้องการออก เช่น โปรตีน หรือลิกนิน (Jayapal และคณะ, 2013) ผลการทดลองพบปริมาณไซแลน 39.93% ต่อน้ำหนักเปลือกข้าว ซึ่งมีปริมาณไซแลนใกล้เคียงกับที่สกัดได้จากเปลือกข้าวสาลี (42% ต่อน้ำหนักเปลือกข้าวสาลี) (Hauli และคณะ, 2013) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำตาลในไซแลนด้วยเครื่อง HPLC พบน้ำตาลไซโลส อะราบิโนส และกลูโคส เท่ากับ 15.51, 23.83 และ 19.09 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ต่อมานำไซแลนที่ผ่านการสกัดด้วยด่างแล้วมาสกัดน้ำตาลไซโลสด้วยกรดซัลฟูริกที่ผ่านการทรีตด้วยด่าง พบว่า การสกัดด้วยกรดที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 0.25, 0.5, และ 1 นอร์มัล ทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มมากขึ้น มีค่าเท่ากับ 69.39, 79.06 และ 85.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และได้ปริมาณน้ำตาลไซโลสเพิ่มมากขึ้นมีค่าเท่ากับ 14.82, 15.08 และ 19.69 มิลลิกรัมต่อกรัมไซแลน ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรด ทำให้ปริมาณไฮโดรเนียมไอออนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้สามารถไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคซิดิกของไซแลน ทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลไซโลสเพิ่มมากขึ้น (Akpinar และคณะ, 2009)

## สรุปผล

เปลือกข้าวที่ผ่านการสกัดไซแลนด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล ได้ปริมาณไซแลน 39.93% ต่อน้ำหนักเปลือกข้าว สภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการสกัดน้ำตาลไซโลสจากไซแลนด้วยกรดซัลฟูริก 1 นอร์มัล มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลไซโลสูงที่สุด คือ 85.36 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ 19.69 มิลลิกรัมต่อกรัมไซแลน ตามลำดับ

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## เอกสารอ้างอิง

Ahmed, Z., Banu, H., Akhter, F. and Izumori, K., 2001, A Simple Method for D-xylose Extraction from Jute Stick and Rice Husk, Journal of Biological Sciences, 1(11): 1001-1004.

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, Virginia.

Jayapal, N, Samanta, A.K., Kolte, A.P., Senani, S., Sridhar, M., Suresh, K.P. and Sampath, K.T., 2013, Value Addition to Sugarcane Bagasse: Xylan Extraction and its Process Optimization for Xylooligosaccharides Production, Journal of Industrial Crops and Products, 42: 14-24.

Li, J., Liu, X., Zhou, B., Zhao, J. and Li, S., 2013, Determination of Fructooligosaccharides in Burdock Using HPLC and Microwave-assisted Extraction, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61: 5888-5892.

MacMillan, J.D., 1993, Xylose Fermentation at ethanol: A Review, National Renewable Energy Laboratory, USA, 2.

Mass, R.H.W., Bakker, R.R., Eggink, G. and Weusthuis, R.A., 2006, Lactic Acid Production from Xylose by the Fungus *Rhizopus oryzae*, Journal of Applied Microbiology Biotechnology, 72: 861-868.

Paiva, J.E., Maldonade, I.R. and Scamparini, A.R., 2009, Xylose Production from Sugarcane Bagasse by Surface Response Methodology, Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental, 13(1): 75-80.

Sornprajak, S., Keeratipibul, S. and Sirisansaneeyakul, S., 1995, Production of Xylose from Rice Straw, Proceeding of the 33rd Kasetsart University Annual Conference, 323-330.

Somogyi, M., 1952, Notes on sugar determination, Journal of Biological Chemistry, 195: 19-23.

Vegas, R., Kabel, M., Schols, H.A., Alonso, J.L., Parajo, J.C., 2008, Hydrothermal Processing of Rice Husks: Effects of Severity on Product Distribution, Journal of Chemical Biotechnology, 83: 965-972.

Zhang, H.J., Fan, X.G., Qiu, X.L., Zhang, Q.X., Wang, W.Y., Li, S.X., Deng, L.H., Koffas, M., Wei, D.S., Yuan, Q.P., 2014, A Novel Cleaning Process for Industrial Production of Xylose in Pilot Scale from Corncob by Using Screw-steam-explosive Extruder, Journal of Bioprocessing and Biosystems Engineering, 37(12): 2425-2436.

**Table 1** The chemical compositions of rice husk

| Chemical compositions | Content (%) |
|---|---|
| Moisture content | 6.28 ± 0.52 |
| Protein | 4.23 ± 0.01 |
| Fat | 1.20 ± 0.07 |
| Crude Fiber | 48.73 ± 1.73 |
| Ash | 17.92 ± 0.04 |
| Carbohydrate | 21.64 ± 0.02 |
| Recovery xylan | 39.93 ± 1.03 |

**Table 2** Sugars composition of xylan from rice husk

| Sugars | Contents (mg/g) |
|---|---|
| Xylose | 15.51 |
| Arabinose | 23.83 |
| Glucose | 19.09 |

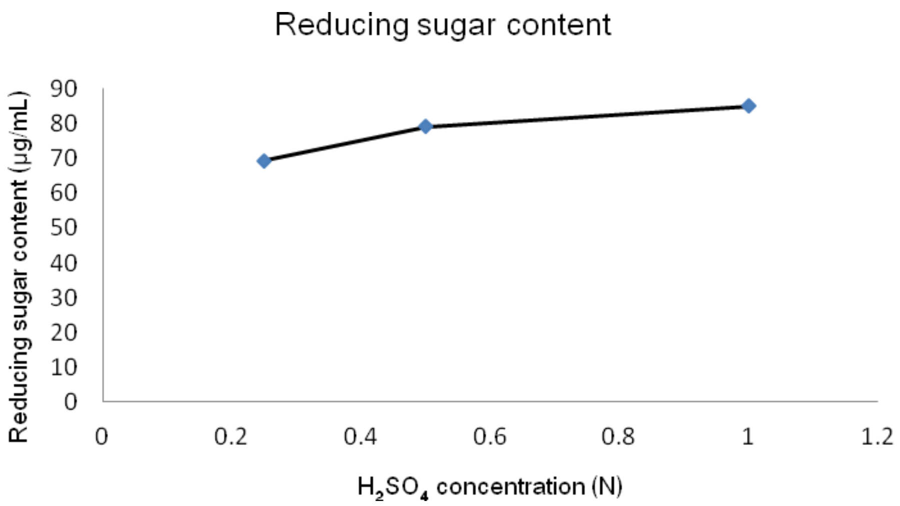



**Figure 1** The reducing sugar content in hydrolysis of xylan from rice husk

**Table 3** The xylose content in acid hydrolysis of xylan from rice husk

| $H_2SO_4$ concentration | Xylose content (mg/g) |
|---|---|
| 0.25 N | 14.82 |
| 0.5 N | 15.08 |
| 1 N | 19.69 |

# ผลการใช้มูลหนอนนกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมะเขือยาวในระบบเกษตรอินทรีย์

# Effect of Meal Worm Waste on Growth and Yield of Egg Plant in Organic Agriculture

**ปรัชวนี พิบำรุง**[1] **และ ชมพร สุวินทรากร**[2]

Pibumrung, P.[1] and Suwintrakorn, C.[2]

## Abstract

This study was conducted to determine the effect of mealworm waste on the growth and the yield of eggplant (*Solanum melongena* L.) in organic agriculture. The randomized complete block design was used with six treatments and five replications. The six treatments were T1 no fertilizer (control), T2 cow manure at rate of 3,200 kilogram per rai, T3 mealworm waste at rate of 3,200 kilogram per rai, T4 mealworm waste at rate of 1,600 kilogram per rai and cow manure at rate of 1,600 kilogram per rai, T5 mealworm waste at rate of 1,600 kilogram per rai and quail manure at rate of 1,600 kilogram per rai and T6 mealworm waste at rate of 1,600 kilogram per rai and coffee ground at rate of 1,600 kilogram per rai. Growth of eggplant was measured by the stem height and leaf number. The data of yield, fruit length and fresh fruit weight was collected at 90-days after planting. The results showed that the average stem height and leaf number of eggplant in all treatment with mealworm waste (T3, T4, T5 and T6) were significantly different from those without (T1 and T2) ($P<0.01$). The highest average fruit length (27.96 cm), average fresh fruit weight (211.10 g) and average fresh fruit yield (2,476.02 g) were obtained in T3.

**Keywords:** mealworm waste; eggplant; organic agriculture

## บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้มูลหนอนนกเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้มูลหนอนนกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือยาว ในแปลงทดลองขนาด 1 x 2.5 เมตร จำนวน 30 แปลง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design แบ่งออกเป็น 6 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ T1 ไม่ใส่ปุ๋ย กรรมวิธีที่ T2 ใส่มูลวัว อัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่ T3 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่ T4 ใส่มูลหนอนนกอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับมูลวัว อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่ T5 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับมูลนกกระทา อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ และกรรมวิธีที่ T6 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับกากกาแฟ อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ทำการวัดความสูงต้น ทุกเดือน และเก็บผลผลิตเมื่อพืชอายุ 90 วันหลังย้ายปลูก ผลการศึกษาพบว่า การใส่มูลหนอนนกทุกกรรมวิธี เพิ่มความสูงต้นเฉลี่ย และจำนวนใบเฉลี่ยของมะเขือยาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยและการใส่ปุ๋ยมูลวัวเพียงอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยมูลหนอนนกเพียงอย่างเดียวเพิ่มความยาวผลสดเฉลี่ย น้ำหนักผลสดเฉลี่ย และผลผลิตต่อแปลงของมะเขือยาวสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (27.96 เซนติเมตร 211.10 กรัม และ 2,476.02 กรัม ตามลำดับ)

**คำสำคัญ**: มูลหนอนนก มะเขือยาว เกษตรอินทรีย์

## คำนำ

ปุ๋ยอินทรีย์นั้นมีธาตุอาหารต่ำกว่าปุ๋ยเคมีมาก เกษตรกรส่วนใหญ่จึงไม่นิยมใช้ เนื่องจากพืชปลูกจะให้ผลผลิตต่ำกว่าปุ๋ยเคมีมาก การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารสูง นอกจากเป็นแหล่งธาตุอาหารพืชช่วยลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีได้แล้ว ยังปรับปรุงบำรุงดินให้มีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชได้ หนอนนกมีชื่อสามัญว่า Mealworm เป็นตัวอ่อนของแมลงปีกแข็ง ตระกูลมอด และด้วง ที่มีชื่อว่า Meal-beetle อยู่ในวงศ์ Tenebrionidae สกุล

[1] **สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000**

[1] Department of Plant Production Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya province, 13000

[2] **สาขาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**

[2] Department of Agriculture, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya province, 13000

*Tenebrio* มูลหนอนนกเป็นสิ่งขับถ่ายของหนอนนกที่ได้จากการเพาะเลี้ยงหนอนนกเพื่อเป็นอาหารสัตว์ สามารถใช้เป็นธาตุอาหารพืช และเป็นสารอินทรีย์ปรับปรุงสมบัติดินให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช ช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีและรักษาสภาพแวดล้อม (โสภณ, 2556) การเลือกใช้มูลหนอนนก ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มีในท้องถิ่นเป็นปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตผัก เป็นการแก้ปัญหาต้นทุนการขนส่งและแหล่งวัสดุอินทรีย์นอกพื้นที่ให้แก่เกษตรกร โดยใช้มะเขือยาวเป็นพืชทดสอบ เนื่องจากมะเขือยาวเป็นไม้ล้มลุก เจริญเติบโตได้ดี และเก็บผลผลิตได้เร็ว เกษตรกรในพื้นที่นิยมปลูกเพื่อการค้า ดังนั้น งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้มูลหนอนนกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือยาว อำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการสำรวจแหล่งวัสดุอินทรีย์จากฟาร์มและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในท้องถิ่น อำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และดำเนินการวิจัย ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 นำมูลหนอนนกจากฟาร์มเพาะเลี้ยงในชุมชนมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและธาตุอาหาร และเลือกวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีในท้องถิ่นมาเป็นสิ่งเปรียบเทียบ รวม 4 ชนิด ได้แก่ มูลหนอนนก มูลนกกระทา มูลโค และกากกาแฟ วัสดุอินทรีย์และมูลสัตว์ทุกชนิดที่นำมาใช้เป็นปุ๋ยต้องผ่านกระบวนการหมัก เนื่องจากแปลงปลูกทดสอบเป็นการผลิตผักในระบบเกษตรอินทรีย์ การหมักใช้วิธีการตั้งกองแยกชนิดกัน โดยแต่ละกองมีส่วนผสมของรำละเอียด และสารเร่งซุปเปอร์ พด.3 ตามวิธีการของกรมพัฒนาที่ดินใช้ตาข่ายพรางแสงคลุมทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ นำปุ๋ยจากมูลสัตว์และกากกาแฟหมักที่ได้ใส่ช่วงเตรียมดิน ในแปลงทดลองขนาด 1 x 2.5 เมตร จำนวน 30 แปลง โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Completed Block Design) จำนวน 6 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ดังนี้ กรรมวิธีที่ T1 ไม่ใส่ปุ๋ย กรรมวิธีที่ T2 ใส่มูลวัว อัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่ T3 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่ T4 ใส่มูลหนอนนกอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับมูลวัว อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ กรรมวิธีที่ T5 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับมูลนกกระทา อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ และกรรมวิธีที่ T6 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับกากกาแฟ อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ วัดความสูงต้นมะเขือยาว (เซนติเมตร) และนับจำนวนใบ (ใบ) ทุกเดือน จนครบ 3 เดือน เมื่อมะเขือยาวอายุครบ 90 วัน ทำการเก็บผลผลิต ชั่งน้ำหนักผลสด (กรัม) และวัดความยาวผล (เซนติเมตร) วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ตามแผนการทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Ducan's Multiple Range Test (DMRT)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### การเจริญเติบโตของของมะเขือยาว

การใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีมีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นในด้านจำนวนใบ และความสูงของมะเขือยาวเฉลี่ยแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)กับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย (Table 1 และ Table 2) แสดงว่าปุ๋ยอินทรีย์ทุกกรรมวิธีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของมะเขือยาวได้ เพราะธาตุอาหารพืชเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืชเป็นพื้นฐาน พืชจะต้องได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชแต่ละตัวอย่างเพียงพอ และทุกธาตุต้องมีสัดส่วนที่สมดุลกันด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) อย่างไรก็ตามในด้านจำนวนใบของมะเขือยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)ในทุกกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยนั้น อาจเนื่องจากจำนวนใบที่เพิ่มขึ้นนั้นเพียงพอต่อการสร้างอาหารให้แก่พืชโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง เพราะพืชจะมีการสร้างคลอโรฟิลด์ในปริมาณเท่าที่จำเป็นต้องใช้ และเป็นตัวบ่งชี้ในสภาวะการขาดธาตุไนโตรเจนและธาตุอาหารที่เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสง (สุนทรีและคณะ, 2544) ใบที่อ่อนหรือแก่เกินมีความสามารถในการสังเคราะห์แสงต่ำ ใบอ่อนการพัฒนาของคลอโรพลาสต์ยังไม่เจริญเต็มที่ ส่วนใบที่แก่เกินไปมีการสูญเสียรงควัตถุในคลอโรพลาสต์ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง (สมบุญ, 2544) ธาตุอาหารพืชเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืชเป็นพื้นฐาน

### ผลผลิตมะเขือยาว

ความยาวผลสดเฉลี่ยของมะเขือยาวทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (Table 3) โดยกรรมวิธีที่ 3 มีความยาวผลสดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 27.96 เซนติเมตร และน้ำหนักผลสดเฉลี่ยต่อผลของมะเขือยาวทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 3) โดยกรรมวิธีที่ 3 มีน้ำหนักผลสดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 211.10 กรัม น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อแปลงของมะเขือยาวทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 3) โดยกรรมวิธีที่ 3 มีน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อแปลงสูงสุดเท่ากับ 2476.02 กรัม แตกต่างทางสถิตกับทุกกรรมวิธีแต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ 5 ซึ่งมีน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อแปลงเท่ากับ 2277.66 กรัม การใส่ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 5 (มูลหนอนนกเพียงอย่างเดียว)

ให้ความยาวผลสดเฉลี่ยและน้ำหนักผลสดเฉลี่ยของมะเขือยาวสูงสุด เนื่องจากมูลหนอนนกมีธาตุอาหารสูงกว่ามูลโค และมูลสัตว์ทั่วไป (table 4) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักผลผลิตต่อแปลงพบว่า การใส่ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 3 (มูลหนอนนกเพียงอย่างเดียว) และกรรมวิธีที่ 5 (มูลหนอนนกร่วมกับมูลนกกระทา) มีแนวโน้มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่า มูลนกกระทามีธาตุอาหารเพียงพอในการใช้ทดแทนมูลหนอนนกได้

**สมบัติทางเคมีของมูลหนอนนกที่ใช้ในการทดลอง**

ผลการวิเคราะห์ธาตุหลักพบว่า มูลหนอนนกมีธาตุอาหารหลักรวม 9.52 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าในมูลสุกร ไก่ หรือวัว (3.7-8.6 เปอร์เซ็นต์) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) และเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ รัตนะ และคณะ (2555) พบว่ามูลหนอนนกมีค่าธาตุอาหารหลักรวมสูงกว่าของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพมูลสุกรปั้นเม็ด (3.40 เปอร์เซ็นต์) และปุ๋ยคอกมูลสุกรหมักอัดเม็ด (3.20 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตามค่า C/N ratio ของมูลหนอนนกมีค่าค่อนข้างต่ำ (7.24:1) จึงควรพิจารณาในประเด็นการใช้เพื่อปรับปรุงสภาพดินได้ดีกว่าการปลดปล่อยธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของพืช

Table 1 Total leaves of eggplant (*Solanum melongena* L.)

| Treatment | Leaf number (no.) | | | Average leave number (no.) |
|---|---|---|---|---|
| | 1st month | 2nd month | 3rd month | |
| T1 | 14.20 b | 20.20 b | 20.80 b | 6.60 |
| T2 | 17.00 a | 25.40 a | 26.20 b | 9.20 |
| T3 | 16.80 a | 25.20 a | 26.00 a | 9.20 |
| T4 | 16.20 a | 25.40 a | 26.20 a | 10.00 |
| T5 | 16.60 a | 25.00 a | 25.40 a | 8.00 |
| T6 | 16.60 a | 24.40 a | 25.80 a | 9.00 |
| F-test | ** | ** | ** | ns |
| CV (%) | 4.74 | 6.04 | 5.54 | 19.21 |

Mean in the same row with letter (a, b, c …) represent statistically significantly different ($p \leq 0.05$)

**<u>หมายเหตุ</u>** T1 ไม่ใส่ปุ๋ย T2 ใส่มูลวัว อัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ T3 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ T4 ใส่มูลหนอนนกอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับมูลวัว อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ T5 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับมูลนกกระทา อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ และ T6 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับกากกาแฟ อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่

Table 2 Stem height eggplant (*Solanum melongena* L.)

| Treatment | Stem height (cm.) | | | Average stem height (cm.) |
|---|---|---|---|---|
| | 1st month | 2nd month | 3rd month | |
| T1 | 13.57 c | 30.84 d | 59.33 c | 45.75 b |
| T2 | 14.84 bc | 35.48 c | 72.17 b | 57.33 a |
| T3 | 17.37 a | 44.37 a | 81.94 a | 64.57 a |
| T4 | 15.31 b | 39.33 b | 76.29 a | 60.98 a |
| T5 | 17.00 a | 43.78 a | 80.13 a | 63.13 a |
| T6 | 15.09 b | 38.85 b | 74.60 a | 59.15 a |
| F-test | ** | ** | * | * |
| CV (%) | 6.77 | 8.52 | 11.06 | 14.30 |

Mean in the same row with letter (a, b, c …) represent statistically significantly different ($p \leq 0.05$)

**<u>หมายเหตุ</u>** T1 ไม่ใส่ปุ๋ย T2 ใส่มูลวัว อัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ T3 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ T4 ใส่มูลหนอนนกอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับมูลวัว อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ T5 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับมูลนกกระทา อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ และ T6 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับกากกาแฟ อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่

**Table 3** Average of fruit length, fresh fruit weight and fresh fruit yield of eggplant (*Solanum melongena* L.)

| Treatment | fruit length (cm.) | fresh fruit weight (g.) | fresh fruit yield (g./plot) |
|---|---|---|---|
| T1 | 24.31 b | 138.43 e | 1268.77 c |
| T2 | 24.67 b | 153.57 d | 1840.97 b |
| T3 | 27.96 a | 211.10 a | 2476.02 a |
| T4 | 24.77 b | 172.47 c | 2052.62 b |
| T5 | 25.75 b | 190.12 b | 2277.66 a |
| T6 | 25.63 b | 160.91 d | 1896.24 b |
| F-test | * | ** | ** |
| CV (%) | 5.75 | 6.32 | 11.15 |

Mean in the same row with letter (a, b, c …) represent statistically significantly different ($p \leq 0.05$)

**หมายเหตุ** T1 ไม่ใส่ปุ๋ย T2 ใส่มูลวัว อัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ T3 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ T4 ใส่มูลหนอนนกอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับมูลวัว อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ T5 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับมูลนกกระทา อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ และ T6 ใส่มูลหนอนนก อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับกากกาแฟ อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่

**Table 4** Nutrient composition of meal worm waste

| sample | pH | OM[1] | EC | C/N [2] | Total nutreint (%) | | | | Total nutrient (mg/kg) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (1:10) | (%) | (1:10) | ratio | N[3] | P[4] | K[5] | S[6] | Ca[5] | Mg[5] | Na[5] | Fe[5] | Mn[5] |
| Meal worm waste* | 7.04 | 53.17 | 3.74 | 7.24:1 | 4.27 | 3.76 | 1.49 | 0.97 | 10,456.8 | 552.8 | 468.0 | 1,715.0 | 1,223.7 |

* No compost

1 = Walkley and Black; 2 = Calculated from organic carbon and total nitrogen; 3 = Microkjeldahl; 4 = Acid digestion; 5 = Acid digestion, Atomic spectroscopy; 6 = Acid digestion, turbidimetric

## สรุปผล

การใช้มูลหนอนนกทุกกรรมวิธี เพิ่มความสูงต้นเฉลี่ย ความยาวผลเฉลี่ย และน้ำหนักผลสดเฉลี่ยของมะเขือยาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย และการใช้มูลหนอนนกอย่างเดียวมีผลต่อความสูงต้นเฉลี่ย ความยาวผลเฉลี่ย และน้ำหนักผลสดเฉลี่ยของมะเขือยาวสูงสุด คือ 81.94 เซนติเมตร 27.96 เซนติเมตร และ 211.10 กรัม ตามลำดับ

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่สนับสนุนทุนสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร, กรมพัฒนาที่ดิน.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 8 ภาควิชาปฐพีวิทยามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บัญชา รัตนีทู, 2552, ปุ๋ยอินทรีย์ฟื้นฟูสภาพดิน, วารสารนราธิวาสราชนครินทร์, (2): 1-16.

รัตนะ สวามีชัย ประวัติ นกอิ่ม และเรือนขวัญ อินทนนท์, 2554, การจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตข้าวในจังหวัดพิษณุโลก, วารสารวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน, 5(1): 1-14.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2548, สรีรวิทยาพืช, จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ. 252 น.

สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์ คัทรียา ฉัตรเที่ยง จิตฤทัย ชูมาก ธาดา วัยสีหา สุทิน หิรัญอ่อน จินตนา บางจั่น สุภาพร เรืองวิทยาโชติ และภูริพงศ์ ดำรงวุฒิ, 2544, เส้นตอบสนองต่อแสงจุดชดเชยคาร์บอนไดออกไซด์ ค่านำไหลของผิวใบสองด้านและปริมาณคลอโรฟิลล์ของส้มเขียวหวาน. น. 82-96 ใน รายงานโครงการพัฒนาวิชาการข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยาของส้มเขียวหวาน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.

โสภณ บุญล้ำ, 2556, โครงการคลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎรธานี [สืบค้น], https://www.clinictech.most.go.th/online/.../201372174401 [21/ June/ 15].

# ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิวของสารสกัดจากพืชสมุนไพร

# Antimicrobial Activity against Acne-Inducing Bacteria by Herbal Plant Extracts

**สุวิชญา บัวชาติ**[1] **ภัสสร จันเผือก**[1] **และ รัตนา สระทองวาท**[1]

Buachard, S.[1], Chanphuak, P.[1] and Sratongwat, R.[1]

## Abstract

*Propionibacterium acne* and *Staphylococcus epidermidis* are considered as the major skin bacteria that cause the formation of acne. This research aimed to study the antibacterial activity by disc diffusion and broth dilution method from 95% ethanolic extracts of 15 herbal plants. The *Alpinia conchigera* Griff and *Eleutherine palmifolia* (L.) Merr extracts showed inhibition effect against *S. epidermidis* with an inhibition zone of 2.37 and 2.17 cm, respectively. However, *Eleutherine palmifolia* (L.) Merr extract showed a zone of inhibition of 3.00 cm against *P. acne*. Results showed that the MIC of water extracts from *Zingiber zerumbet* (L.) Smith and *Alpinia conchigera* Griff was 15.63 – 31.25 mg/ml, and the MBC was 31.25 and 31.25 – 62.5 mg/ml against *S. epidermidis*, respectively. Moreover, the MIC and MBC for *P. acne* of *Eleutherine palmifolia* (L.) Merr. extracts were 7.81 and 15.63 mg/ml, respectively.

**Keywords**: antibacteria activity, medicinal plant extracts, *Propionibacterium acnes*, *Streptococcus epidermidis*

## บทคัดย่อ

*Propionibacterium acne* และ *Staphylococcus epidermidis* จัดเป็นเชื้อแบคทีเรียบนผิวหนังที่สำคัญในการก่อตัวของสิว งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสมุนไพร 15 ชนิด ที่สกัดโดยใช้เอทานอล 95% ทดสอบโดยใช้วิธี disc diffusion และ broth dilution method พบว่าสารสกัดจากข่าลิง (*Alpinia conchigera* Griff.) และว่านหอมแดง (*Eleutherine americana* Merr.) สามารถยับยั้งเชื้อ *S. epidermidis* ได้โดยมีบริเวณการยับยั้ง 2.37 และ 2.17 เซนติเมตรตามลำดับ และสารสกัดจากว่านหอมแดงสามารถยับยั้งเชื้อ *P. acne* ได้โดยมีบริเวณการยับยั้ง 3.00 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ *S. epidermidis* ของสารสกัดจากกระทือ (*Zingiber zerumbet* (L.) Smith.) และข่าลิง เท่ากับ 15.63-31.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อ *S. epidermidis* เท่ากับ 31.25 และ 31.25-62.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งและฆ่าเชื้อ *P. acne* ของว่านหอมแดง เท่ากับ 7.81 และ 15.63 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ สารสกัดสมุนไพร *Propionibacterium acnes*, *Streptococcus epidermidis*

## คำนำ

สิวจัดเป็นปัญหาผิวหนังทั้งในเพศหญิงและเพศชายพบมากในช่วงวัยรุ่น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางฮอร์โมนในวัยเจริญพันธุ์ร่างกายจะผลิตฮอร์โมนเพศออกมามากขึ้น ตัวการที่ทำให้เกิดสิวก็คือ ฮอร์โมนเพศชายที่เรียกว่า เอนโดรเจน (Androgen) ฮอร์โมนนี้จะกระตุ้นให้ต่อมไขมันสร้างไขมันมากขึ้นจึงมีโอกาสเกิดไขมันคั่งค้างเกิดเป็นสิวอุดตัน (Sykes และ Webster, 1994) โดย *Propionibacterium acne* และ *Staphylococcus epidermidis* เป็นเชื้อแบคทีเรียหลักที่เป็นต้นเหตุในการเกิดสิว *P. acne* เป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกเจริญได้ในสภาวะไม่มีอากาศ จะย่อยสลายไขมันในผิวหนัง *S. epidermidis* เป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกสามารถเจริญได้ทั้งที่มีอากาศเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดโรคสิวอักเสบเป็นหนอง (Kumar และคณะ, 2007) ในการรักษาสิวส่วนใหญ่มักนิยมใช้ยาปฏิชีวนะ (antibiotics) เพื่อลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์บนผิวหนัง ซึ่งนอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ยังก่อให้เกิดปัญหาอัตราการดื้อต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อจุลชีพอีกด้วย งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สนใจศึกษาการใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรในป่าชุมชนเขาวังเยี่ยม ตำบลนาบ่อคำ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ที่มีฤทธิ์ในการรักษาฝี หนองและอาการอักเสบจากเชื้อแบคทีเรีย ทั้งหมด 15 ชนิด เพื่อใช้ในการทดสอบการยับยั้งของเชื้อ *P. acne* และ *S. epidermidis*

---

[1] โปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กำแพงเพชร 62000

[1] Biology Program, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University, Kamphaeng Phet 62000

## อุปกรณ์และวิธีการ

**จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ**

แบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ คือ *Propionibacterium acnes* DMST 14916 และ *Staphylococcus epidermidis* DMST 15505 จากศูนย์เก็บรักษาสายพันธุ์จุลินทรีย์ทางการแพทย์แห่งชาติ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

**การเตรียมตัวอย่างพืชสมุนไพร**

นำพืชสมุนไพร 15 ชนิด ได้แก่ กระโดน (*Careya sphaerica* Roxb.) ใช้ส่วนแก่น กะทือ (*Zingiber zerumbet* (L.) Smith.) ขมิ้นอ้อย (*Curcuma zedoaria* Zberg. Roscoe) ข่าลิง (*Alpinia conchigera* Griff.) บัวสันโดษ (*Nervilia aragoana* Gaudich) ไพล (*Zingiber cassumunar* Roxb.) ว่านหอมแดง (*Eleutherine palmifolia* (L.) Merr.) โสมไทย (*Talinum paniculatum* Gaertn.) หัวยาข้าวเย็น (*Smilax corbularia* Kunth.) เอื้องหมายนา (*Costus speciosus* (Koen.) Sm.) ใช้ส่วนเหง้า ชุมเห็ดเทศ (*Cassia alata* Linn.) ทองพันชั่ง (*Rhinacanthus nasutus* (L.) Kurz) ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.ex Nees) เหงือกปลาหมอ (*Acanthus ebracteatus* Vahl) ใช้ส่วนใบ และบันไดลิง (*Mucuna macrocarpa* Wall.) ใช้ส่วนเถา จากป่าชุมชนบ้านเขาวังเยี่ยม ตำบลนาบ่อคำ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร มาล้างทำความสะอาดหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และนำมาปั่นให้ละเอียด

**การสกัดพืชสมุนไพร**

นำพืชสมุนไพรแต่ละชนิดมาแช่ในเอทานอล 95 % ในอัตราส่วน 1:4 (พืชสมุนไพร 125 กรัม: เอทานอล 500 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางและกรองซ้ำด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารสกัดที่ได้มาทำการระเหยเอทานอลออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศที่อุณหภูมิ 45±2 องศาเซลซียส จนสารสกัดไม่มีเอทานอลผสมอยู่

**การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งของสารสกัดแต่ละชนิดด้วยวิธี** Disc diffusion techniques

ทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย *P. acnes* และ *S. epidermidis* ลงในอาหารเหลว Tryptone soya Broth (TSB) โดย *P. acnes* เลี้ยงในสภาวะไร้อากาศ ส่วน *S. epidermidis* นำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 240 รอบต่อนาที บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ ปรับความขุ่นของเชื้อให้มีปริมาณเชื้อเท่ากับ $10^8$ CFU/ml โดยเปรียบเทียบกับ standard Mc.Farland No.0.5 จากนั้นนำเชื้อปริมาณ 0.1 มิลลิลิตร มาเกลี่ยลงบนอาหารแข็ง Tryptic soy agar (TSA) พักไว้ให้แห้ง นำสารสกัดมาทำให้ปราศจากเชื้อโดยกรองผ่านเยื่อกรองที่มีขนาดรูพรุน 0.02 ไมโครเมตร หยดสารสกัดปริมาณ 5 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรองปลอดเชื้อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (ใช้น้ำกลั่นปลอดเชื้อเป็นตัวควบคุม) นำมาวางบนผิวหน้าอาหารแข็งที่เตรียมไว้ จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับ *S. epidermidis* และ 72 ชั่วโมง ในสภาวะไร้อากาศ สำหรับ *P. acnes* สังเกตบริเวณที่เกิดการยับยั้งแบคทีเรีย ตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีการ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ** (Minimal inhibitory concentration, MIC) **ด้วยวิธี** Broth dilution technique **และการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้** (Minimal bactericidal concentration, MBC) **ด้วยวิธี** Agar dilution technique

*เชื้อ P. acnes* และ *S. epidermidis* ที่มีปริมาณความขุ่นของเชื้อเท่ากับ $10^8$ CFU/ml ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ถูกนำมาเลี้ยงในหลอดทดลอง ซึ่งประกอบด้วย สารสกัดมีค่าความเข้มข้นเริ่มต้นอยู่ที่ 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร **และ**เจือจางร่วมกับอาหาร TSB ที่ 0, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 เท่า โดยหลอดที่ใช้เป็น positive control ใช้อาหาร TSB เพียงอย่างเดียวสำหรับเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการทดลอง บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับ *S. epidermidis* และ 72 ชั่วโมง ในสภาวะไร้อากาศ สำหรับ *P. acnes* ผลการหาค่า MIC สังเกตความขุ่นเชื้อที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอดเปรียบเทียบกับ positive control นำหลอดที่ไม่มีความขุ่นจากการทดลองหาค่า MIC โดยนำไปเลี้ยงบนอาหารแข็ง TSA จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับ *S. epidermidis* และ 72 ชั่วโมง ในสภาวะไร้อากาศสำหรับ *P. acnes*

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งของสารสกัดพืชสมุนไพรด้วยวิธี** Disc diffusion techniques

จากการสกัดพืชสมุนไพร 15 ชนิด ด้วยเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:4 (สมุนไพร 125 กรัม: เอทานอล 95% ปริมาณ 500 มิลลิลิตร) แช่เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *P. acnes* และ *S. epidermidis* โดยวิธี

Disc diffusion techniques ได้ผลดัง Table 1 พบว่าสารสกัดว่านหอมแดงมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *P. acnes* ได้ดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยบริเวณการยับยั้ง 3.00 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และสารสกัดข่าลิงและว่านหอมแดงให้ค่าเฉลี่ยบริเวณการยับยั้งเชื้อ *S. epidermidis* 2.37 และ 2.17 เซนติเมตร ตามลำดับ มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *S. epidermidis* ดีที่สุดแตกต่างจากสารสกัดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มัลลิกา (2548) ได้ศึกษาสารสกัดสมุนไพรไทย 19 ชนิด ได้นำมาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อโดยวิธี disc diffusion techniques พบว่าชุมเห็ดเทศ สาบเสือ มังคุด และซองระอาให้ผลยับยั้ง *P. acnes* ได้ดีที่สุด ส่วนกระเจี๊ยบแดง มังคุด สาบเสือและชุมเห็ดเทศให้ผลดีต่อ *S. epidermidis*

**Table 1** Zones of inhibition of Medicinal Plant Extracts against *Propionibacterium acne* and *Staphylococcus epidermidis*

| Medicinal Plant Extract | Zones of inhibition (cm) | |
|---|---|---|
| | *Propionibacterium acne* | *Staphylococcus epidermidis* |
| *Careya sphaerica* Roxb. | 0.00±0.00[c] | 0.00±0.00[d] |
| *Zingiber zerumbet* (L.) Smith. | 1.50±0.20[b] | 0.80±0.00[c] |
| *Curcuma zedoaria Zberg.* Roscoe | 0.00±0.00[c] | 0.33±0.47[c] |
| *Alpinia conchigera* Griff. | 0.00±0.00[c] | 2.37±1.11[a] |
| *Cassia alata* Linn. | 1.70±0.17[b] | 1.73±0.19[b] |
| *Rhinacanthus nasutus* (L.) Kurz | 1.30±1.13[b] | 0.70±0.00[d] |
| *Mucuna macrocarpa* Wall. | 0.00±0.00[c] | 0.00±0.00[d] |
| *Nervilia aragoana Gaudich* | 0.00±0.00[c] | 0.57±0.40[c] |
| *Zingiber cassumunar* Roxb. | 0.00±0.00[c] | 0.47±0.34[c] |
| *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.ex Nees | 0.00±0.00[c] | 0.83±0.05[c] |
| *Eleutherine palmifolia* (L.) Merr. | 3.00±0.00[a] | 2.17±0.09[a] |
| *Talinum paniculatum* Gaertn. | 1.19±0.36[b] | 1.07±0.09[b] |
| *Smilax corbularia* Kunth. | 0.00±0.00[c] | 0.80±0.14[c] |
| *Acanthus ebracteatus* Vahl | 1.50±0.00[b] | 0.83±0.05[c] |
| *Costus speciosus* (Koen.) Sm. | 0.00±0.00[c] | 0.27±0.38[c] |

**การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ** (Minimal inhibitory concentration, MIC) **และการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้** (Minimal bactericidal concentration, MBC)

พบว่าสารสกัดว่านหอมแดงมีค่า MIC และ MBC ต่อเชื้อ *P. acnes* เท่ากับ 7.81 และ 15.63 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แตกต่างจากสารสกัดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สารสกัดจากกระทือและข่าลิงให้ค่า MIC ต่อเชื้อ *S. epidermidis* เท่ากับ 15.63-31.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และค่า MBC เท่ากับ 3.25 และ 3.25-62.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Table 2) ตามลำดับ พัชรีญา (2552) ทำการศึกษาฤทธิ์จุลินทรีย์ของสารสกัดสมุนไพรจำนวน 5 ชนิด โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้พืชสมุนไพรที่เคยมีรายงานว่าสามารถออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ได้แก่ กระทือ ฟ้าทะลายโจร เหงือกปลาหมอ ใบบัวบก ชะเอมเทศ โดยทำการทดสอบการออกฤทธิ์ต้านเชื้อ ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, และ *Candida albicans* จากการศึกษาของ Pongpiriyadacha และคณะ(2008) พบว่าสารสาคัญในส่วนเหง้าของสารสกัดข่าลิงได้แก่ สารกลุ่ม phenylpropanoids ได้แก่ 1-acetoxychavicol acetate, chavicol, chavicol acetate, eugenol, terpenoids และ bisaboline ซึ่งใช้เป็นสารแต่งกลิ่นหอม มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านทานเนื้องอก

**Table 2** The MIC and MBC of 15 medicinal plant extracts against *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus epidermidis*.

| Medicinal Plant Extract | *Propionibacterium acne* | | *Staphylococcus epidermidis* | |
|---|---|---|---|---|
| | MIC (mg/ml) | MBC(mg/ml) | MIC (mg/ml) | MBC (mg/ml) |
| *Careya sphaerica* Roxb. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| *Zingiber zerumbet* (L.) Smith. | 15.63[b] | 31.25[b] | 15.63 – 31.25[a] | 31.25[a] |
| *Curcuma zedoaria Zberg.* Roscoe | n.d. | n.d. | 250[c] | 500[c] |
| *Alpinia conchigera* Griff. | n.d. | n.d. | 15.63 – 31.25[a] | 31.25 – 62.5[a] |
| *Cassia alata* Linn. | 125[d] | 250[d] | 250[c] | 500[c] |
| *Rhinacanthus nasutus* (L.) Kurz | 125[d] | 250[d] | 250[c] | 500[c] |
| *Mucuna macrocarpa* Wall. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| *Nervilia aragoana Gaudich* | n.d. | n.d. | 250[c] | 500[c] |
| *Zingiber cassumunar* Roxb. | n.d. | n.d. | 250[c] | 500[c] |
| *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.ex Nees | n.d. | n.d. | 125[b] | 250[b] |
| *Eleutherine palmifolia* (L.) Merr. | 7.81[a] | 15.63[a] | 250[c] | 500[c] |
| *Talinum paniculatum* Gaertn. | n.d. | n.d. | 125[b] | 250[b] |
| *Smilax corbularia* Kunth. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| *Acanthus ebracteatus* Vahl | 62.5[c] | 125[c] | 125[b] | 250[b] |
| *Costus speciosus* (Koen.) Sm. | n.d. | n.d. | 250[c] | 500[c] |

Mean in the same row with letter (a, b, c …) represent statistically significantly different ($p \leq 0.05$)

## สรุปผล

จากการศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *P. acnes* และ *S. epidermidis* พบว่าสารสกัดสมุนไพรที่มีแนวโน้มสามารถนำมาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ยับยั้งสิว คือ กระทือ ข่าลิง และว่านหอมแดง

## เอกสารอ้างอิง

พัชรีญา สมาธิ, 2552, รายงานวิจัยฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดสมุนไพรไทย, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

มัลลิกา ชมนาวัง, 2548, ฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์จากพืชสมุนไพรไทยในการยับยั้งเชื้อที่ก่อเกิดสิว, วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตร์มหาบัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

Kumar, G.S., Jayaveera, K.N., Kumar, C.K., Sanjay, U.P., Swamy, B.M. and Kumar, D.V., 2007, Antimicrobial Effects of Indian Medicinal Plants Against Acne-inducing Bacteria, Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 6(2): 717-723.

Pongpiriyadacha, Y., Nuansrithong, P., Chumbuajan, O., Sirintharawech, N. and Chantip, D., 2008, Gastroprotective Effects of the Extract from *Alpinia conchigera* Griff. in Rats and the Possible Mechanism, KMITL Science and Technology Journal, 8(2): 38-45.

Sykes, N.L. and Webster, G.F., 1994, Acne a Review of Optimum Treatment, Drugs, 48(1): 59-70.

# คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

## Antioxidant Properties of the Native Vegetation in Ayutthaya

**ชัชฎาพร องอาจ**[1]
Ongard, C.[1]


### Abstract

This research aimed to study the antioxidant activities and phenolic compounds of plant extracts from 10 domestic vegetables in 16 districts of Ayutthaya Province. Plants were extracted with water at room temperature or hot-water at 100°C for 15 min, and stored for 7 days. Total phenolics were determined by the Folin-Ciocalteu method. Results showed that seem extracted with hot water had the highest total phenolics of 363.81 mg gallic-acid-equivalent (GAE)/g sample and was higher than water extracts. However, all vegetable extracts had different antioxidant properties as determined by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging activity assays, Ferric reducing antioxidant power (FRAP), and Ferrous-ion chelating (FIC). Total phenolics and antioxidant activities by DPPH and FRAP of hot-water extracts showed a positive correlation with $R^2$ of 0.9987 and 0.9473, respectively. The extracts had high phenolics and antioxidant activities than RT extracts, but these effects decreased when extracts were kept for 7 days.


**Keywords:** antioxidant, DPPH, total phenolic, domestic vegetables


### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากผักพื้นบ้าน 10 ชนิด ใน 16 อำเภอของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง และสกัดด้วยน้ำร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ศึกษาผลของการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่าสะเดาที่สกัดด้วยน้ำร้อน มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุดเท่ากับ 363.81 mg gallic acid equivalent/g ตัวอย่าง และสูงกว่าสกัดด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง สมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) และ Ferric reduceing antioxidant power (FRAP) ของผักแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของปริมาณฟีนอลิกและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านที่สกัดด้วยร้อนและน้ำที่อุณหภูมิห้องพบว่าการสกัดด้วยน้ำร้อนมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระแปรตามปริมาณฟีนอลิกมีค่า $R^2$ = 0.9987 และ 0.9473 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระจะลดลงเมื่อเก็บไว้


**คำสำคัญ**: สารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ฟีนอลิกทั้งหมด ผักพื้นบ้าน

### คำนำ

พืชผักพื้นบ้านเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าของท้องถิ่นอยุธยา นอกจากอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารแล้ว ยังมีสรรพคุณทางยา อีกทั้งยังมีรายงานพบว่าเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ซึ่งควรนำข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้มาต่อยอดงานวิจัย ในปัจจุบันสภาวะแวดล้อม และมลพิษจากการใช้สารเคมี ที่เกิดขึ้นส่งผลให้ผักพื้นบ้านเหล่านี้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีบางชนิดหรือโลหะหนักและมิได้มีการตรวจสอบ ประกอบกับความเจริญทางเทคโนโลยีเจริญก้าวหน้ามีผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับอาหารและยาจากพืชผักท้องถิ่นออกมาเป็นจำนวนมากซึ่งสารที่เป็นองค์ประกอบในพืชพื้นบ้านเหล่านี้มีหลายชนิดเช่น สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แทนนิน และลิกนิน วิตามินเอ วิตามินอี วิตามินซี และอื่นๆ อีกหลายชนิด ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติอยู่แล้ว (Razali และคณะ, 2012; Boots และคณะ, 2008; Valko และคณะ, 2006) ซึ่งฟลาโวนอยด์ก็เป็นสารประกอบฟีนอลิกตัวหนึ่งที่สำคัญ สารประกอบฟีนอลิกที่มีในพืชจะมีความสัมพันธ์กับสมบัติในการในอนุมูลอิสระจากการศึกษาจะพบว่าถ้ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากก็จะมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระมากด้วย (Cai และคณะ, 2004; Kaur และ Kapoor, 2002; Razab และคณะ, 2010) ซึ่งปริมาณของสารที่เป็นองค์ประกอบ และสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของพืชพื้นบ้านเหล่านี้ก็มีความ

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat university, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000

แตกต่างกันตามสภาพภูมิประเทศ สภาพอากาศ สภาพการเพาะปลูกปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ในดิน การเก็บรักษา (Cevallos-Casals และ Cisneros-Zevallos, 2010) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาดูความของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในผักพื้นบ้านใน 16 อำเภอของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพืชแต่ละชนิดกับแหล่งที่ปลูก และศึกษาวิธีการสกัด การเก็บรักษา ที่จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการบริโภคผักพื้นบ้านที่มีประโยชน์และให้คุณค่ามากที่สุดต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างพืชพื้นบ้านสำรวจและซื้อจากตลาดประจำอำเภอทั้ง 16 อำเภอของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาโดยใช้ผักพื้นบ้าน 10 ชนิด คือ แค (*Sesbania grandiflora*) กระถิน (*Leucaena leucocephala*) ผักขม (*Amaranthus blitum*) ตำลึง (*Coccinia grandis*) มะระ (*Momordica charantia*) สะเดา (*Azadirachta indica*) ขี้เหล็ก (*Senna siamea*) ผักบุ้ง (*Ipomoea aquatica*) ย่านาง (*Tiliacora triandra*) และผักพาย (*Limnocharis flava* (L.) Buchenau) ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้บริโภคและขายในท้องตลาดมาทดลอง สารเคมีที่ใช้เกรด AR ยี่ห้อ Sigma เครื่องยูวี –วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

**วิธีการเตรียมสารสกัดพืชพื้นบ้าน**

พืชพื้นบ้านทั้ง 10 ชนิดของทั้ง 16 อำเภอ ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา นำมาล้างทำความสะอาดแล้วพึ่งให้สะเด็ดน้ำ หั่นและปั่นให้ละเอียด จากนั้นสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำที่อุณหภูมิห้องและต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส ใช้ตัวอย่างผักสด 10 กรัม ตัวทำละลาย 100 มิลิลิตร เขย่าที่ 200 rpm เป็นเวลา 15 นาที ปั่นเหวี่ยงที่ 5000 rpm เป็นเวลา 10 นาที และกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาโดยแช่ตู้เย็นเป็นเวลา 7 วัน

**การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม** (Total phenolics)

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมของพืชตัวอย่างด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ตามวิธีของ Tawaha และคณะ (2007) คำนวณปริมาณฟีนอลิกรวมเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (20-200 mg/ml)

**การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ** (antioxidant activity)

ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ดัดแปลงวิธีของพัฒนาวิธีการมาจากวิธีของ Ji-Hyun และคณะ (2010) นำสารละลายของสารสกัดตัวอย่าง 200 ไมโครลิตร เติมลงใน 2.0 มิลลิลิตร ของ 0.1 มิลลิโมลาร์ DPPH ในเอทานอลเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 30 นาทีวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร นำไปคำนวณหาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และวิธีวิเคราะห์ ferric reducing antioxidant power (FRAP) ทำตามวิธีของ Razali และคณะ (2012)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดพืชพื้นบ้านด้วยการต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที จะมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าที่สกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง อยู่ในช่วง 7.93-38.95% และ 15.1–37.30% ตามลำดับ (Figure 1) แสดงว่าในการบริโภคพืชผักพื้นบ้านนี้ควรจะปรุงให้สุกด้วยน้ำเดือด 15 นาทีจะได้ปริมาณสารมากกว่าการบริโภคสดหรือสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง ในการเก็บผักที่สกัดหรือปรุงแล้วไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 7 วัน จะทำให้ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระลดลง 17.27-51.29% และ 6.27-35.97% ตามลำดับ (Figure 2) ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพหรือการเสื่อมสลายของสารประกอบฟีนอลิก และสารประกอบตัวอื่นๆ ที่มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ และเมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกกับสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส และน้ำที่อุณหภูมิห้องจะแปลตามปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก มีค่า $R^2$ = 0.9987 และ $R^2$ = 0.9473 ตามลำดับ และจากการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของพืชพื้นบ้านทั้ง 10 ชนิดจะพบว่าสะเดาจะมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 363.81±0.98 mg gallic-acid-equivalent (GAE)/g fresh sample (Figure 1) มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากสุด เท่ากับ 90.04±0.33% (Figure 2 ) และมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing activity สูงสุดในยอด สะเดา เช่นเดียวกัน มีค่าเท่ากับ 8.97±0.42 mmol/g fresh weight (Figure 3) จะเห็นว่าพืชทั้ง 10 ชนิดจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน แต่ก็มีแนวโน้มเป็นไปในแนวทางเดียวกันเรียงลำดับดังนี้ ยอดสะเดา ยอดขี้เหล็ก ยอดผักโขม ยอดมะระ ยอดกระถิน ยอดตำลึง ยอดแค เถาใบย่านาง ยอดผักบุ้ง ยอดผักพาย (ส่วนที่นิยมใช้บริโภคกัน) ซึ่งเป็นพืชพื้นบ้านที่มีในทุกอำเภอของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพืชพื้นบ้านที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากจะมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติได้ดี

## สรุปผล

ในงานวิจัยนี้สามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่าสะเดาที่สกัดด้วยน้ำร้อน มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุดเท่ากับ 363.81 mg gallic acid /g ($P<0.01$) มากกว่าสกัดด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง สมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของผักแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ซึ่งวัดด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) และ ferric reducing antioxidant power (FRAP) เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของปริมาณฟีนอลิกและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านที่สกัดด้วยร้อนและน้ำที่อุณหภูมิห้อง พบว่าการสกัดด้วยน้ำร้อนมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระแปรตามปริมาณฟีนอลิกมีค่า $R^2$ = 0.9987 และ 0.9473 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระจะลดลงเมื่อเก็บไว้ แสดงให้เห็นว่าการผักแต่ละชนิดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระต่างกันการบริโภคที่ปรุงโดยใช้ความร้อนจะสกัดสารออกมาได้มากกว่าบริโภคสด และควรรับประทานให้หมดไม่ควรเก็บไว้นาน

## เอกสารอ้างอิง


AOAC, 2000, Association of official analytical chemists 14 th, Association Official Analytical Chemists, Washington D.C.

Boots, A.W., Haenen, G.R.M.M. and Bast, A., 2008, Health Effects of Quercetin: From Antioxidant to Nutraceutical, Journal of Pharmacology, 585: 325–337.

Cai, Y., Luo, Q., Sun, M. and Corke, H., 2004, Antioxidant Activity and Phenolic Compounds of 112 Traditional Chinese Medicinal Plants Associated with Anticancer, Life Sciences, 74: 2157–2184.

Cevallos-Casals, B.A. and Cisneros-Zevallos, L., 2010, Impact of Germination on Phenolic Content and Antioxidant Activity of 13 Edible Seed Species, Food Chemistry, 119: 1485–1490.

Heng-Yuan, C., Yu-Ling, H., Ming-Jyh, S., Yaw-Huei, L., Mu-Chuan, T., Sheng-Hua, W., Guan-Jhong, H. and Yuan-Shiun, C., 2007, Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of *Phellinus merrillii* Extracts, Botanical Studies, 48: 407-417.

Kaur, C. and Kapoor, H.C., 2002, Anti-oxidant Activity and Total Phenolic Content of Some Asian Vegetables, Journal of Food Science and Technology, 37: 153–161.

Valko, M., Rhodes, C.J., Moncol, J., Izakovic, M. and Mazur, M., 2006, Free Radicals, Metals and Antioxidants in Oxidative Stress-induced Cancer, Chemico-Biological Interactions, 160: 1–40.

Razali, N., Mat-Junit, S., Abdul-Muthalib, A., Subramaniam, S. and Abdul-Aziz, A., 2012, Effects of Various Solvents on the Extraction of Antioxidant Phenolics from the Leaves, Seeds, Veins and Skins of *Tamarindus indica L.*, Food Chemistry, 131: 441-448.

Razab, R. and Abdul Aziz, A., 2010, Antioxidants from Tropical Herbs, Natural Product Communications, 5(3): 441–445.

Shams Ardekani, M.R., Hajimahmoodi, M., Oveisi, M.R., Sadeghi, N., Jannat, B., Ranjbar, A.M., Gholam, N. and Moridi, T., 2011, Comparative Antioxidant Activity and Total Flavonoid Content of Persian Pomegranate (*Punica granatum* L.) Cultivars, Iranian Journal of Pharmacy Research, 10: 519–524.

Tawaha, K., Alali, FQ., Gharaibeh, M., Mohammad, M. and El-Elimat, T., 2007, Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Selected Jordanian Plant Species, Food Chemistry, 104: 1372-1378.

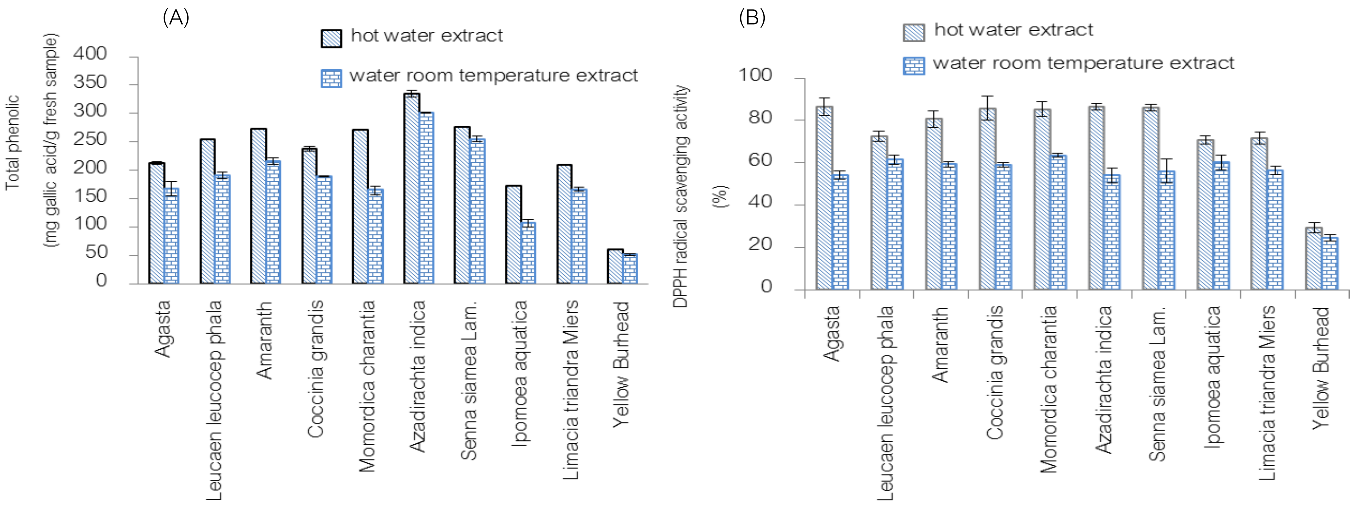




**Figure 1** Total phenolic content and DPPH radical scavenging activity of hot water extract and water room temperature (A) Total phenolic content (B) DPPH radical scavenging activity

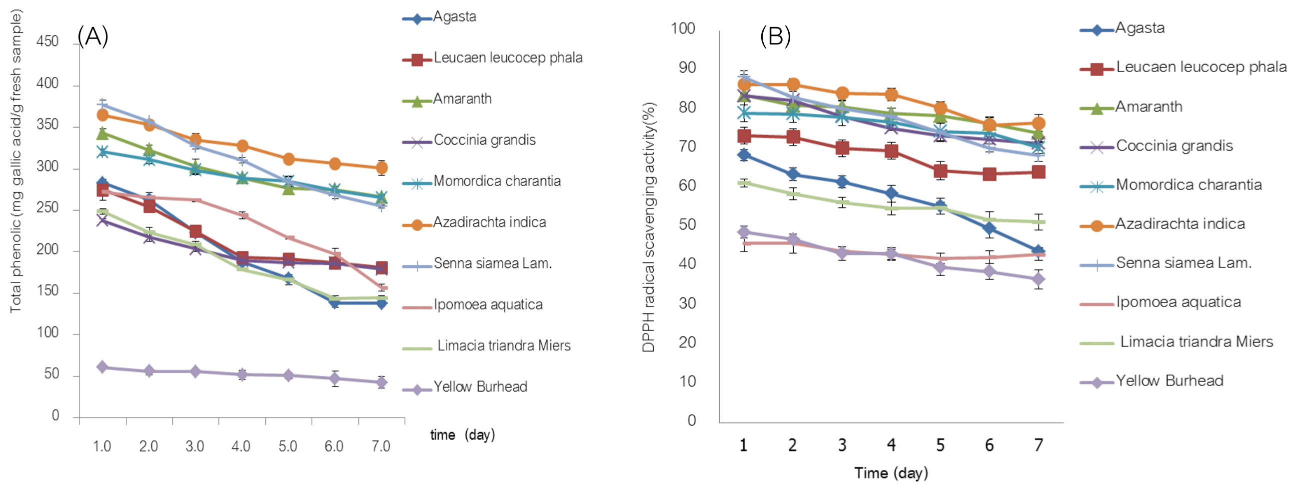



**Figure 2** Total phenolic content and DPPH radical scavenging activity of hot water extracts and the effect of storage for 7 days. (A) Total phenolic content (B) DPPH radical scavenging activity

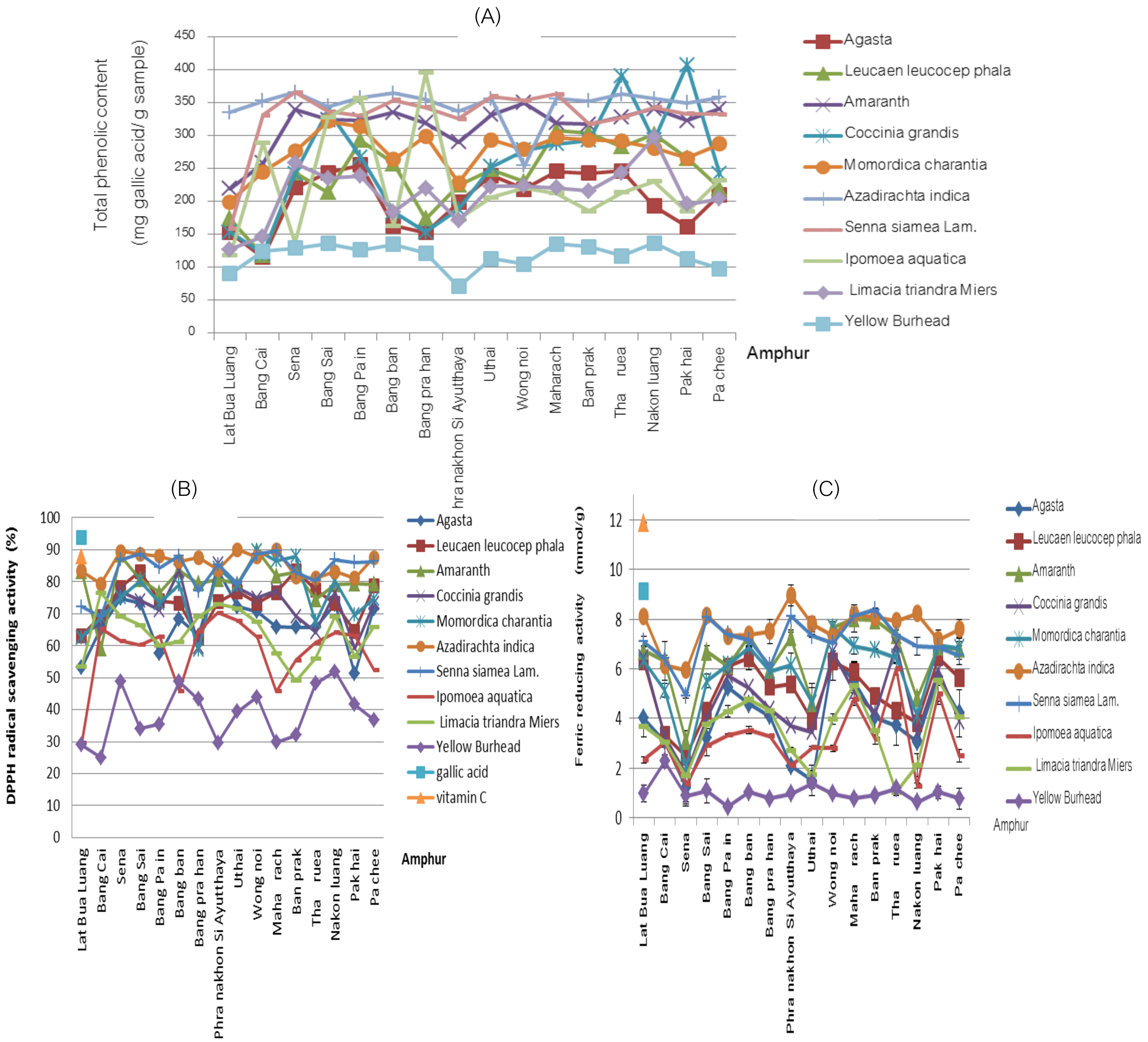



**Figure 3** Total phenolic content, DPPH radical scavenging activity and Ferric reducing activity of hot water extract from native vegetables (A) Total phenolic content (B) DPPH radical scavenging activity (C) Ferric reducing activity

# ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของน้ำผึ้ง

## Antibacterial Activity of Honey

**ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์[1] ภีม พจนกรโกศล[1] ณปภา บุศยโสพส[1] และ อัญชลี สวาสดิ์ธรรม[1]**

Tanganurat, P.[1], Pojanakorngoson, P.[1] Busayasoros, N.[1] and Sawatthum, A.[1]

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the antibacterial activity of honey from various sources (Bitter bush, Longan, Cassava, Lychee, Rubber tree, Sunflower honey, and stingless bee honey). The antibacterial activity against the 4 microbes tested (*Escherichia coli* TISTR780, *Salmonella typhimurium* TISTR292, *Pseudomonas aeruginosa* TISTR781 and *Staphylococcus aureus* TISTR1466) was evaluated by determining the inhibition zone (mm) of different concentration of honey compared to distilled water (1:1, 1:2 and 1:3), using the disc diffusion method. Results showed that bitter bush honey 3.1 was the most effective against *Escherichia coli* TISTR780 and *Salmonella typhimurium* TISTR292 at 1:3 ($p \leq 0.05$), while bitter bush honey (1 and 3.1) and sunflower honey SRB54 were preferentially against *Staphylococcus aureus* TISTR1466. However, Doi Saket honey produced by *Apis dorsata* was the most effective against *P. aeruginosa* TISTR781 at 1:1. Results revealed that honey from different sources exhibited differential antimicrobial activity.

**Keywords:** antibacterial activity, honey, disc diffusion method

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของน้ำผึ้งแต่ละแหล่งจำนวน 33 ชนิด (น้ำผึ้งสาบเสือ ลำไย มันสำปะหลัง ลิ้นจี่ ยางพารา ทานตะวัน และชันโรง) ทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย 4 สายพันธุ์ (*Escherichia coli* TISTR780, *Salmonella typhimurium* TISTR292, *Pseudomonas aeruginosa* TISTR781 และ *Staphylococcus aureus* TISTR1466) โดยวัดบริเวณยับยั้ง (มิลลิเมตร) ของความเข้มข้นระหว่างน้ำผึ้งและน้ำกลั่นที่แตกต่าง กัน (1:1, 1:2 และ 1:3) ด้วย วิธี disc diffusion พบว่าน้ำผึ้งสาบเสือ 3.1 มีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* TISTR780 และ *Salmonella typhimurium* TISTR292 ที่ความเข้มข้น 1:3 ($p \leq 0.05$) ขณะที่น้ำผึ้งสาบเสือ (1 และ 3.1) และน้ำผึ้งทานตะวัน SRB54 มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Staphylococcus aureus* TISTR1466 ได้ดี อย่างไรก็ตามน้ำผึ้งดอยสะเก็ด จากผึ้งหลวง (*Apis dorsata*) มีความสามารถในการต้านเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* TISTR781 ที่ความเข้มข้น 1:1 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าน้ำผึ้งจากแหล่งที่แตกต่างกันมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่ต่างกัน

**คำสำคัญ:** ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย น้ำผึ้ง วิธี disc diffusion

### คำนำ

น้ำผึ้งเป็นสารให้ความหวานที่มีความสามารถในการต้านแบคทีเรีย ซึ่งมีรายงานฉบับแรก ตั้งแต่ปี ค.ศ.1892 และยังถูกนำมาใช้รักษาอาการติดเชื้อจากแบคทีเรีย และการป้องกันหรือยับยั้ง การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ เนื่องจากน้ำผึ้งนั้นมีความเข้มข้นของน้ำตาลสูง ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และมีความเป็นกรดด่างต่ำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ และยิ่งกว่านั้นยังพบเมธิลไกลออกซอล (methylglyoxal) และเปปไทด์ที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพ (defensin-1) เป็นสารประกอบที่ต่อต้านแบคทีเรียที่สำคัญในน้ำผึ้ง (Kwakman และ Zaat, 2012) น้ำผึ้งนำมาใช้ในการรักษาแผลติดเชื้อ แผลเปื่อย แผลกดทับ และโรคผิวหนังติดเชื้ออื่นๆ คุณสมบัติในการรักษาของน้ำผึ้งนี้ เนื่องมาจากกิจกรรมต้านจุลชีพ และคงความชุ่มชื้นให้กับแผลเป็นส่วนช่วยในการรักษา ทั้งยังมีความหนืดสูงจึงเป็นเกราะป้องกันการติดเชื้อได้ และมีรายงานวิจัยเปิดเผยว่าคุณสมบัติการต้านจุลชีพของน้ำผึ้งนี้ช่วยให้เนื้อเยื่อใหม่เจริญได้เร็วขึ้นจึงช่วยในการรักษาแผล มีการใช้น้ำผึ้งเพื่อรักษาแผล

[1] **สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 พหลโยธิน 87 ซอย 2 ประชาธิปัตย์ ธัญบุรี ปทุมธานี** 12130

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2 Phaholyothin 87 Soi 2, Prachathipat, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

ติดเชื้อจากจุลินทรีย์มาเป็นเวลานานตั้งแต่สมัยโบราณ รายงานวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าน้ำผึ้งมานูกา (manuka) มีประสิทธิภาพในการต่อต้านจุลินทรีย์ก่อโรคในมนุษย์ ยกตัวอย่างเช่น *Escherichia coli* (*E. coli*), *Enterobacter aerogenes*, *Salmonella typhimurium* และ *Staph. aureus* อย่างไรก็ตามอาจจะมีน้ำผึ้งชนิดใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า หรือเทียบเท่ามานูกาก็เป็นได้ และพบว่าน้ำผึ้งมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียกลุ่ม staphylococci ได้ดีกว่า *Pseudomonas aeruginosa* และ *Enterococcus* sp. (Mandal และ Mandal, 2011)

งานวิจัยนี้จึงได้รวบรวมตัวอย่างน้ำผึ้งจากแหล่งต่างๆ จำนวน 33 ชนิด ได้แก่ น้ำผึ้งสาบเสือ ลำไย มันสำปะหลัง ลิ้นจี่ ยางพารา ทานตะวัน และชันโรง เป็นต้น นำมาทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย 4 สายพันธุ์ ด้วยวิธี disc diffusion ซึ่งเป็นวิธี ทดสอบเชิงปริมาณสำหรับบ่งชี้ถึงความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรียของสารประกอบที่ต้องการทดสอบ เพื่อศึกษาความ สามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ของน้ำผึ้งแต่ละชนิด

## อุปกรณ์และวิธีการ

น้ำผึ้ง 33 ชนิดตามคุณสมบัติการออกฤทธิ์ต้านจุลชีพด้วยวิธี disc diffusion (ดัดแปลงมาจากพลากร, 2551) นำน้ำผึ้งทั้ง 33 ชนิดมาทำการเจือจางที่อัตราส่วนน้ำผึ้ง:น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ ที่ 1:1, 1.2 และ 1:3 นำ Paper disc แช่ในสารละลายน้ำผึ้ง

การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบ (ดัดแปลงมาจาก ลลิตา, 2552) นำ agar slant และเชื้อที่ใช้ในการทดสอบเข้าบ่ม นาน 30 นาที จากนั้นใช้เข็มเขี่ยเชื้อสัมผัสกับเชื้อในหลอดทดลองมาขีดเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar ในจานเพาะ เชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

วิธีเตรียมความขุ่นมาตรฐานสำหรับเทียบจำนวนเชื้อ (พลากร, 2551) ความขุ่นมาตรฐาน McFarland standard No. 0.5 เตรียมโดยใช้ 1.175% $BaCl_2.2H_2O$ จำนวน 0.5 ml ผสมกับ 1% $H_2SO_4$ จำนวน 99.5 ml แบ่งใส่ในหลอดทดลอง ปิดฝา เก็บที่อุณหภูมิห้อง และนำมาใช้เปรียบเทียบความขุ่นของเชื้อโดยใช้ spectrophotometer วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 625 นาโนเมตร จะได้ค่า OD ระหว่าง 0.08-0.10

การทดสอบการออกฤทธิ์ของน้ำผึ้ง 33 ชนิด ด้วยวิธี disc diffusion นำเชื้อที่บ่มได้มาเขี่ยใส่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้วปรับ ความขุ่นให้เท่ากับความขุ่นมาตรฐาน McFarland standard No. 0.5 ผสมกับ Nutrient agar ที่อัตราส่วน 1:25 แล้วเทลงบน จานเพาะเชื้อ รอให้อาหารแข็งตัว ใช้คีมฆ่าเชื้อแล้วคีบ Paper disc จุ่มในสารละลายน้ำผึ้งมาวางบนผิวของอาหารเพาะเชื้อ ตามตำแหน่งที่กำหนดแล้วกดเบาๆ ให้ติดกับวุ้น บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-24 ชั่วโมง จากนั้นการอ่านผล การทดสอบโดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของ inhibition zone เป็นมิลลิเมตร โดยใช้ sliding calipers

การวิเคราะห์ทางสถิติ การศึกษาอิทธิพลของน้ำผึ้งแต่ละชนิดในการยับยั้งจุลินทรีย์ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD)เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) และวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยแสดงผลเป็น ANOVA ที่ความเชื่อมั่น 95%

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบการออกฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ 4 สายพันธุ์ (*Escherichia coli* TISTR780, *Salmonella typhimurium* TISTR292, *Pseudomonas aeruginosa* TISTR781 และ *Staphylococcus aureus* TISTR1466) กับน้ำผึ้ง 33 ชนิดโดยใช้ความเข้มข้นระหว่างน้ำผึ้งและน้ำที่อัตราส่วน 1:1 (ไม่แสดงข้อมูล) จากผลการทดลองการออกฤทธิ์ต้านจุลชีพของน้ำผึ้ง 33 ชนิดที่อัตราส่วน 1:1 พบว่าน้ำผึ้งที่สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ดี คือ น้ำผึ้งทานตะวัน SRB, น้ำผึ้งทานตะวัน 8.2 และน้ำผึ้งทานตะวัน SRB 54 ซึ่งมีขนาดของบริเวณยับยั้ง 30.18 มิลลิเมตร, 26.67 มิลลิเมตร และ 26.67 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่น้ำผึ้งมานูกามีขนาดบริเวณยับยั้งเพียง 22.83 มิลลิเมตร น้ำผึ้งที่สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *S. typhimurium* ได้ดีคือ น้ำผึ้งทานตะวัน SRB ซึ่งมีขนาดของบริเวณยับยั้ง 30.00 มิลลิเมตร และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับน้ำผึ้งมานูกา (27.30 มิลลิเมตร)และน้ำผึ้งชนิดอื่นๆ น้ำผึ้งที่สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Staph. aureus* ได้ดีคือ น้ำผึ้งสาบเสือ 1 มีขนาดของบริเวณยับยั้ง 28.95 มิลลิเมตร และการยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* แสดงให้เห็นว่าน้ำผึ้ง หลายชนิดไม่สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนี้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu และคณะ (2013) กล่าวว่าเชื้อ *P. aeruginosa* มีความสามารถที่จะสร้างสารเมือกห่อหุ้มเซลล์ที่คล้ายแคปซูล จะมีความทนทานในสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้ดี รวมทั้งยังเจริญในสภาพที่มีเกลือสูงๆ ได้ และพบว่าน้ำผึ้งมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียกลุ่ม

staphylococci ได้ดีกว่า *P. aeruginosa* และ *Enterococcus* sp. (Mandal และ Mandal, 2011) แต่ยังมีน้ำผึ้งเพียง 7 ชนิดที่สามารถออกฤทธิ์ ยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* ($p \leq 0.05$) ได้แก่ น้ำผึ้งหลวงดอยสะเก็ด (10.13 มิลลิเมตร) และน้ำผึ้งโพรงดอกกาแฟ (6.57 มิลลิเมตร) ซึ่งมีบริเวณยับยั้งกว้างกว่าน้ำผึ้งสาบเสือแพร่ 52 น้ำผึ้งทานตะวัน SRB น้ำผึ้งลำไย 3 น้ำผึ้งโพรงไซยา น้ำผึ้งมานูกา (บริเวณ ยับยั้งอยู่ระหว่าง 2.30-2.77 มิลลิเมตร) จากงานวิจัยครั้งนี้ยังแสดงให้เห็นว่าน้ำผึ้งทานตะวัน น้ำผึ้งสาบเสือ น้ำผึ้งหลวงดอย สะเก็ด และน้ำผึ้งโพรงดอกกาแฟ มีประสิทธิภาพในการต้านแบคทีเรีย *E. coli*, *S. typhimurium*, *Staph. aureus* และ *P. aeruginosa* ได้ดีกว่าน้ำผึ้งมานูกา (manuka) สอดคล้องกับ Mandal และ Mandal (2011) ที่กล่าวว่าอาจจะมีน้ำผึ้งชนิดอื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า หรือเทียบเท่ามานูกาก็เป็นได้

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าผลของการออกฤทธิ์ต้านจุลชีพของน้ำผึ้งที่ดีที่สุดและมีบริเวณยับยั้งกว้างที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 6 ชนิดได้แก่ น้ำผึ้งสาบเสือ 1 (Bitter bush 1) น้ำผึ้งสาบเสือ 2.2 (Bitter bush 2.2) น้ำผึ้งสาบเสือ 3.1 (Bitter bush 3.1) น้ำผึ้งทานตะวัน SRB (Sunflower SRB) น้ำผึ้งทานตะวัน 8.2 (Sunflower 8.2) และน้ำผึ้งทานตะวัน SRB54 (Sunflower SRB54) ซึ่งนำมาทดสอบที่ความเข้มข้นระหว่างน้ำผึ้งและน้ำกลั่นฆ่าเชื้อที่อัตราส่วน 1:2 (ไม่ได้แสดง ตารางข้อมูล) และ 1:3 แสดงดัง Figure 1 และ Table 1

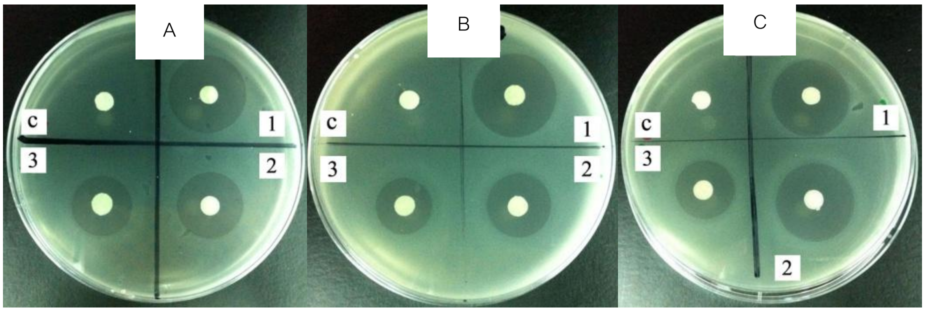



**Figure 1** Inhibition zone of bitter bush honey at different concentrations (1) 1:1, (2) 1:2, (3) 1:3 and c (control; sterile distilled water) on the test organisms: (A) *E. coli*, (B) *S. typhimurium* and (C) *Staph. aureus*, respectively.

จากผลการทดลองการออกฤทธิ์ต้านจุลชีพของน้ำผึ้ง 6 ชนิดที่อัตราส่วน 1:2 ในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* และ *Staph. aureus* น้ำผึ้งทั้ง 6 ชนิดสามารถออกฤทธิ์ยับยั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนน้ำผึ้งที่สามารถ ออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *S. typhimurium* ได้ดีคือ น้ำผึ้งทานตะวัน 8.2 และน้ำผึ้งสาบเสือ 2.2 ซึ่งมีขนาดของบริเวณยับยั้ง 25.42 มิลลิเมตร และ 24.65 มิลลิเมตร ตามลำดับ

**Table 1** Inhibition zone (nm) of honeys on *Staphylococcus aureus, Salmonella typhimurium* and *Escherichia coli*

| Honey | Inhibition zone (mm) | | |
|---|---|---|---|
| | *Staphylococcus aureus** | *Salmonella typhimurium** | *Escherichia coli** |
| Bitter bush 1 | 16.90$^{a}$ | 18.33$^{ab}$ | 15.70$^{b}$ |
| Bitter bush 2.2 | 10.57$^{c}$ | 17.33$^{b}$ | 16.53$^{ab}$ |
| Bitter bush 3.1 | 17.37$^{a}$ | 18.55$^{a}$ | 18.28$^{a}$ |
| Sunflower SRB | 11.12$^{c}$ | 16.12$^{c}$ | 13.50$^{c}$ |
| Sunflower 8.2 | 15.13$^{b}$ | 15.87$^{c}$ | 13.27$^{c}$ |
| Sunflower SRB54 | 17.50$^{a}$ | 17.92$^{ab}$ | 16.90$^{ab}$ |

Mean values (n=3) in the same column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

จาก Table 1 ผลการทดลองฤทธิ์ต้านจุลชีพของน้ำผึ้ง 6 ชนิดที่อัตราส่วน 1:3 สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ดีคือ น้ำผึ้งสาบเสือ 3.1 ซึ่งมีขนาดของบริเวณยับยั้ง 18.28 มิลลิเมตร น้ำผึ้งที่สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *S.*

*typhimurium* ได้ดีคือ น้ำผึ้งสาบเสือ 3.1 ซึ่งมีขนาดของบริเวณยับยั้ง 18.55 มิลลิเมตร และน้ำผึ้งที่สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Staph. aureus* ได้ดีคือ น้ำผึ้งทานตะวัน SRB 54 และน้ำผึ้งสาบเสือ 3.1 ซึ่งมีขนาดของบริเวณยับยั้ง 17.50 มิลลิเมตร และ 17.37 มิลลิเมตร ตามลำดับ

จากผลการทดลองพบว่าน้ำผึ้งออกฤทธิ์ต้านจุลชีพที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของน้ำผึ้งแต่ละชนิดที่แตกต่าง กันจะขึ้นอยู่กับเกสรดอกไม้ที่เป็นแหล่งให้ผึ้งนำมาผลิตเป็นน้ำผึ้ง (Liu และคณะ, 2013) ซึ่งน้ำผึ้งที่มีการออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ จุลินทรีย์ได้ผลดีในงานวิจัยครั้งนี้อยู่ในกลุ่มของน้ำผึ้งสาบเสือ และน้ำผึ้งทานตะวัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสารประกอบที่พบใน ดอกไม้ชนิดๆ นั้น โดยพบว่าสารสกัดจากดอกสาบเสือยังสามารถยับยั้งเชื้อ *Staph. aureus, B. subtilis, E. coli, S. typhi* และ *V. parahaemolyticus* ได้ (Raman และคณะ, 2012) ในส่วนของดอกทานตะวันพบว่าเกสรของดอกทานตะวันมีกรดลอริกซึ่ง สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Nicolson and Human, 2013) จากที่กล่าวมาอาจเป็นเหตุให้น้ำผึ้งสาบเสือ และน้ำผึ้ง ทานตะวันมีความสามารถในยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้

## สรุปผล

การออกฤทธิ์ยับยั้งจุลชีพของน้ำผึ้งที่อัตราส่วน 1:1 (น้ำผึ้งต่อน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ) พบว่าน้ำผึ้งที่สามารถยับยั้งการเจริญ เติบโตของ *E. coli, S. typhimurium* และ *Staph. aureus* ได้ดีที่สุดจากการวัดขนาดของบริเวณยับยั้ง ได้แก่ น้ำผึ้งสาบเสือและ น้ำผึ้งทานตะวัน ส่วนน้ำผึ้งที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* ได้แก่ น้ำผึ้งหลวงดอยสะเก็ดและน้ำผึ้งโพรงดอกกาแฟ เมื่อทำการเจือจางน้ำผึ้งที่อัตราส่วน 1:2 และ 1:3 ยังคงพบว่าน้ำผึ้งมีกิจกรรมต้านจุลชีพได้ดี จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า น้ำผึ้งจากแหล่งที่แตกต่างกันมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่ต่างกัน

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณตัวอย่างน้ำผึ้งและทุนสนับสนุนจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี สวาสดิ์ธรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

## เอกสารอ้างอิง

พลากร พุทธรักษ์, 2551, การตรวจวิเคราะห์ทางห้องแบคทีเรีย, ปทุมธานี: โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ

ลลิตา วีระเสถียร, 2552, ฤทธิ์ต้านเชื้อ *Helicobacter pylori* ของพืชที่ใช้เป็นอาหารท้องถิ่น, งานวิจัยคณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Kwakman, P.H.S. and Zaat, S.A.J., 2012, Antibacterial Components Of Honey, IUBMB Life, 64(1): 48-55.

Lui, J-R., Ye, Y-L., Y., Lin, T-Y, L., Wang, Y-W. and Peng, C-C., 2013, Effect of Floral Sources on the Antioxidant, Antimicrobial and Anti-inflammatory Activities of Honeys in Taiwan, Food Chemistry, 139: 938-943.

Mandal, M.D. and Mandal, S., 2011, Honey: its Medicinal Property and Antibacterial Activity, Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 1(2): 154-160.

Nicolson, S.W. and Human, H., 2013, Chemical Composition of the “Low Quality” Pollen of Sunflower (*Helianthus annuus*, Asteraceae), Apidologie, 44: 144-152.

Raman, B.V., Samuel, L.A., Saradhi, M.P., Rao, B.N., Krishna, N.V., Sudhakar, M. and Radhakrishnan, T.M., 2012, Antibacterial Antioxidant Activity and GC-MS Analysis of *Eupatorium odoratum*, Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 5(Suppl 2): 99-106.

# ผลการจัดการดินและปุ๋ยต่อความอุดมสมบูรณ์ดินนา

# Effect of Soil and Fertilizer Managements on Soil Fertility in Paddy Field

ปรัชวนี พิบำรุง[1] อารี ยิ้มสอาด[2] ศรัณย์ พูดคล่อง[2] และ กนิษฐา ขลังธรรมเนียม[2]

Pibumrung, P.[1], Yimsa-ad, A.[2], Poodklong, S.[2] and Klungtumniam, K.[2]

## Abstract

The purpose of this research was to investigate the effect of soil and fertilizer management on soil fertility in paddy fields located in land reform area, Bang Sai, Phra Nakhon Si Ayutthaya. The soil sampling of pre-planting and post planting at 0-30 cm. depth were analyzed. Based on local farmers' practice, there were six treatments of soil and fertilizer management; T1; fertilization as the instructions of Rice Department of Thailand, T2; fertilization by the instructions of the Department of Agriculture, T3; fertilization as local farmer's technique, T4; fertilization with chemical fertilizer and manure, T5; fertilization with chemical fertilizer, manure and compost and T6; fertilization with chemical fertilizer, manure, compost and fermented bio-extract product from fish. According to the result, the properties of soil samplings were soil pH (5.45-6.00), bulk density (1.29-1.43 g/cm$^3$), organic matter (2.40-2.98%), total nitrogen (0.16-0.22%), available phosphorus (20.36-44.63 mg/kg) and available potassium (68.58-106.37 mg/kg). Soil fertility of pre-planting soil was moderate to high. Soil fertility of post- planting soil was considerably high.

**Keywords:** soil and fertilizer managements, soil fertility, paddy field, Phra Nakhon Si Ayutthaya province

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลการจัดการดินและปุ๋ยต่อความอุดมสมบูรณ์ดินนาครั้งนี้ ดำเนินการในพื้นที่เขตปฏิรูปที่ดิน อำเภอ บางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบผลการจัดการดินและปุ๋ยต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินนา ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ก่อนและหลังการปลูกข้าวในดินนาของเกษตรกรที่มีรูปแบบการจัดการดินและปุ๋ย 6 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของราชการ (กรมการข้าว) กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยตามอัตราแนะนำ (กรมวิชาการเกษตร) กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลสัตว์ กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลสัตว์ ร่วมกับปุ๋ยหมัก และกรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลสัตว์ ปุ๋ยหมัก และน้ำหมักชีวภาพ ผลการศึกษา พบว่า ดินก่อนและหลังปลูกข้าวทุกกรรมวิธีการจัดการดินและปุ๋ยทำให้ดินมีความเป็นกรด-ด่าง (5.45-6.00) ความหนาแน่นรวม (1.29-1.43 ก./ลบ.ซม.) ร้อยละอินทรียวัตถุในดิน (ร้อยละ 2.40-2.98) ไนโตรเจนรวม (ร้อยละ 0.16-0.22) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (20.36-44.63 มก./กก.) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (68.58-106.37 มก./กก.) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ดิน พบว่า ดินนาก่อนปลูกข้าวมีระดับความอุดมสมบูรณ์ดินปานกลางถึงสูง และดินนาหลังปลูกข้าวมีระดับความอุดมสมบูรณ์ดินสูง

**คำสำคัญ:** การจัดการดินและปุ๋ย ความอุดมสมบูรณ์ดิน นาข้าว จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

## คำนำ

การเพิ่มผลผลิตข้าวให้สูงขึ้นได้ ต้องมีการจัดการดินและปุ๋ยที่ดีและเหมาะสมกับลักษณะและสมบัติของดิน แต่โดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะนิยมเผาตอซัง และใช้ปุ๋ย รวมทั้งสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในรูปเคมีสังเคราะห์มากกว่ารูปอินทรีย์จากธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบปัญหาวิธีการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในอัตราที่สูง ใช้เกินความจำเป็น (ดวงพร, 2554) การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษาพื้นที่นาข้าวในเขตปฏิรูปที่ดิน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการจัดรูปที่ดิน และมีระบบชลประทานที่ดี เกษตรกร

[1] สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Department of Plant Production Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya province, 13000

[2] สาขาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[2] Department of Agriculture, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya province, 13000

ปลูกข้าวได้ปีละหลายครั้งมาอย่างต่อเนื่อง แต่เนื่องจากดินทั่วไปมี ลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว บางพื้นที่มีความเป็นกรดสูง (pH ต่ำ) เป็นปัญหาต่อการดูดซับธาตุอาหารของพืช และการผลิตข้าวให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี เกษตรกรที่ผลิตตามวิธีท้องถิ่น มีการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ในขณะที่เกษตรกรบางกลุ่มมีการพัฒนาการผลิตข้าวโดยเข้าสู่มาตรฐาน GAP สำหรับข้าวเพื่อใช้รับประทานและการแปรรูป (GAP Grain) แต่ยังไม่เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายในพื้นที่ ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาให้กับเกษตรกร จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการจัดการดินและปุ๋ยของเกษตรกรต่อสมบัติและความอุดมสมบูรณ์ดิน เพื่อให้ได้ข้อมูลการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงบำรุงดินนาข้าวและสามารถลดต้นทุนการผลิตข้าวได้ต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกพื้นที่ศึกษานาข้าวของเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดิน ตำบลช้างใหญ่ อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกัน เริ่มทำการศึกษาตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2558 โดยการสัมภาษณ์เกษตรกร และคัดเลือกเกษตรกรแบบเฉพาะเจาะจงที่ใช้รูปแบบการจัดการดินและปุ๋ยตามกรรมวิธีเดิมนั้นเป็นเวลา 2 ปี ขึ้นไป จำนวน 6 พื้นที่ จำแนกวิธีการจัดการดินและปุ๋ยของเกษตรกร เป็นกรรมวิธีในการทดลอง จำนวน 6 กรรมวิธี ได้แก่ 1 ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมการข้าว (ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 25 ก.ก./ไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 15 ก.ก./ไร่) กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยตามอัตราแนะนำกรมวิชาการเกษตร (2547) (ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 6-0-3 อัตรา 25 ก.ก./ไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี 6-0-3 อัตรา 25 ก.ก./ไร่) กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร (ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 25 ก.ก./ไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 25 ก.ก./ไร่) กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลสัตว์ (ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 10 ก.ก./ไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 10 ก.ก./ไร่ ใส่มูลโค อัตรา 1 ตันต่อไร่ ระหว่างไถพรวน) กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลสัตว์ และปุ๋ยหมัก (ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 15 ก.ก./ไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 5 ก.ก./ไร่ โดยใส่มูลโค อัตรา 1 ตันต่อไร่ และปุ๋ยหมักฟางข้าว อัตรา 1 ตันต่อไร่ ระหว่างไถพรวน) และกรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลสัตว์ ปุ๋ยหมัก และน้ำหมักชีวภาพ (ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 15 ก.ก./ไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 5 ก.ก./ไร่ โดยใส่มูลโค อัตรา 1 ตันต่อไร่ และใส่น้ำหมักชีวภาพจากปลาระหว่างไถพรวน) โดยกรรมวิธีที่ 1, 2 และ 3 เป็นกรรมวิธีของเกษตรที่ไม่ได้เข้าระบบ GAP มีการเผาตอซังข้าวก่อนปลูก และกรรมวิธีที่ 4, 5 และ 6 เป็นกรรมวิธีของเกษตรกรที่เข้าระบบการผลิตข้าวในระบบ GAP ข้าวสำหรับรับประทานและการแปรรูป (GAP Grain) มีการเตรียมดินโดยการไม่เผาตอซังแต่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำหรือน้ำหมักย่อยสลายตอซังแทน ทำการเก็บตัวอย่างดิน จากนาข้าวของเกษตรกรในแต่ละกรรมวิธี จำนวน 4 แปลง (ซ้ำ) เก็บตัวอย่างดินโดยมีการรบกวน (Dissturbed Soil) ด้วยสว่านเจาะดิน และกำหนดจุดที่สุ่มในแต่ละแปลง จำนวน 6 จุด นำมารวมกันเป็นตัวแทนดินในแปลงนั้น 1 ตัวอย่าง โดยเก็บดินที่ระดับความลึก 0-30 ซม. และวิธีเก็บตัวอย่างดินโดย ไม่รบกวน (Undissturbed Soil) โดยกำหนดจุดสุ่มเก็บ 5 จุด ต่อแปลง ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร อบดินที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และคำนวณหาค่าความหนาแน่นรวมของดิน การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใช้เกณฑ์ประเมินกองสำรวจดิน (2523) นำตัวอย่างดินที่เก็บจากภาคสนามมาผึ่งลมให้แห้ง (air dry) บดและร่อนผ่านตะแกรง 2 มม. วิเคราะห์สมบัติดินตามวิธีมาตรฐาน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นรวม ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ร้อยละความอิ่มตัวของเบส ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ นำข้อมูลดินมาวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### สมบัติดิน

ความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนปลูกข้าวเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง และความเป็นกรด-ด่างของดินหลังปลูกข้าวเป็นกรดปานกลาง ความหนาแน่นรวมของดินก่อนปลูกข้าว มีค่าระหว่าง 1.29-1.44 ก./ลบ.ซม. และความหนาแน่นรวมของดินหลังการปลูกข้าว มีค่าระหว่าง 1.30-1.43 ก./ลบ.ซม. (Table 1) การจัดการดินและปุ๋ยแบบเข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธีมีผลต่อความหนาแน่นรวมของดินมีค่าต่ำกว่าการจัดการดินและปุ๋ยแบบไม่เข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธี ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการดินและปุ๋ยแบบเข้าระบบ GAP เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยหมักช่วยส่งเสริมให้อนุภาคดินจับตัวเป็นก้อนหรือเป็นเม็ดดิน ไม่อัดตัวกันแน่น ดินมีสภาพร่วนซุยมากขึ้น และการถ่ายเทน้ำและอากาศดีขึ้น (บัญชา, 2552) การใช้มูลสัตว์เหลวใส่ลงไปในดิน มีผลให้ความหนาแน่นดินรวมในชั้นดินลดลง เนื่องจากอนุภาคดินรวมตัวกันใหญ่ขึ้น มีช่องว่างขนาดใหญ่ในดิน

เพิ่มขึ้นนั่นเอง (Mellek และคณะ, 2553) ด้านร้อยละอินทรียวัตถุในดิน พบว่า ร้อยละอินทรียวัตถุในดินก่อนปลูกข้าว มีค่าระหว่าง 2.40-2.89 และร้อยละอินทรียวัตถุในดินหลังปลูกข้าว มีค่าระหว่าง 2.47-2.98 (Table 1) การจัดการดินและปุ๋ยแบบเข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธีมีอิทธิพลต่อร้อยละอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าการจัดการดินและปุ๋ยแบบไม่เข้าระบบ GAP ทั้งก่อนและหลังปลูกข้าว ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการดินและปุ๋ยแบบเข้าระบบ GAP มีการจัดการฟางและตอซังข้าวด้วยการหมักลงไปในดิน และมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย ซึ่งดินที่ใส่ฟางข้าวสับ หรือฟางข้าวเผา หรือปุ๋ยอินทรีย์จะมีร้อยละอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าดินธรรมดา (เครือมาศ, 2556) ด้านร้อยละไนโตรเจนรวมในดินก่อนและหลังปลูกข้าว พบว่า ร้อยละไนโตรเจนรวมในดินก่อนปลูกข้าว มีค่าระหว่าง 0.18-0.22 และร้อยละไนโตรเจนรวมในดินหลังปลูกข้าว มีค่าระหว่าง 0.16-0.22 (Table 1) ด้านปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน พบว่า ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนปลูกข้าว มีค่าระหว่าง 20.36-44.63 มก./กก. และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกข้าว มีค่าระหว่าง 25.86-40.86 มก./กก. (Table 1) โดยการจัดการดินและปุ๋ยแบบไม่เข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกข้าวเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในดินก่อนปลูกข้าวปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 มีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (16-25 มก./กก.) เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีลงไปในดินจึงสามารถเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้อีก เกษตรกรใส่ปุ๋ยและเติมปูนต้นฤดูปลูกข้าว ส่งผลให้ความเป็นกรดของดินลดลงทำให้ฟอตเฟตละลายออกมาได้มากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ในขณะที่การจัดการดินและปุ๋ยแบบเข้าระบบ GAP ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในทุกกรรมวิธีมีค่าอยู่ในระดับสูง (มากกว่า 26 มก./กก.) ทั้งก่อนและหลังปลูกข้าว ประกอบกับดินนาในพื้นที่ศึกษาเป็นกลุ่มดินเนื้อละเอียด เมื่อขังน้ำเพื่อทำนาจะส่งผลให้ปริมาณฟอสเฟตในดินละลายได้มากขึ้น (ทัศนีย์, 2550) ด้านปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนและหลังปลูกข้าว พบว่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนปลูกข้าว มีค่าระหว่าง 68.58-106.37 มก./กก. และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกข้าว มีค่าระหว่าง 76.21-96.24 มก./กก. อย่างไรก็ตาม การจัดการดินและปุ๋ยแบบไม่เข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกข้าวเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในดินก่อนปลูกข้าวปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีลงไปในดินจึงสามารถเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้อีก

**ความอุดมสมบูรณ์ดิน**

ด้านความอุดมสมบูรณ์ดิน ผลการศึกษาพบว่า ดินนาก่อนปลูกข้าวที่มีการจัดการดินและปุ๋ยแบบไม่เข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธีมีค่าคะแนนรวมของระดับการประเมินความอุดมสมบูรณ์ดินอยู่ในระดับปานกลาง และดินนาก่อนปลูกข้าวที่มีการจัดการดินและปุ๋ยแบบเข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธีมีค่าคะแนนรวมของระดับการประเมินความอุดมสมบูรณ์ดินอยู่ในระดับสูง (Table 2) และผลการจัดการดินและปุ๋ยหลังปลูกข้าวพบว่าการจัดการดินและปุ๋ยแบบทั้งแบบไม่เข้าระบบ GAP และเข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธีมีค่าคะแนนรวมของระดับการประเมินความอุดมสมบูรณ์ดินอยู่ในระดับสูง (Table 3) แสดงให้เห็นว่า การจัดการดินและปุ๋ยแบบไม่เข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธีส่งผลต่อการเพิ่มระดับความอุดมสมบูรณ์ดินจากระดับปานกลางให้อยู่ในระดับ สูงได้ ในขณะที่การจัดการดินและปุ๋ยแบบเข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธีนั้นส่งผลให้ระดับดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงทั้งก่อนและหลังการปลูกข้าว เนื่องจากดินในพื้นที่ศึกษาเป็นดินเหนียว และเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูงมาอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดินได้รับองค์ความรู้ด้านเทคนิคการปลูกข้าว การเตรียมดิน การกำจัดศัตรูพืชจากการอบรมของหน่วยงานต่างๆ รู้จักประยุกต์ใช้ความรู้ เอาใจใส่ดูแลการผลิตเป็นอย่างดี (อารีวรรณ, 2555)

## สรุปผล

ผลการจัดการดินและปุ๋ยแบบไม่เข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธี มีผลต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ดินนาก่อนปลูกมีค่าคะแนนรวมของระดับการประเมินความอุดมสมบูรณ์ดินอยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่ผลการจัดการดินและปุ๋ยแบบเข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธี มีผลต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ดินนาก่อนปลูกมีค่าคะแนนรวมของระดับการประเมินความอุดมสมบูรณ์ดินอยู่ในระดับสูง ด้านผลการจัดการดินและปุ๋ยหลังปลูกข้าวพบว่าการจัดการดินและปุ๋ยทั้งแบบไม่เข้าระบบ GAP และแบบเข้าระบบ GAP ทุกกรรมวิธีมีค่าคะแนนรวมของระดับการประเมินความอุดมสมบูรณ์ดินอยู่ในระดับสูง

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่สนับสนุนทุนสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2547, คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีนาข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน, สถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการเกษตร.

กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบทางเคมีของดิน, กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

กองสำรวจดิน, 2523, คู่มือจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับนาข้าว, กองสำรวจดิน, กรมพัฒนาที่ดิน.

ดวงพร วิธูรจิตต์, 2554, การจัดเขตศักยภาพการผลิตข้าวในเขตจังหวัดชัยนาท, ในสัมมนาวิชาการกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง, วันที่ 14-16 กุมภาพันธ์ 2554, กรุงเทพฯ. 139-150 น.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น , พิมพ์ครั้งที่ 8 ภาควิชาปฐพีวิทยามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 547 น.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2550, ดินที่ใช้ปลูกข้าว, ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บัญชา รัตนีทู, 2552, ปุ๋ยอินทรีย์ฟื้นฟูสภาพดิน, วารสารนราธิวาสราชนครินทร์, (2): 1-16.

อารีวรรณ เซ่งตระกูล, 2555, รายงานการวิจัยการวิเคราะห์เปรียบเทียบการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวตามวิถีท้องถิ่นกับการผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในเขตที่ดินชลประทาน, สำนักงานปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม.

Mellek, J.E., Dieckow, J., Silva, V.L., Favaretto, N., Pauletti, V., Vezzani, F.M. and Souza, J.L., 2010, Dairy Liquid Manure and No-tillage: Physical and Hydraulic Properties and Carbon Stocks in a Cambisol of Southern Brazil, Soil and Tillage Research,110: 69-76.

**Table 1** Soil properties at pre planting and post planting.

| Treatment | pH (1:1) | | Bulk density ($g/cm^3$) | | Organic matter (%) | | Total nitrogen (%) | | Avail. P (mg/kg) | | Avail. K (mg/kg) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pre | post | pre | post | pre | post | pre | post | pre | post | pre | post |
| 1 | 5.45 d | 5.65 c | 1.44 a | 1.43 a | 2.43 c | 2.47 b | 0.18 bc | 0.16 c | 20.36 d | 32.80 ab | 72.25 c | 76.21 c |
| 2 | 5.65 cd | 5.82 b | 1.39 ab | 1.38 a | 2.40 c | 2.49 b | 0.19 bc | 0.18 b | 24.73 cd | 25.86 b | 68.58 c | 79.89 c |
| 3 | 5.88 ab | 5.85 ab | 1.39 ab | 1.38 a | 2.45 c | 2.55 b | 0.20 ab | 0.19 b | 35.50 abc | 40.81 a | 85.94 b | 84.34 bc |
| 4 | 5.92 ab | 5.96 ab | 1.32 bc | 1.31 b | 2.74 b | 2.89 a | 0.17 c | 0.17 bc | 26.39 bcd | 32.73 ab | 100.76 a | 97.50 a |
| 5 | 5.88 ab | 6.00 a | 1.29 c | 1.30 b | 2.74 b | 2.88 a | 0.20 ab | 0.19 b | 44.63 a | 40.86 a | 101.30 a | 93.39 ab |
| 6 | 5.74 bc | 6.00 a | 1.32 bc | 1.32 b | 2.89 a | 2.98 a | 0.22 a | 0.22 a | 37.13 ab | 37.23 a | 106.37 a | 96.24 ab |
| F-test | ** | * | * | ** | * | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| CV% | 2.64 | 2.38 | 3.73 | 2.66 | 8.06 | 8.50 | 9.60 | 8.46 | 16.95 | 11.21 | 12.17 | 10.67 |

* Different letters within the column indicate significant differences ($P \leq 0.05$) ** Different letters within the column indicate significant differences ($P \leq 0.01$)

**Table 2** Soil fertility at post planting.

| Treatment | Organic matter | | Avail. P | | Avail. K | | CEC | | BS | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | point | mg/kg | point | mg/kg | point | cmol/kg | point | % | point | point |
| 1 | 2.43 | 2 | 20.36 | 2 | 72.25 | 2 | 19.09 | 2 | 42.81 | 2 | 10 |
| 2 | 2.40 | 2 | 24.73 | 2 | 68.58 | 2 | 14.01 | 2 | 51.31 | 2 | 10 |
| 3 | 2.45 | 2 | 35.50 | 3 | 85.94 | 2 | 16.76 | 2 | 54.84 | 2 | 11 |
| 4 | 2.74 | 2 | 26.39 | 3 | 100.76 | 3 | 20.67 | 3 | 50.76 | 2 | 13 |
| 5 | 2.74 | 2 | 44.63 | 3 | 101.30 | 3 | 21.42 | 3 | 43.87 | 2 | 13 |
| 6 | 2.89 | 2 | 37.13 | 3 | 106.37 | 3 | 24.24 | 3 | 50.61 | 2 | 13 |
| F-test | * | | ** | | ** | | ns | | ns | | |
| CV% | 8.06 | | 26.95 | | 12.17 | | 27.12 | | 16.17 | | |

* Different letters within the column indicate significant differences ($P \leq 0.05$) ** Different letters within the column indicate significant differences ($P \leq 0.01$)

**Table 3** Soil fertility at post planting.

| Treatment | Organic matter | | Avail. P | | Avail. K | | CEC | | BS | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | point | mg/kg | point | mg/kg | point | cmol/kg | point | % | point | point |
| 1 | 2.47 | 2 | 32.80 | 3 | 76.21 | 3 | 24.93 | 3 | 43.02 | 2 | 13 |
| 2 | 2.49 | 2 | 25.86 | 3 | 79.89 | 3 | 21.31 | 3 | 49.14 | 2 | 13 |
| 3 | 2.55 | 2 | 40.81 | 3 | 84.34 | 3 | 23.56 | 3 | 47.02 | 2 | 13 |
| 4 | 2.89 | 2 | 32.73 | 3 | 97.50 | 3 | 27.38 | 3 | 49.77 | 2 | 13 |
| 5 | 2.88 | 2 | 40.86 | 3 | 93.39 | 3 | 25.30 | 3 | 44.89 | 2 | 13 |
| 6 | 2.98 | 2 | 37.23 | 3 | 96.24 | 3 | 25.35 | 3 | 46.15 | 2 | 13 |
| F-test | * | | ** | | ** | | ns | | ns | | |
| CV% | 8.50 | | 21.21 | | 10.67 | | 19.35 | | 11.80 | | |

* Different letters within the column indicate significant differences ($P \leq 0.05$) ** Different letters within the column indicate significant differences ($P \leq 0.01$)

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 333-336 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 333-336 (2558)

# การประเมินศักยภาพและข้อจำกัดเชิงพื้นที่ในการผลิตกระเทียมกรณีศึกษาพื้นที่ทำการเกษตร บ้านหมอกจำแป่และสะงา อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน

# Assessment of Spatial Potential in Garlic Production: Case Study at Mokjampere and Sagha, Meung District, Maehonson Province

**วาสนา วิรุญรัตน์**[1] **และ ปรีดา นาเทเวศน์**[2]

Wiroonrat, W.[1] and Nathewet, P.[2]

## Abstract

The assessment of the potential and spatially limitation for garlic crops in Mokjampae and Sagha village, Meung district, Maehongson provinces using Geographic Information System together with Analytic Hierarchy Process were conducted. Promote factor and limited factor including physical spatial, weather water resources, and soil properties. The result shown that the potential for planting garlic after rice in summer season because Masagha river has flow all year round and Garlic production areas of both villages were pressed on two sides of the river and had distance from river less than 500 meters. However, there were limitation in soil properties such as low drainage ability and acidity. The result of assessments of all factor could be classified the level of area suitability for growing garlic for Monkjampae village into less suitable (74.03%) and no suitable (25.97%), and Maesagha village into no suitable (87.51%) and less suitable (11.92%).

**Keywords:** Analytic Hierarchy Process, garlic, potential, limitation

## บทคัดย่อ

การประเมินศักยภาพและข้อจำกัดเชิงพื้นที่ในการผลิตกระเทียมของเกษตรกร บ้านหมอกจำแป่และสะงา อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ร่วมกับวิธีการตัดสินใจโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ทางเลือกแบบลำดับชั้น โดยนำปัจจัยทางกายภาพ สภาพอากาศ แหล่งน้ำ คุณสมบัติดิน จากผลการศึกษาพบว่า พื้นที่นี้มีศักยภาพในการปลูกพืชกระเทียมฤดูแล้ง เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกอยู่ใกล้แม่น้ำสะงาในรัศมีไม่เกิน 500 เมตร ซึ่งมีน้ำไหลผ่านตลอดทั้งปี แต่มีข้อจำกัดในด้านคุณสมบัติดิน กล่าวคือ ดินมีการระบายน้ำเลว และเป็นกรดจัด เมื่อนำปัจจัยต่างๆมาประเมินร่วมกัน สามารถจำแนกระดับความเหมาะสมของพื้นที่ดังนี้ พื้นที่ปลูกกระเทียมบ้านหมอกจำแป่ มีความเหมาะสมน้อยคิดเป็นร้อยละ 74.03 และไม่เหมาะสมคิดเป็นร้อยละ 25.97 สำหรับพื้นที่ปลูกกระเทียมบ้านสะงานั้นไม่มีความเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 87.51 และเหมาะสมน้อย คิดเป็นร้อยละ 11.92

**คำสำคัญ**: กระบวนการวิเคราะห์ทางเลือกแบบลำดับชั้น กระเทียม ศักยภาพและข้อจำกัด

## คำนำ

กระเทียมเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทย นอกจากใช้เป็นส่วนประกอบอาหารแล้วยังเป็นพืชสมุนไพรรักษาโรคหลายชนิด พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคเหนือ โดยเฉพาะเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง พะเยา และแม่ฮ่องสอน ผลผลิตกระเทียมใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศในรูปของกระเทียมสดและแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหารหรือสมุนไพร ฤดูกาลที่นิยมปลูกกระเทียมอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม โดยปลูกเป็นพืชหลังนา และเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน (อรสา และจิราภา, 2551)

พื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนเป็นแหล่งผลิตกระเทียมมากเป็นอันดับ 2 ของประเทศรองจากเชียงใหม่ โดยมีพื้นที่ปลูกในปี 2557 จำนวน 19,282 ไร่ ให้ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 978 กก.ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยผลผลิตกระเทียมทั้งภาคเหนือ (905

---

[1] หลักสูตรปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

[1] Soil science curricular, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290

[2] หลักสูตรพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

[2] Horticulture curricular, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, 50290

กก./ไร่) (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2558) อย่างไรก็ตามเกษตรกร ยังประสบปัญหาราคากระเทียมไม่มีเสถียรภาพ และต้นทุนการผลิตสูง เนื่องจากความต้องการของตลาดมีอยู่อย่างจำกัด แต่เกษตรกรเพิ่มพื้นที่เพาะปลูก และส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยและสารเคมีไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของกระเทียม และยังส่งผลทำให้เกิดปัญหาเรื่องโรคระบาดอาทิ โรคเหี่ยวจากเชื้อรา โรครากเน่าและโคนเน่า โรคแอนแทรคโนส และโรคใบจุดสีม่วงในพื้นที่อีกด้วย (คมชัดลึกออนไลน์, 2557) แต่ในขณะเดียวกันยังมีเกษตรกรบางรายที่ยังสามารถผลิตกระเทียมคุณภาพตามที่ตลาดต้องการ และได้รับผลกระทบจากการระบาดของโรคน้อย (ปรีดาและคณะ, 2556) แสดงให้เห็นว่า ความแตกต่างเชิงกายภาพพื้นที่ และการจัดการของเกษตรกร น่าจะมีผลต่อผลผลิตกระเทียมของเกษตรกรที่จะได้รับ ซึ่งจากข้อสันนิษฐาน สอดคล้องกับนโยบายของกรมวิชาการเกษตรที่มีแนวทางในการบริหารจัดการสินค้ากระเทียม โดยหนึ่งในแนวทางนั้นคือ การควบคุมพื้นที่การผลิตให้อยู่ในแหล่งผลิตที่มีสภาพแวดล้อมที่กระเทียมต้องการ(crop requirement) และผลักดันให้เป็นสินค้าที่ ดังนั้นผู้วิจัยที่ได้ประเมินศักยภาพและข้อจำกัดของพื้นที่ปลูกกระเทียมโดยใช้ระบบภูมิสารสนเทศภูมิศาสตร์ รวมกับการวิเคราะห์หลายหลักเกณฑ์ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรทราบและสามารถแก้ไขข้อจำกัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการจัดการที่เหมาะสมได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

1.พัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่โดยทำการสำรวจ เก็บรวบรวม วิเคราะห์ และสร้างข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ในด้านกายภาพและชีวภาพ (ได้แก่ ข้อมูลทรัพยากรที่ดิน ดิน น้ำ ป่าไม้, ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ, ข้อมูลลุ่มน้ำ, ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และกิจกรรมทางการเกษตร) เพื่อทำความเข้าใจพื้นที่และระบบนิเวศน์การผลิตกระเทียมของพื้นที่ทำการเกษตรบ้านหมอกจำแป่และสะงา อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน โดยมีพื้นที่ประมาณ 819.36 และ 716.05 ไร่ ตามลำดับ

2. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีดินที่ใช้ในการเพาะปลูกกระเทียม โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดิน 12 แปลง และทำการวิเคราะห์ คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดด่างของดิน (pH) เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ (%organic matter) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (available P) และปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K)

3. สัมภาษณ์เกษตรกรเจ้าของแปลงที่สุ่มเก็บตัวอย่างดินเกี่ยวกับการเตรียมดิน การใส่ปุ๋ย การดูแลรักษา การกำจัดโรค-แมลง การควบคุมวัชพืช ตลอดจนวิธีการเก็บเกี่ยว ปัญหาในการเพาะปลูก ปริมาณและราคาผลผลิต

4. ประเมินศักยภาพของพื้นที่ตามความเหมาะสมของที่ดิน โดยจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและส่งผลกระทบต่อผลผลิตกระเทียม ใช้กระบวนการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (analytic hierarchy process; AHP) ของ Saaty (1980) ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (geographic Information system: GIS) กำหนดค่าความสำคัญของหลักเกณฑ์(criterion weighting) โดยนักวิชาการที่มีความเชี่ยวชาญและเกษตรกรที่มีประสบการณ์ และกำหนดค่ามาตรฐานของหลักเกณฑ์(criterion standardization) โดยปรับปรุงจากหลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (บัณฑิต และคำรณ, 2542) ซึ่งอาศัยกรอบการประเมินคุณภาพที่ดินของ FAO (1976) (Table 1) และจัดทำแผนที่ความเหมาะสมซึ่งแสดงถึงศักยภาพของพื้นที่ในการปลูกกระเทียมแบ่งเป็น 4 ชั้น (1) ชั้นที่มีความเหมาะสมมาก (highly suitable; S1) (2) ชั้นที่มีความเหมาะสมปานกลาง (moderately suitable; S2) (3) ชั้นที่มีความเหมาะสมเล็กน้อย (marginally suitable; S3) และ(4) ชั้นที่ไม่มีความเหมาะสม (not suitable; N) โดยนำผลการศึกษาพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติดินร่วมและการจัดการของเกษตร เพื่อให้ได้แนวทางในการจัดการแปลงปลูกกระเทียมอย่างมีประสิทธิภาพเฉพาะพื้นที่

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพที่สอดคล้องและเหมาะสมกับการปลูกกระเทียม (Figure 1) พบว่า พื้นที่ปลูกกระเทียมบ้านหมอกจำแป่มีความเหมาะสมน้อย (S3) และไม่เหมาะสม (N) คิดเป็นร้อยละ 74.03 และ 25.97 ตามลำดับ สำหรับบ้านสะงามีความเหมาะสมปานกลาง (S2) เหมาะสมน้อย (S3) และไม่เหมาะสม (N) คิดเป็นร้อยละ 0.56 11.92 และ 87.51 ตามลำดับ (Table 2) ถึงแม้ว่าพื้นที่ดังกล่าวจะมีระบบชลประทานที่ดี ทำให้เกษตรกรทั้งสองหมู่บ้านสามารถปลูกกระเทียมในฤดูแล้งได้ แต่เนื่องจากข้อจำกัดของเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียว และดินเหนียวการระบายเลวถึงค่อนข้างเลว ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกกระเทียม (Aaron, 1997) มีแนวทางในการแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวโดย ยกร่องให้สูงขึ้นและเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุเพื่อปรับปรุงโครงสร้างดิน ซึ่งจากผลวิเคราะห์ดินพบว่า ร้อยละ 66.7 ของแปลงที่สุ่มเก็บตัวอย่างบ้านหมอกจำแป่ และร้อยละ 80 ของแปลงที่สุ่มเก็บตัวอย่างบ้านสะงา มี% organic

matter <2.5% อีกทั้งเมื่อพิจารณา pH ของดิน พบว่า เป็นกรดรุนแรงถึงกรดจัด (pH 4.0-4.4 ถึง 4.5-5.5) คิดเป็นร้อยละ 83.3 และ 80 ของแปลงที่สุ่มเก็บตัวอย่างบ้านหมอกจำแป่และสะงาตามลำดับ เนื่องจาก pH เป็นปัจจัยสำคัญมีส่งผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน อีกทั้งหากดินเป็นกรดจัดจะช่วยเพิ่มความเสี่ยงให้เกิดโรคระบาดในแปลงปลูกกระเทียมได้อีกด้วย โดยเฉพาะโรครากเน่าโคนเน่า ดังนั้นเกษตรกรควรหันมาให้ความสำคัญกับการปรับ pH ดินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกระเทียมให้สูงขึ้น

## สรุปผล

การจัดการของเกษตรกร สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกระเทียมในพื้นที่เหมาะสมน้อยหรือไม่เหมาะสมได้ โดยในพื้นที่ศึกษาบ้านหมอกจำแป่และสะงา เกษตรกรควรให้ความสำคัญกับการปรับปรุงโครงสร้างของดิน โดยการเพิ่มอินทรียวัตถุ และควรยกร่องให้สูงกว่าเดิม เพื่อเพิ่มการระบายน้ำและช่องว่างในดิน ร่วมกับการปรับปรุงpH ดินในการเตรียมดินทุกฤดูกาลผลิต เพื่อเพิ่มการดูดใช้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์กับพืชและลดปัญหาเรื่องการเกิดโรคในแปลง โดยเฉพาะรากเน่าโคนเน่า

## เอกสารอ้างอิง


คมชัดลึกออนไลน์, 2557, เร่งพลักดันผลิตกระเทียมคุณภาพ หวังสู้ 'จีน-พม่า-เวียดนาม' รับเออีซี [สืบค้น], http://www.komchadluek.net/detail/20140106/176120.html, [15/ March/ 14].

บัณฑิต ตัณศิริ และคำรณ ไทรฟัก, 2542, คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดิน (Qualitative Land Evaluation) สำหรับพืชเศรษฐกิจ (ฉบับปรับปรุง), เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 2/2535, กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพ.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2558, ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร: กระเทียม [สืบค้น], http://www.oae.go.th/download/prcai/vegetable/garlic.pdf, [15/ March/ 14].

อรสา ดิสภาพร และจิราภา จอมไทสง, 2551, การศึกษาแนวทางการบริหารจัดการสินค้ากระเทียม, รายงานการวิจัยสำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, 114 หน้า.

Aaron, C., 1997, The Great Garlic Book: A Guide with Recipes, Berkley, California: Ten Speed Press.

FAO, 1976, A Framework for Land Evaluation, Soils Bulletin 32 FAO Publication, Rome.

Saaty, T.L., 1980, The Analytic Hierarchy Process, McGraw Hill Company, New York.


## คำขอบคุณ


ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยมาโดยตลอด

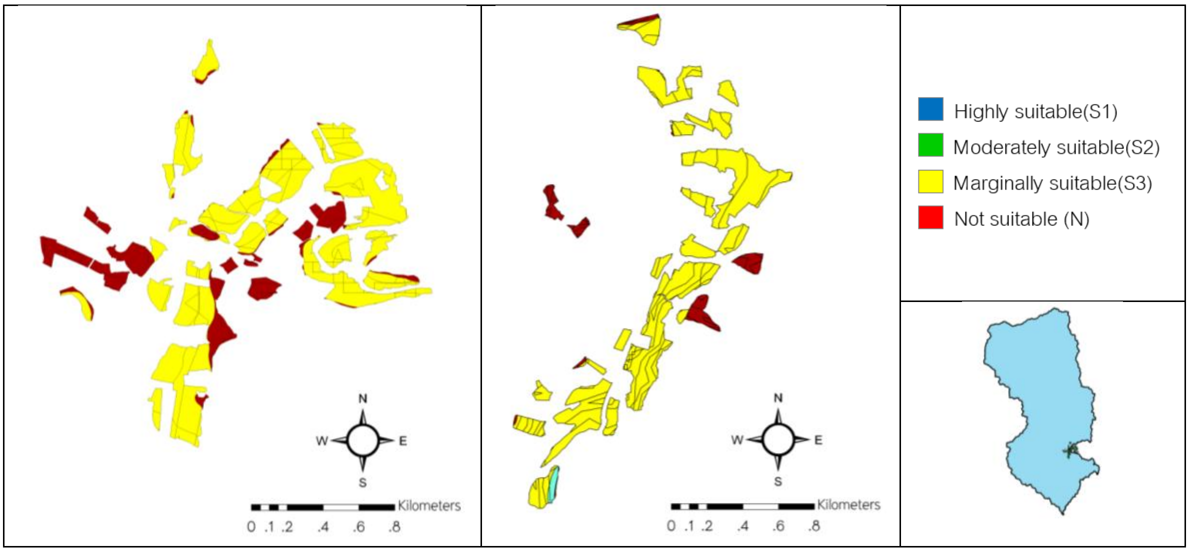




**Figure 1** Suitability level of garlic production in Mokjampere and Sagha village

**Table 1** criterion weighting and criterion standardization for assessment of spatial potential in garlic

| Crop requirements | | | criterion weighting | criterion standardization | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Land Quality | Diagnostic factor | unit | | S1 | S2 | S3 | N |
| Temperature Regime (t) | Mean temperature in growing period | C | 0.118 | 18-20 | 21-24<br>17-25 | 25-30<br>14-12 | > 30<br>< 12 |
| Moisture Availability (m) | Water requirement in growing period | mm. | 0.099 | 350-500 | 250-350 | 200-250 | < 200 |
| Oxygen Availability (o) | Soil Drainage* | Class | 0.239 | 4,5,6 | - | 3 | 1,2 |
| Nutrient Availability (s) | N | % | 0.075 | >0.2 | 0.2-0.1 | <0.1 | |
| | Available P | ppm | 0.061 | > 25 | 6-25 | <6 | |
| | Available K | ppm | 0.113 | > 60 | 30-60 | < 30 | |
| | Organic matter | % | 0.078 | >2.5 | 1-2.5 | <1 | |
| | Reaction (pH) | | 0.173 | 5.6-6.5 | 6.6-7.3<br>5.1-5.5 | 7.4-8.4<br>4.5-5.0 | > 8.4<br>< 4.5 |
| Erosion Hazard (e) | Slope** | Class | 0.046 | A | BC | D | > D |
| Total criterion weighting | | | 1.000 | | | | |

Remark* **Soil drainage class**: 1=very poorly drained, 2= poorly drained, 3= somewhat poorly drained, 4= moderately drained, 5= well drained and 6= somewhat excessively drained

**Slope class**: A= flat or almost flat, B= slightly undulating, C= undulating, D= rolling, E= hilly, F=steep, G= very steep and H= very high steep

**Table 2** Area as suitability level of garlic production in Mokjampere and Sagha village

| suitability level | Mokjampere | | Sagha | |
|---|---|---|---|---|
| | Area (Rai) | Percent | Area (Rai) | Percent |
| Moderately suitable (S2) | 0.00 | 0.00 | 4.03 | 0.56 |
| Marginally suitable (S3) | 606.58 | 74.03 | 85.38 | 11.92 |
| Not suitable (N) | 212.77 | 25.97 | 626.64 | 87.51 |
| **Total** | 819.36 | 100.00 | 716.05 | 100.00 |

# การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวงเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

## Antioxidant Activity of *Nelumbo nucifera* and Development of Cereal Bar

**สุรัตน์วดี วงค์คลัง[1] เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์[1] และ อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์[1]**

Wongklang, S.[1], Steinrut, L.[1] and Oupathumpanont, O.[1]

### Abstract

*Nelumbo nucifera* Gaertn. (Lotus) is an aquatic plant. It is reported to have diuretic and hypoglycemic activities. The objectives of this study were to investigate the antioxidant activity, total phenolic content of *Nelumbo nucifera* (parts used: petal, pollen, seed, embryo, torus, leaf, young leaf, petal stalk, bud and root) and to evaluate the levels of antioxidants of lotus fortification in Cereal Bar. The antioxidant activity was investigated by DPPH radical scavenging. The petal extract exhibited the highest antioxidant activity with $EC_{50}$ 12.78 µg/ml and also showed the highest total phenolic content of 143.54 mg GAE/g. The sensory evaluation showed the highest score (7.82) of Cereal Bar formula 3, which ingredients included 13% roasted glutinous rice, 9% baked cashew seed, 6% baked pumpkin seed, 7% baked sunflower seed, 10% roasted white sesame, 11% coconut sugar, 7% honey, 5% cane juice, 19% coconut milk and 13% glucose syrup. The 3 levels of petal concentration were fortified in Cereal Bar by 3, 6 and 9% respectively. The 6% petal indicated the highest score of color (7.31) odor (6.80) test (7.40) appearance (7.53) and overall liking (7.66) with significant difference ($P<0.05$)

**Keywords:** antioxidant activity, total phenolic content, Cereal Bar, *Nelumbo nucifera*

### บทคัดย่อ

บัวหลวง *Nelumbo nucifera* Gaertn.(Lotus) เป็นราชินีแห่งพื้นน้ำ มีฤทธิ์ขับปัสสาวะ และลดน้ำตาลในเลือด วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีโนลิกรวมจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง 10 ส่วน (กลีบดอก เกสร เมล็ด ดีบัว รังไข่ ใบอ่อน ใบแก่ ก้านดอก ไหล และราก) และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งที่เติมส่วนของบัวหลวงที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ผลการศึกษาพบว่าการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH กลีบบัวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยมีค่า $EC_{50}$ ต่ำสุด คือ 12.78 µg/ml และมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกรวมมากที่สุด เท่ากับ 143.54 mg GAE/g การศึกษาสูตรมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง 3 สูตร พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับสูตรมาตรฐานที่ 3 มากที่สุด (7.82) ซึ่งมีส่วนผสมประกอบด้วยข้าวเม่า 13% เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 9% เมล็ดฟักทองอบ 6% เมล็ดทานตะวันอบ 7% งาขาวคั่ว 10% น้ำตาลมะพร้าว 11% น้ำผึ้ง 7% น้ำอ้อย 5% กะทิ 19% และแบะแซ 13% การศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของธัญพืชชนิดแท่งที่เสริมกลีบบัวซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 3, 6 และ 9% พบว่าการเสริมกลีบบัว 6% ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุด ทั้งในด้านสี (7.31) กลิ่น (6.80) รสชาติ (7.40) ลักษณะ (7.53) และความชอบรวม (7.66) ซึ่งแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

**คำสำคัญ:** ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีโนลิกรวม ธัญพืชชนิดแท่ง บัวหลวง

### คำนำ

บัวหลวง *Nelumbo nucifera* Gaertn. มีชื่อสามัญว่า Lotus ชื่อเรียกอื่นๆ ได้แก่ บัวหลวง บุณฑริก ปทุม ปทุมมาลย์ สัตตบุษย์ สัตตบงกช และอุบล (เสริมลาภ, 2547) บัวหลวงถือว่าเป็นราชินีแห่งพื้นน้ำ มีถิ่นกำเนิดแถบเอเชีย สรรพคุณทางเภสัชวิทยา ดีบัวใช้เป็นส่วนผสมของยาแผนโบราณมีฤทธิ์ในการขยายหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ เมล็ดบัวบำรุงรักษาประสาทและไต แก้อาการท้องร่วง เกสรตัวผู้ใช้เป็นส่วนผสมของยาหลายชนิด เช่น ยาลม ยาหอม หรือยานัตถุ์ ก้านใบและก้านดอกนำมาทำยารักษาอาการท้องร่วง รากหรือเหง้านำมาต้มน้ำดื่มแก้ร้อนในกระหายน้ำ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2547) ฤทธิ์

[1] สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1] Department of food and Nutrition, Faculty of Home Economic Technology Rajamangala University of Technology Thanyaburi 39 Moo 1, Rangsit-Nakhonnayok Rd. , Klong 6, Thanyaburi Pathum Thani. 12110

ทางเภสัชวิทยาของบัวหลวงมีดังนี้ ในเกสรตัวผู้มีฤทธิ์ต้านเบาหวานซึ่งฤทธิ์ยับยั้ง rat lens aldose reductase (RLAR) และ advance glycation end products (AGE) และพบสารกลุ่มฟราโวนอยด์ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารแอลคาลอยด์ในบัวหลวงมีฤทธิ์ทำให้นอนหลับ ลดอาการปวด และแก้อักเสบ และสารสกัดเมทานอลจากเหง้าบัวสามารถลดพฤติกรรมและกิจกรรมต่างๆ ในสัตว์ สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) เป็นสารที่สามารถชะลอหรือป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย เช่น โปรตีน เอนไซม์ และดีเอ็นเอ (โอภา, 2537) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ และเบาหวาน (Chew และคณะ, 2008) พืชที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ จะมีสารประกอบหลักคือ สารฟีนอลิก ฟลาวานอยด์ และแอนโธไซยานิน ซึ่งพบทั่วไปในใบ ลำต้น และเปลือกของพืช (สมหมาย, 2551) ผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง หรือ Cereal bar ประกอบด้วยส่วนผสมที่เป็นชิ้นขนาดเล็กนำมาอัดเป็นแท่งโดยยึดด้วยสารยึดเกาะ (วรรภา, 2547) สำหรับประเทศไทยผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ส่วนมากเป็นอาหารว่างแบบพื้นบ้าน เช่น กระยาสารท ข้าวแตน ขนมนางเล็ด ถั่วตัด และถั่วกระจก เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวงเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมบัวหลวงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค และเป็นการพัฒนาศักยภาพอาหารท้องถิ่นและเศรษฐกิจชุมชน

## อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบและการสกัดสาร นำส่วนของบัวหลวงสัตตบงกชที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติจังหวัดนครปฐม 10 ส่วน คือ กลีบดอก เกสร ใบอ่อน ใบแก่ ไหล เมล็ด ดีบัว รากบัว ก้านดอก รังไข่ มาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 50°C แล้วนำไปบดให้ละเอียด หมักด้วยเอทานอล 95% นาน 3 วัน แล้วนำไประเหยแห้ง นำสารสกัดหยาบที่ได้ 3 ครั้ง มารวมกันไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45°C จนน้ำหนักคงที่ นำสารสกัดที่ได้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ของสารสกัด (% yield)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH assay (radical scavenging assay) หรือ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Yamasaki และคณะ (1994) โดยนำสารสกัดมาละลาย Absolute Ethanol ปรับให้มีความเข้มข้น 1, 10, 50, 100 µg/ml ทดสอบด้วยสารละลาย DPPH และใช้ BHT (Butylated hydroxytoluene) เป็นสารมาตรฐาน มาใส่ใน 96-well plate ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที ให้เกิดปฏิกิริยา นำไปวัดว่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเครื่อง microplate reader นำค่าที่ได้มาคำนวณค่า %Inhibition และคำนวณค่า Radical scavenging activity ($EC_{50}$) ด้วยโปรแกรม Prism program ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง นำไปคำนวณ % inhibition

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม การวัดปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Miliauskas และคณะ (2004) โดยสร้าง calibration curve จากสารละลายมาตรฐาน gallic acid 10 mg ใน Absolute Ethanol ความเข้มข้น 5, 10, 20, 40 ,80, 160 และ 200 µg/ml หยอดลงใน 96-well plate หลุมละ 20 µl เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu 100 µl และเติมสารละลาย sodium bicarbonate ($Na_2CO_3$) 80 µl ทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร แล้วทำการทดสอบสารสกัดชั้น Ethanol 10 mg แล้วทำการทดสอบเช่นเดียวกันกับสารมาตรฐาน ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง คำนวณหาปริมาณ total phenolic compound (µg/ml) จากกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน gallic acid ในรูป (µg GAE/mg)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาหาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการทำธัญพืชชนิดแท่งเสริมบัวหลวง โดยคัดเลือกจากสูตรมาตรฐานจำนวน 3 สูตร นำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้แบบทดสอบโดยการให้คะแนนทางประสาทสัมผัส ความชอบ 9 ระดับ (Hedonic 9-Point scale Test) ผู้ทดสอบ 50 คน เพื่อนำมาศึกษาปริมาณกลีบบัวหลวงอบแห้งที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งเสริมบัวหลวง

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของธัญพืชชนิดแท่งเสริมบัวหลวงอบแห้งซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด ในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 3, 6 และ 9% เวลาในการอบคือ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50°C มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นของบัวหลวง รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณสารสกัดของบัวหลวง (Table 1) การสกัดจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง 10 ตัวอย่าง โดยนำมาอบบดให้ละเอียด หมักและกรองแล้วระเหยแห้งจนได้สารสกัดหยาบ (Crude fiber) ปริมาณสารสกัดจากส่วนของบัวหลวงที่ได้สูงสุด

สามอันดับคือ ใบแก่ กลีบดอก และดีบัว ปริมาณสารสกัดที่ได้ 13.82%, 12.54% และ 10.53% ตามลำดับ การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Table 1) ด้วยวิธี DPPH assay โดยใช้ BHT เป็นสารมาตรฐานในการทดสอบ ซึ่งมีค่า $EC_{50}$ = 12.8±0.5 µg/ml พบว่าส่วนประกอบของบัวหลวงทั้ง 10 ส่วน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน กลีบดอกและก้านดอกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด โดยกลีบบัวมีค่า $EC_{50}$ ต่ำสุดคือ 12.78±0.44 µg/ml รองลงมาคือ ก้านดอกมีค่า $EC_{50}$ เท่ากับ 16.89±0.61 µg/ml ส่วนรังไข่และดีบัวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระปลานกลาง (37.70±1.28 และ 46.40±0.12 µg/ml ตามลำดับ) ส่วนรากมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยต่ำที่สุด มีค่า $EC_{50}$ เท่ากับ 68.04±1.11 µg/ml ส่วน เกสร, ใบอ่อน, ใบแก่, เมล็ด และไหลบัวไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ($EC_{50}$ > 100 µg/ml)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (Table 1) คำนวณได้จาก linear regression equation ของ standard curve ของกราฟ gallic acid (y = 0.0052x+0.0739, $R^2$ = 0.9997) โดย Y = gallic acid equivalents และ x = ค่าดูดกลืนแสงจากผลการทดลองสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของบัวหลวง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมแตกต่างกันพบว่า กลีบดอกมีสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด เท่ากับ 143.54±0.78 µg GAE/mg รองลงมาคือรังไข่ 116.63±0.64 µg GAE/mg ส่วนเมล็ด มีสารประกอบฟีนอลิกน้อยเท่ากับ 11.76±0.09 µg GAE/mg

การศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการทำธัญพืชชนิดแท่งเสริมบัวหลวงจำนวน 3 สูตร (Table 2) พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูตรมาตรฐานที่ 3 มากที่สุด (7.82) ทั้งในด้านสี (7.38) กลิ่น (7.10) รสชาติ (7.68) ลักษณะ (7.66) และความชอบรวม (7.82) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อนำมาดัดแปลงส่วนผสมประกอบด้วยข้าวเม่า 13% เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 9% เมล็ดฟักทองอบ 6% เมล็ดทานตะวันอบ 7% งาขาวคั่ว 10% น้ำตาลมะพร้าว 11% น้ำผึ้ง 7% น้ำอ้อย 5% กะทิ 19% และแบะแซ 13%

การศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงอบแห้งซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด ในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ (Table 3) คือ 3, 6 และ 9% พบว่า การเสริมกลีบบัว 6% ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ทั้งในด้านสี (7.31) กลิ่น (6.80) รสชาติ (7.40) ลักษณะ (7.53) และความชอบรวม (7.66) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

## สรุปผล

สารสกัดของกลีบบัวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด ส่วนสารสกัด ไหลบัว และเมล็ด ไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและมีปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกน้อย แสดงว่าปริมาณของสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่นๆ ที่ทำการศึกษา การศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของธัญพืชชนิดแท่งเสริมกลีบบัวหลวงอบแห้งซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด ในปริมาณที่ต่างกันผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับการเสริมกลีบบัว 6% มากที่สุด ทั้งในด้านสีที่เป็นธรรมชาติ รสชาติหวานพอดี ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความกรอบไม่เหนียวเคี้ยวง่าย และความชอบรวม แต่มีกลิ่นฉุนที่ค่อนข้างรุนแรงของกลีบบัวหลวงอบแห้ง ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้สามารถส่งเสริมสนับสนุนการใช้บัวหลวงในการดูแลสุขภาพ และลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ และส่งเสริมให้มีการบริโภคทั้งกลีบบัว และส่วนที่มีประโยชน์ทางสมุนไพรที่มีฤทธิ์ทางยาเพิ่มขึ้น ทั้งในเมนูอาหาร ขนม หรือพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร

## คำขอบคุณ

สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

## เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารสุข, 2547, สมุนไพรไทย-จีน, โรงพิมพ์การศาสนา, กรุงเทพฯ, 69-114.

วรรภา วงศ์แสงธรรม, 2547, การพัฒนากระบวนการผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่งจากคัพภะข้าวโพด, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย, ภาควิชาวิทยาศาตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมหมาย ปัตตาลี, 2551, การศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะหลอด, ปริญญาการศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

เสริมลาภ วสุรัตน์, 2547, บัวประดับในประเทศไทย 1, เนชั่นบุ๊คส์, กรุงเทพฯ.

โอภา วัชระคุปต์ ปรีชา บุญจูง จันทนา บุณยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง, 2537, สารต้านอนุมูลอิสระ, นนทบุรี, หน้า 1,39.

Chew, Y.L., Lim, Y.Y., Omar, M. and Khoo, K.S., 2008, Antioxidant Activity of Three Edible Seaweeds from Two Areas in South East Asia, LWT-Food Science and Technology, 41(6): 1067-1072.

Yamasaki, K, Hashimoto, A., Kokusenya, Y., Miyamoto, T. and Sato, T., 1994, Electrochemical Method for Estimating the Antioxidative Effects of Methanol Extracts of Crude Drugs, Chemical & Pharmaceutical Bulletin l, 42: 1663-1665.

Miliauskas, G., Venskutonis, P.R. and van Beek, T.A., 2004, Screening of Radical Scavenging Activity of Some Medicinal and Aromatic Plant Extracts, Food Chemistry, 85: 231-237.

**Table 1** Yield percentage and Antioxidant activities as being analyzed by DPPH and Total phenolic content of extract form ten parts of *Nelumbo nucifera*

| Type of *Nelumbo nucifera* | % yield | $EC_{50}$ values of DPPH Radical scavenging activity ($EC_{50}$±SEM, µg/ml) | Total phenolic content (µg GAE/mg) |
|---|---|---|---|
| 1. young leaf | 13.82 | >100 | 97.07±0.53 |
| 2. petal | 12.54 | 12.78±0.44 | 143.54±0.78 |
| 3. embryo | 10.53 | 46.40±0.12 | 51.08±0.58 |
| 4. pollen | 9.88 | >100 | 80.40±0.69 |
| 5. leaf | 8.08 | 50.33±0.57 | 64.96±0.87 |
| 6. torus | 6.87 | 37.70±1.28 | 116.63±0.64 |
| 7. bud | 6.77 | >100 | 22.73±0.91 |
| 8. petal stalk | 4.80 | 16.89±0.61 | 99.86±1.60 |
| 9. root | 3.96 | 68.04±1.11 | 46.72±0.64 |
| 10. seed | 2.37 | >100 | 11.76±0.09 |

**Table 2** Sensory evaluation of cereal bar products

| Attribute | Formula 1 | Formula 2 | Formula 3 |
|---|---|---|---|
| Color* | 6.80±1.14[b] | 6.50±1.57[b] | 7.38±1.07[a] |
| Smell* | 7.00±1.14[a] | 5.88±1.66[b] | 7.10±0.89[a] |
| Taste* | 7.20±1.09[b] | 5.82±1.26[c] | 7.68±0.98[a] |
| Texture* | 7.58±0.91[a] | 5.62±1.79[b] | 7.66±0.96[a] |
| Liking* | 7.64±1.03[a] | 6.22±1.36[b] | 7.82±0.90[a] |

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p < 0.05$)

[ns] Non significant difference ($p \geq 0.05$)

**Table 3** Sensory attribute scores of the cereal bar with petal of *Nelumbo nucifera products*

| Attribute | cereal bar with petal of *Nelumbo nucifera* products | | |
|---|---|---|---|
| | 3 % | 6 % | 9 % |
| Color* | 7.22±1.13[a] | 7.31±1.00[a] | 6.35±1.14[b] |
| Smell* | 6.92±1.13[a] | 6.80±1.05[a] | 6.26±1.15[b] |
| Taste* | 7.09±0.93[b] | 7.40±0.96[a] | 6.41±1.21[c] |
| Texture[ns] | 7.39±1.06[ab] | 7.53±1.10[a] | 7.17±1.21[b] |
| Overall acceptance* | 7.42±0.97[a] | 7.66±0.93[a] | 6.54±1.08[b] |

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p < 0.05$)

[ns] Non significant difference ($p \geq 0.05$)

# ผลของขนาดอนุภาคกากมะพร้าวผงต่อคุณภาพของโดนัทเค้กแบบอบ
## Effect of Particle Sizes of Coconut Residue Powder on Quality of Baked Cake Doughnut

**กนกภรณ์ เกตุศิริ**[1] **อโนชา สุขสมบูรณ์**[1] **และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์**[1]
Ketsiri, K.[1], Suksomboon, A.[1] and Limroongreungrat, K.[1]

### Abstract
Coconut residue, a by-product from coconut milk production, could be used as a source of dietary fiber in baked cake doughnuts. The research aim was to investigate the effect of particle sizes of coconut residue on doughnut quality. The coconut residue was prepared in a dried powder form with different particle sizes (>850, 500-850, 300-500 and 180-300 μm) and added in the cake doughnut premix at 5% by weight. The quality of doughnuts was analyzed and compared with the control (doughnut without coconut residue). The results indicated that the springiness of doughnuts decreased as the particle size decreased, whereas batter viscosity and doughnut firmness increased ($p<0.05$). The firmness of doughnut samples with coconut residue powder was higher than those of the control. However, specific volume and color values (L*, a*, b*) of all samples were not significantly different ($p\geq0.05$), and all samples were rated as slightly like to moderately like.
**Keywords:** particle size, coconut residue powder, baked cake doughnut

### บทคัดย่อ
กากมะพร้าวซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการกระบวนการผลิตกะทิสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์โดนัทเค้กแบบอบ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดอนุภาคของกากมะพร้าวต่อคุณภาพของโดนัท โดยเตรียมกากมะพร้าวในรูปผงแห้งที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน (>850, 500-850, 300-500 และ 180-300 ไมครอน) และนำมาเติมในส่วนผสมโดนัทเค้กในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก วิเคราะห์คุณภาพของโดนัทเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (โดนัทที่ไม่เติมกากมะพร้าว) ผลการทดลองพบว่าความยืดหยุ่นของโดนัทมีค่าลดลงเมื่อขนาดอนุภาคเล็กลงแต่ความหนืดของแบตเตอร์และความแน่นเนื้อของโดนัทมีค่าเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) โดยโดนัทที่เติมกากมะพร้าวผงมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าตัวอย่างควบคุม อย่างไรก็ตาม โดนัททุกตัวอย่างมีปริมาตรจำเพาะและค่าสี (L*, a*, b*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) และได้คะแนนความชอบโดยรวมในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง
**คำสำคัญ**: ขนาดอนุภาค กากมะพร้าวผง โดนัทเค้กแบบอบ

### คำนำ
กากมะพร้าวเป็นแหล่งที่ดีของเส้นใยอาหาร (dietary fiber) โดยมีปริมาณใยอาหารสูงถึง 60% โดยน้ำหนัก ซึ่งจำแนกเป็นเส้นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ 56% และเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ 4% จึงสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ขนมอบและผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (Functional food) โดยมีรายงานว่าใยอาหารช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ ได้แก่ เบาหวาน หลอดเลือดหัวใจ และมะเร็งลำไส้ นอกจากนี้ กระบวนการผลิตกากมะพร้าวผงไม่ซับซ้อนและลงทุนต่ำ จึงสามารถผลิตได้ทั้งในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และเล็ก เนื่องจากกากมะพร้าวเป็นผลพลอยได้หรือวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกะทิ (Trinidad และคณะ, 2006) โดนัทเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในประเทศไทยโดยเฉพาะในหมู่วัยรุ่น นิยมบริโภคเป็นอาหารว่าง เนื่องจากทำง่าย สะดวก และรวดเร็ว นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ส่วนผสมสำเร็จรูปได้ อย่างไรก็ตามโดนัทเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมัน และคาร์โบไฮเดรตสูง แต่มีปริมาณเส้นใยอาหารต่ำ การบริโภคต่อเนื่องเป็นเวลายาวนานอาจทำให้เกิดภาวะทางโภชนาการเกินและก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ ไขมันในโลหิตสูง เป็นต้น (รุจน์, 2542) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำกากมะพร้าวผงมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์โดนัทเค้กแบบอบเพื่อเพิ่มมูลค่าและขยายการใช้ประโยชน์ของกากมะพร้าวซึ่งเป็นผลพลอย

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, Tambon Saensuk, Amphor Muang, Chonburi 20131

ได้จากการผลิตกะทิบรรจุกระป๋อง อย่างไรก็ตามขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหารที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Ton และคณะ, 2005) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของขนาดอนุภาคของกากมะพร้าวผงต่อสมบัติทางกายภาพและคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดนัทเค้กแบบอบ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมกากมะพร้าวผง

เตรียมกากมะพร้าวผงโดยนำกากมะพร้าวส่วนที่เหลือจากกระบวนการผลิตกะทิมาทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed dryer, Model ZLG, China) อบแห้งที่อุณหภูมิ 60-70°C จนได้กากมะพร้าวที่มีความชื้นน้อยกว่า 3% ซึ่งมีขนาดอนุภาค 1400-2800 μm จากนั้นนำมาบดโดยใช้เครื่องบดความเร็วสูงที่ความเร็ว 25,000 รอบต่อนาที นำมาร่อนโดยใช้เครื่องร่อน (Retsch, Model VT 1000, Germany) ใส่ตัวอย่างกากมะพร้าวในตะแกรงร่อนที่มีขนาดใหญ่ซึ่งอยู่ชั้นบนสุดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.85, 0.50, 0.30 และ 0.18 มิลลิเมตร ตามลำดับ ตั้งค่าของเครื่องร่อนให้มีแอมพลิจูดของการสั่น 1 มิลลิเมตร เป็นเวลา 15 นาที กากมะพร้าวผงที่ร่อนได้มีขนาดอนุภาคต่างๆ ดังนี้ คือ >850 μm, 500-850 μm, 300-500 μm และ 180-300 μm ตามลำดับ

### ศึกษาผลของขนาดอนุภาคกากมะพร้าวผงต่อคุณภาพของโดนัทเค้ก

นำกากมะพร้าวผงที่เตรียมให้มีขนาดอนุภาคต่างๆ และกากมะพร้าวอบแห้งที่ไม่ผ่านการบด มาเติมในโดนัทเค้กในปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด เตรียมส่วนผสมโดนัทเค้กซึ่งประกอบด้วยแป้งสาลีอเนกประสงค์ 28.16% น้ำตาล 17.37% ผงฟู 2.50% เกลือ 0.15% ไข่ไก่ 18.78% นมสด 23.66% และน้ำมันพืช 9.38% ผสมส่วนผสมทั้งหมดและกากมะพร้าวผงด้วยเครื่องผสม (OTTO, Model HM-273, China) ด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำแบตเตอร์โดนัทเค้กไปอบเป็นเวลา 2 นาที โดยใช้เครื่องทำโดนัท (Homemate, Model HOM-DONUT, China) วิเคราะห์คุณภาพของแบตเตอร์และโดนัทเค้กดังนี้

- ความหนืดของแบตเตอร์ โดยใช้เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer, Model DV-III, USA) ที่อุณหภูมิ 25°C และหาความหนาแน่นโดยการชั่งน้ำหนักของแบตเตอร์ที่มีปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- ลักษณะทางกายภาพของโดนัทเค้ก โดยวิเคราะห์หาปริมาตรจำเพาะ (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan XE Plus, USA) รายงานเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, TA-XT2, UK) และใช้หัววัดทรงกลม (Ball Probe) P/50 กดลงบนชิ้นโดนัทเค้ก วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
- ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในด้าน สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแบตเตอร์และคุณภาพของโดนัทเค้กที่เติมกากมะพร้าวผงที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ พบว่าเมื่อขนาดอนุภาคของกากมะพร้าวเล็กลงมีผลทำให้ค่าความหนืดของแบตเตอร์ และความแน่นเนื้อของโดนัทเค้กเพิ่มขึ้น แต่มีค่าความยืดหยุ่นลดลง (Table 1, $p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากกากมะพร้าวผงมีสมบัติในการดูดซับน้ำและน้ำมัน ทำให้แบตเตอร์มีความหนืดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของมาลี (2546) ที่รายงานว่าความหนืดของแบตเตอร์เค้กที่เติมกากมะพร้าวสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมกากมะพร้าวผง เนื่องจากกากมะพร้าวผงมีค่า bulk density และ pack density ต่ำ การเติมกากมะพร้าวผงในสูตรเค้กจึงเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับน้ำและน้ำมัน ทำให้ปริมาณน้ำที่เหลือในแบตเตอร์น้อยลง ความหนืดของแบตเตอร์ที่เติมกากมะพร้าวจึงสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วนค่าความหนาแน่นอาจบ่งชี้ถึงปริมาณของฟองอากาศในแบตเตอร์ โดยพบว่าแบตเตอร์มีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจาก 1.07 เป็น 1.11 $g/cm^3$ เมื่อขนาดอนุภาคของกากมะพร้าวผงลดลง ในขณะที่แบตเตอร์ตัวอย่างควบคุมซึ่งไม่เติมกากมะพร้าวมีค่าความหนาแน่น 1.12 $g/cm^3$ ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างที่เติมกากมะพร้าวทุกตัวอย่าง แสดงว่าแบตเตอร์ที่เติมกากมะพร้าวมีปริมาณของฟองอากาศน้อย

กว่าแบตเตอร์ตัวอย่างควบคุมที่ทำจากแป้งสาลี โดยโปรตีนกลูเตนของข้าวสาลีสามารถเกิดร่างแหที่แข็งแรงและสามารถกักเก็บฟองอากาศในระหว่างการผสมได้ การเติมกากมะพร้าวผงอาจขัดขวางการเกิดร่างแหกลูเตน และมีผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นและค่าความยืดหยุ่นของโดนัทเค้กลดลง ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าโดนัทที่เติมกากมะพร้าวมีความแน่นเนื้อสูงกว่าแต่มีค่าความยืดหยุ่นต่ำกว่าโดนัทเค้กตัวอย่างควบคุม โดยตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมกากมะพร้าวผงมีค่าความแน่นเนื้อต่ำสุด (1003.09 กรัมแรง) และมีค่าความยืดหยุ่นสูงที่สุด (58.44%) เนื่องจากตัวอย่างควบคุมทำจากแป้งสาลีซึ่งประกอบด้วยโปรตีนกลูเตนซึ่งสามารถเกิดเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงและยืดหยุ่นได้ (อรอนงค์, 2540) ส่วนปริมาตรจำเพาะของโดนัทเค้กทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน (Table 1, $p \geq 0.05$)

จากผลการวัดค่าสีเนื้อใน (crumb) ของโดนัทเค้ก พบว่า การเติมกากมะพร้าวไม่มีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ โดยโดนัททุกตัวอย่างมีค่าความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าความสว่าง 67.26-69.65 ความเป็นสีแดง 7.08-7.95 และค่าความเป็นสีเหลือง 31.21-33.77 จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าเมื่อขนาดอนุภาคของโดนัทเล็กลง คะแนนความชอบในด้านสี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น (Table 2, $p<0.05$) แต่คะแนนด้านกลิ่นรสของโดนัททุกตัวอย่างไม่แตกต่างกัน โดยโดนัทที่เติมกากมะพร้าวผงที่มีขนาดอนุภาค 180-300 $\mu$m ได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมกากมะพร้าวผง ($p\geq0.05$)

## สรุปผล

กากมะพร้าวผงซึ่งเป็นแหล่งของเส้นใยอาหารสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์โดนัทเค้กแบบอบได้ โดยการเตรียมกากมะพร้าวผงที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของแบตเตอร์และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยโดนัทที่เติมกากมะพร้าวผงที่มีขนาดอนุภาค 180-300 $\mu$m ได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมกากมะพร้าวผง ($p\geq0.05$)

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท ผลิตภัณฑ์อาหารเมอริท จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กากมะพร้าวจากกระบวนการแปรรูปกะทิกระป๋องเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

มาลี ซิ้มศรีสกุล, 2546, การศึกษาการเตรียมแป้งมะพร้าวจากกากมะพร้าวส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูป, ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

รุจน์ รมณีย์, 2542, ใยอาหารป้องกันโรค [สืบค้น], http://www.school.net.th/library/snet4/feb18/fiber.htm [1/ June/ 15].

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540, ข้าวสาลี : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พิมพ์ครั้งที่ 2), กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ton, C., Limroongreungrat, K. and Sangnark, A., 2005, Functional Properties of Cellulose Powder Prepared from Rice Straw, Journal of Science Technology and Humanities, 3(1): 1-12.

Trinidad, T.P., Mallillin, A.C., Valdez, D.H., Loyola, A.S., Askali-Mercado, F.C., Castillo, J.C., Encabo, R.R., Masa, D.B., Maglaya, A.S. and Chua, M.T., 2006, Dietary Fiber from Coconut Flour: A Functional Food, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 7: 309-317.

**Table 1** Batter viscosity and qualities of baked cake doughnut as affected by different particle size of coconut residue powder.

| Particle size (μm) | Batter viscosity (Pa.s) | Specific volume[ns] ($cm^3$/g) | Firmness (g force) | Springiness (%) |
|---|---|---|---|---|
| Control[1] | 18.84[e] ± 1.53 | 1.513 ± 0.007 | 1003.09[d] ± 9.49 | 58.44±1.61[a] |
| Dried coconut residue[2] | 34.59[d] ± 0.72 | 1.514 ± 0.004 | 1437.11[b] ± 54.26 | 53.79±3.07[b] |
| > 850 | 36.01[cd] ± 0.52 | 1.523 ± 0.006 | 1264.11[c] ± 132.27 | 56.39±1.46[a] |
| 500-850 | 38.01[c] ± 0.21 | 1.527 ± 0.002 | 1525.43[ab] ± 114.88 | 53.33±1.56[b] |
| 300-500 | 48.59[b] ± 0.66 | 1.523 ± 0.003 | 1552.07[a] ± 74.99 | 51.33±0.56[b] |
| 180-300 | 52.05[a] ± 0.13 | 1.529 ± 0.003 | 1570.51[a] ± 24.3 | 42.90±0.02[c] |

[1] Cake doughnut without coconut residue powder.

[2] Dried coconut residue before grinding (1400-2800 μm).

[a,b,c,...] Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

[ns] Means within the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$).

**Table 2** Sensory scores of baked cake doughnut as affected by different particle size of coconut residue powder.

| Particle size (μm) | Color | Flavor[ns] | Texture | Overall acceptability |
|---|---|---|---|---|
| Control[1] | 6.33[a] ± 1.82 | 6.60 ± 1.22 | 6.90[a] ± 1.71 | 7.40[a] ± 1.40 |
| Dried coconut residue[2] | 5.03[b] ± 1.94 | 5.83 ± 1.49 | 5.30[c] ± 1.82 | 5.60[c] ± 1.63 |
| > 850 | 5.80[a] ± 1.83 | 6.30 ± 1.60 | 5.60[bc] ± 1.71 | 6.37[b] ± 1.22 |
| 500-850 | 6.03[a] ± 1.56 | 6.70 ± 1.29 | 5.77[bc] ± 1.50 | 6.70[b] ± 1.21 |
| 300-500 | 6.33[a] ± 1.42 | 6.37 ± 1.03 | 5.77[bc] ± 1.48 | 6.53[b] ± 1.31 |
| 180-300 | 6.13[a] ± 1.93 | 6.23 ± 1.16 | 6.10[b] ± 1.73 | 6.87[ab] ± 1.61 |

[1] Cake doughnut without coconut residue powder.

[2] Dried coconut residue before grinding (1400-2800 μm).

[a,b,c,...] Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

[ns] Means within the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$).

# การพัฒนาขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคา

# Development of Cereal Bar from By-product of Sacha Inchi Oil Extraction Process

ภารวี กุศลินกุล[1] มยุรี เหลืองวิลัย[1] เพชรนัน ตระกูลพานิช[1] ฉัตรภา หัตถโกศล[1] และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1]

Kusarinkul, P.[1], Luangwilai, M.[1], Tragoonpanich, P.[1], Hudthagosol, C.[1] and Somboonpanyakul, P.[1]

## Abstract

Sacha Inchi oil extracted residue (SIOR) comprised high protein content (49.79%). The moisture, fat, ash and carbohydrate contents of SIOR were 4.49, 24.29, 5.51 and 15.92%, respectively. Developing a cereal bar by varying the ratios between oat flake (OF) and SIOR to 40:60, 50:50 and 60:40 by weight was studied. A cereal bar with OF and SIOR of 50:50 had just right scores of hardness and cohesiveness, receiving the highest score of overall acceptability. Adding glucose and Fructooligosaccharide (FOS) syrups resulted in decrease of lightness (L*) but an increase of redness (a*) and yellowness (b*) values. Furthermore, the sensory scores of hardness and cohesiveness were just right and it showed a higher score of overall acceptability when compared with a cereal bar containing honey and coconut sugar. A cereal bar comprised of OF and SIOR at 50:50 and mixed with glucose and FOS syrups provided 268.68 kcal per serving size.

**Keywords**: Sacha Inchi, cereal bar, oil extraction, by product

## บทคัดย่อ

กากถั่วดาวอินคาที่ผ่านการสกัดน้ำมัน (Sacha Inchi oil extracted residue, SIOR) มีปริมาณร้อยละโปรตีนสูงเท่ากับ 49.79 ปริมาณความชื้น ไขมัน เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 4.49, 24.29, 5.51 และ 15.9 ตามลำดับ การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง (Cereal bar, CB) โดยแปรอัตราส่วนระหว่างเกล็ดข้าวโอ๊ต (Oat flake, OF) ต่อ SIOR เป็น 40:60, 50:50 และ 60:40 พบว่าขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตรที่มีความแข็ง (hardness) และการเกาะติดกัน (cohesiveness) พอดี มีการยอมรับโดยรวมสูงสุด คือ สูตรที่ใช้อัตราส่วนของ OF : SIOR เป็น 50:50 โดยน้ำหนัก น้ำเชื่อมกลูโคสและน้ำเชื่อม ฟรุกโทโอลิโกแซ็กคาไรด์ (FOS) ทำให้ CB มีค่าความสว่าง (L*) ลดลง แต่มีค่าความเป็นสีแดง (a*) สีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) และ มีคะแนนในด้านความแข็งและการเกาะติดกันของ CB พอดี และได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงกว่า CB ที่ใช้น้ำผึ้งและน้ำตาลมะพร้าวเป็นสารช่วยยึดเกาะ CB ที่มีสัดส่วนของ OF : SIOR เป็น 50:50 และใช้น้ำเชื่อมกลูโคสและน้ำเชื่อม FOS มีค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (40 กรัม) เป็น 268.68 กิโลแคลอรี

**คำสำคัญ**: ถั่วดาวอินคา ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง การสกัดน้ำมัน ผลิตผลพลอยได้

## คำนำ

ถั่วดาวอินคา หรือ Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) เป็นพืชในตระกูล Euphorbiaceae มีถิ่นกำเนิดและพบได้ทั่วไปที่ป่าอะเมซอนของชาวเปรู ในทวีปอเมริกาใต้ ถั่วดาวอินคาสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศอบอุ่นทั้งในป่าต่ำที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 100 เมตร จนถึงป่าสูงที่ระดับความสูงมากกว่า 2,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล รู้จักกันในหลากหลายชื่อ เช่น Inca peanut, wild peanut, sacha peanut หรือ mountain peanut หลังจากการเพาะปลูกต้นดาวอินคาเพียงประมาณ 5 เดือน ต้นดาวอินคาก็จะเริ่มออกดอกและผล ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปี ดอกลักษณะเป็นกลุ่มขนาดเล็ก มีสีขาว ส่วนผลเป็นรูปดาว 4-7 แฉก (Maurer และคณะ, 2012) ผลอ่อนจะมีสีเขียว เมื่อแก่จะมีสีน้ำตาล ในแต่ละแฉกจะมีหนึ่งเมล็ด สามารถนำเมล็ดที่อยู่ด้านในมารับประทานได้ ในประเทศไทยได้เริ่มมีการเพาะปลูกถั่วดาวอินคาในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาโดยนำมาปลูกในพื้นที่ภาคเหนือในจังหวัดเชียงรายเป็นแห่งแรก ซึ่งวัตถุประสงค์ในการปลูกก็เพื่อสกัดน้ำมันบริโภค กระบวนการในการสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคา หรือ Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) เริ่มจากการกระเทาะเปลือก 2 ครั้ง จะได้ทั้งเปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นในออกมา ขั้นตอนต่อมา คือ การสกัดเอาน้ำมันออกด้วยการสกัดบีบอัดภายใต้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 150°C ซึ่งหลังจากบีบออกมาแล้วจะได้ผลิตผลพลอยได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 แป้งที่ผ่าน

[1] คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี จังหวัดกรุงเทพฯ 10400

[1] Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd., Ratchathewi District, Bangkok 10400

การกรองออกจากน้ำมันที่บีบออกมา (Flour residue) ซึ่งมีรสชาติฝาด และ ส่วนที่ 2 คือ กากถั่วดาวอินคาหลังสกัดน้ำมัน (Sacha Inchi oil extracted residue, SIOR) มีสีขาวครีม ไม่มีรสฝาด มีกลิ่นรสคล้ายถั่วเขียว มีปริมาณโปรตีน 49.79% ซึ่งสูงกว่าส่วนที่ 1 ที่เป็นแป้ง (36.34%) ซึ่งผลิตผลพลอยได้ทั้ง 2 ส่วนนี้ทางโรงงานที่สกัดน้ำมันในประเทศไทยยังมิได้นำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มใดๆ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีโปรตีนสูงจาก SIOR ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลพลอยนี้แล้วยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ให้โปรตีนและพลังงานสูง

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำกากถั่วดาวอินคาหลังสกัดน้ำมัน (Sacha Inchi oil extracted residue, SIOR) จากบริษัทไทยรับเบอร์แพลนเตชั่น จ.เชียงราย มาบรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ และเก็บรักษาที่ -20°C วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ตามวิธีของ AOAC (2005) และ คาร์โบไฮเดรต (100 - %ความชื้น - %โปรตีน - %ไขมัน - %เถ้า) ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งสูตรควบคุมดัดแปลงสูตรจากนิตยสาร Health and Cuisine ฉบับที่ 154 จากนั้นศึกษาถึงอัตราส่วนระหว่าง OF : SIOR (200 g) ที่เหมาะสมโดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 50:50, 40:60 และ 20:80 โดยน้ำหนัก ส่วนผสมอื่นๆ คงที่ คือ ผลไม้อบแห้ง 30 g, เม็ดมะม่วงหิมพานต์ 30 g, ถั่วลิสง 30 g, เมล็ดทานตะวัน 30 g, เมล็ดฟักทอง 30 g, น้ำผึ้ง 100 g, น้ำตาลมะพร้าว 100 g, เนยเค็ม 15 g และครีมถั่วลิสง 45 g ผลิตเป็นขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโดยเคี่ยวน้ำตาล จากนั้นเติมส่วนผสมที่เป็นเนย เคี่ยวจนเป็นเนื้อเดียวกัน ปิดไฟ แล้วนำส่วนผสมพวกธัญชาติและผลไม้อบแห้งลงไปคลุกให้เข้ากัน อัดลงถาดสี่เหลี่ยมให้มีความหนา 1 cm ตัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 7 x 2.5 $cm^2$ แล้วนำไปประเมินสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ความแข็ง การเกาะติดกัน ความยากง่ายในการเคี้ยว ใช้ Five-point scoring scale ความหวาน ใช้ Five-point just-about-right scale (5 = too much, 3 = just-about-right, 1 = too few) สีและการยอมรับโดยรวมใช้ Five-point hedonic scale (5 = most acceptable, 1 = least acceptable) จากนั้นเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปศึกษาถึงสารเพิ่มการยึดเกาะของผลิตภัณฑ์โดยเปรียบเทียบระหว่างสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวและน้ำผึ้งเป็นสารยึดเกาะ และ สูตรที่ใช้น้ำเชื่อมกลูโคสและน้ำเชื่อม FOS กับ สูตรควบคุม (ที่มีเฉพาะ OF) นำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งทั้ง 3 ชนิด ไปประเมินสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Color Flex EZ, Hunter Associates Laboratory Inc., USA) และวัดโปรไฟล์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis, TPA) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (รุ่น TX.XT plus, Stable Micro Systems Ltd, YL, UK) และประเมินสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสด้านความแข็ง การเกาะติดกัน ความยากง่ายในการเคี้ยว โดยใช้ Five-point scoring scale ความหวาน โดยใช้ Five-point just about right scale สีและการยอมรับโดยรวม โดยใช้ 5-point hedonic scale จากนั้นนำสูตรที่ดีที่สุดไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ตามวิธีของ AOAC (2005) และคาร์โบไฮเดรต (100 - %ความชื้น - %โปรตีน - %ไขมัน - %เถ้า) และคำนวณค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (40 g)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่า SIOR มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 49.79% ซึ่งมากกว่าในเมล็ดถั่วดาวอินคาที่มีปริมาณโปรตีน 27-28% แต่มีปริมาณไขมัน (24.29%) ต่ำกว่าในเมล็ดถั่วดาวอินคา (48-50%) (Chirinos และคณะ, 2013) ทั้งนี้เนื่องจากการสกัดน้ำมันออกทำให้ส่วนกากมีสัดส่วนของไขมันลดลงแต่มีโปรตีนเพิ่มขึ้น จากนั้นศึกษาถึงอัตราส่วนระหว่าง OF : SIOR ที่เหมาะสม พบว่าที่อัตราส่วน 50:50 มีผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีที่สุดโดยมีคะแนนความแข็งต่ำกว่าสูตร 60:40 และมีคะแนนการเกาะติดกันสูงกว่าสูตรที่มีอัตราส่วน 40:60 ($p<0.05$) นอกจากนี้สูตรที่ใช้อัตราส่วนระหว่าง OF : SIOR เป็น 50:50 ยังมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงกว่าสูตร 40:60 และ 60:40 ($p<0.05$) (Figure 1) แสดงว่าการเพิ่มสัดส่วนของ SIOR ทำให้ CB มีความแข็งเพิ่มขึ้นและมีการเกาะตัวกันน้อยลง ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วน 50:50 ไปศึกษาด้านสารที่ช่วยการเกาะตัวของผลิตภัณฑ์ต่อไป ผลการทดลองพบว่าสูตรที่ใช้น้ำเชื่อมกลูโคสและน้ำเชื่อม FOS มีค่าความสว่าง (L*) สูงกว่า แต่มีค่าสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ต่ำกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวและน้ำผึ้ง ($p<0.05$) (Figure 2) ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำตาลมะพร้าวและน้ำผึ้งมีสีเหลืองเข้มมากกว่าน้ำเชื่อมกลูโคสและน้ำเชื่อม FOS จากการวัดเนื้อสัมผัสพบว่า CB สูตรที่น้ำเชื่อมกลูโคสและน้ำเชื่อม FOS มีค่า hardness, springiness, cohesiveness และ adhesiveness สูงกว่าแต่มีค่า fracturability ต่ำกว่า CB สูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวและน้ำผึ้ง ($p<0.05$) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับผลทางด้านประสาทสัมผัสที่ผู้ทดสอบประเมินว่า CB สูตรที่น้ำเชื่อมกลูโคสและน้ำเชื่อม FOS มีคะแนนด้านความแข็ง การเกาะติดกัน ความยากง่ายในการเคี้ยว และการยอมรับ

โดยรวมสูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวและน้ำผึ้ง ($p<0.05$) (Figure 3) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเชื่อมกลูโคสมีความเหนียวมากกว่าน้ำตาลมะพร้าวและน้ำผึ้งจึงทำให้ CB เกาะตัวกันได้ดี ไม่ร่วน ส่งผลให้มีความแข็งเพิ่มขึ้น และเป็นลักษณะที่ทำให้ผู้บริโภคยอมรับในผลิตภัณฑ์มากขึ้น เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางด้านโภชนาการของ CB สูตรที่ใช้อัตราส่วนของ OF : SIOR เป็น 50:50 และใช้น้ำเชื่อมกลูโคสและน้ำเชื่อม FOS เป็นสารช่วยในการเพิ่มการเกาะติดกัน พบว่ามีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงถึงร้อยละ 22.77 และ 62.03 ตามลำดับ เมื่อคิดต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (40 g) โปรตีน 9.1 g ไขมัน 24 g จึงให้พลังงานสูงถึง 268.68 kcal (Table 3) ซึ่งมากกว่า CB ทางการค้าซึ่งมีโปรตีน 4 g ไขมัน 7 g และให้พลังงานประมาณ 190 กิโลแคลอรีต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (42 g) (อ้างอิงครันชี่กราโนลาโอ๊ตและช็อกโกแลตตราเนเจอร์วัลเล่ย์)

## สรุปผล

การเพิ่มมูลค่า SIOR สามารถทำได้โดยนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโดยใช้ทดแทนข้าวโอ๊ตได้ร้อยละ 50 และสารที่ช่วยเพิ่มการเกาะติดกันของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม คือ น้ำเชื่อมกลูโคสและน้ำเชื่อม FOS ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโปรตีนและพลังงานสูง มีใยอาหารที่เป็นพรีไบโอติก เหมาะสมเป็นอาหารที่ให้พลังงานสำหรับนักกีฬาและผู้บริโภคทั่วไป

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะสาธารณสุขศาสตร์ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย และ บริษัทไทยรับเบอร์แพลนเตชั่น จำกัด ที่สนับสนุนตัวอย่างผลิตผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันถั่วดาวอินคาและเมล็ดถั่วดาวอินคาในการทำขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

## เอกสารอ้างอิง

อาทิตย์ พลายมาศ สุชีพ สุขสุแพทย์ และศุภรัตน์ โฆษิตเจริญกุล, 2543, การใช้สารเคมีควบคุมการสร้างสารอะฟลาทอกซินในข้าวโพด, วารสารลาดกระบัง, 8: 36-41.

AOAC, 2005, Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Official Chemists International. Gaithersburg, Maryland.

Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet, E., Larondelle, Y. and Campos, D, 2013, Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.): a Seed Source of Polyunsaturated Fatty Acids, Tocopherols, Phytosterols, Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity, Food Chemistry, 141: 1732-1739.

Maurers, N.M., Beatriz, H-S, Gloria, P-C. and Luis E., R-S, 2012, Characterization and Authentication of a Novel Vegetable Source of Omega-3 Fatty Acids, Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Oil, Food Chemistry, 134: 1173-1180.

**Table 1** Chemical compositions of Sacha Inchi oil extracted residue (SIOR).

| Compositions (%) | Content |
|---|---|
| Moisture | 4.49±0.02 |
| Protein | 49.79±0.05 |
| Fat | 24.29±0.03 |
| Ash | 5.51±0.04 |
| Carbohydrate | 15.92±0.03 |

**Table 3** Chemical compositions of CB (OF: SIOR of 50:50) with glucose and FOS syrups

| Compositions (%) | Content |
|---|---|
| Moisture | 4.49 |
| Protein | 49.79 |
| Fat | 24.29 |
| Carbohydrate | 15.92 |
| Ash | 5.51 |

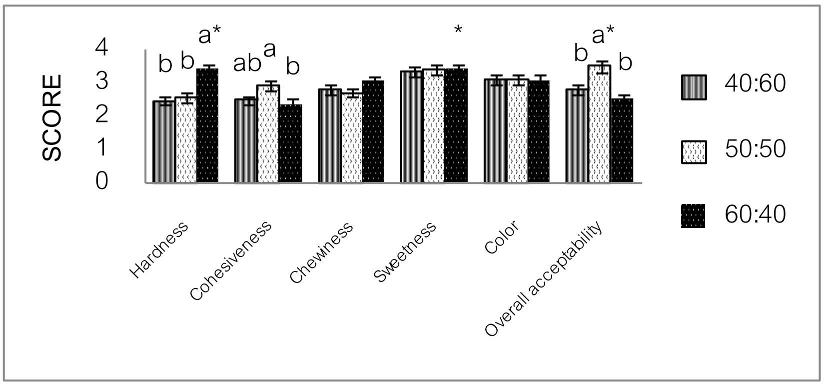



**Figure 1** Sensory scores of hardness, cohesiveness, chewiness, sweetness and overall acceptability of cereal bar with different ratios of OF and SIOR. [a,b,c] Means followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$). *Significant differences from score of 3 (just-about-right score) ($p < 0.05$).

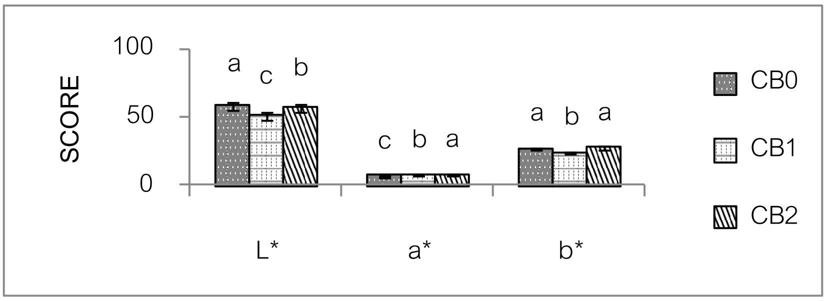



**Figure 2** Color values (L*, a*, b*) of CB0 (control formula with only OF, honey and coconut sugar), CB1 (formula with OF: SIOR of 50:50, honey and coconut sugars) and CB2 (formula with OF: SIOR of 50:50, glucose and FOS syrups). [a,b,c] Means followed by different letters are significantly different ($p< 0.05$).

**Table 2** Textural properties of CB0 (control formula with only OF, honey and coconut sugar), CB1 (formula with OF: SIOR of 50:50, honey and coconut sugars) and CB2 (formula with OF: SIOR of 50:50, with glucose and FOS syrups).

| CB formula | Hardness (N) | Fracturability (mm) | Adhesiveness (N.s) | Springiness | Cohesiveness | Chewiness (N) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CB0 | 21584.63±231.84[a] | 25.23±0.39[c] | -12.45±9.64[b] | 0.39±0.03[a] | 0.21±0.04[b] | 1264.65±62.09[a] |
| CB1 | 13721.16±190.54[c] | 58.05±0.39[a] | -5.75±0.99[a] | 0.23±0.01[c] | 0.22±0.02[b] | 1197.90±39.68[b] |
| CB2 | 15541.24±511.84[b] | 37.22±0.34[b] | -12.70±0.82[b] | 0.27±0.02[b] | 0.24±0.013[a] | 1233.45±37.44[ab] |

[a,b,c] Means followed by different letters within the same row are significantly different ($p < 0.05$).

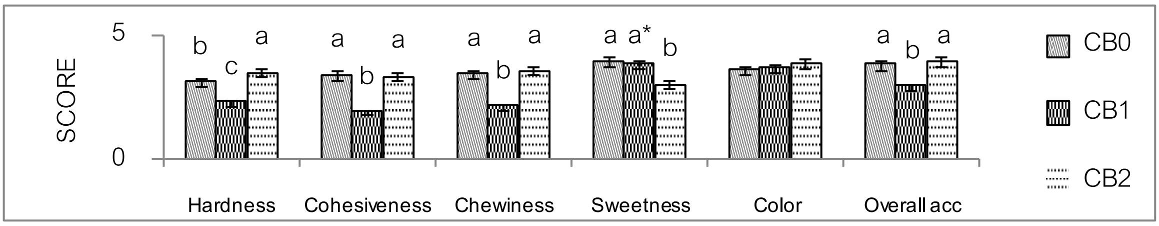



**Figure 3** Sensory scores of CB0 (control formula with only OF, honey and coconut sugar), CB1 (formula with OF: SIOR of 50:50, honey and coconut sugars) and CB2 (formula with OF: SIOR of 50:50, with glucose and FOS syrups). [a,b,c] Means followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$). *Significant difference from score of 3 (just-about-right score) ($p < 0.05$).

# การพัฒนาแผ่นฟิล์มระงับกลิ่นปากขึ้นรูปด้วยเทคนิคเอกซ์ทรูชัน
# Development of Films for Suppression of Bad Breath by Extrusion Technique

**วรายุทธ จันทร์ปลอด[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]**
Chanpord, W.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

## Abstract
The purpose of this research was to develop films for suppression of bad breath by film forming from cassava and rice flour blended with eugenol, eucalyptol and citronellal at the concentration of 15, 20 and 25 mg/mL using extrusion technique. It was found that the film of rice flour could not be formed but the cassava flour with 1% (w/w) pectin and 15 mg/mL eugenol possessed the highest tensile strength and moderate elongation (9.83±0.29 MPa and 4.98±0.99 %, respectively). Its moisture content, water vapor transmission rate and water a solubility were highest at 6.30±0.15 %, $3.21±0.41×10^{-4}$ $g.cm^{-2}.day^{-1}$ and 53.68±3.04 %, respectively. This film had smooth surface with high porosity. The film also inhibited *Streptococcus salivarius* and had the oil retention of 1.83±0.12 mg/g of film
**Keywords:** bad breath, cassava flour, eugenol, extrusion, rice flour

## บทคัดย่อ
งานวิจัยนี้พัฒนาผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นปากโดยการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอล ยูคาลิปทอล และซิโตรเนลาล ความเข้มข้น 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ขึ้นรูปด้วยเทคนิคเอกซ์ทรูชัน พบว่าแป้งข้าวเจ้าขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มไม่ได้ แต่แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของแป้ง ผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอล ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าการต้านทานแรงดึงขาดสูงที่สุด และการยืดตัวอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (9.83±0.29 MPa และ 4.98±0.99% ตามลำดับ) และมีค่าความชื้น อัตราการซึมผ่านไอน้ำ และการละลายน้ำสูงที่สุด เท่ากับ 6.30±0.15 %, $3.21±0.41×10^{-4}$ $g.cm^{-2}.day^{-1}$ และ 53.68±3.04% ตามลำดับ โดยแผ่นฟิล์มมีพื้นผิวเรียบแต่มีรูพรุนกระจายอยู่ในเนื้อฟิล์มจำนวนมาก สามารถยับยั้งเชื้อ *Streptococcus salivarius* ได้ดี และมีปริมาณกักเก็บน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 1.83±0.12 มิลลิกรัมต่อกรัม
**คำสำคัญ**: กลิ่นปาก แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง ยูจีนอล เอกซ์ทรูชัน

## คำนำ
การมีกลิ่นปากหรือลมหายใจมีกลิ่นเหม็นมีปัจจัยที่สำคัญจากจุลินทรีย์ในช่องปาก เช่น *Streptococcus salivarius* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ซึ่งมีส่วนช่วยให้แบคทีเรียแกรมลบย่อยสลายสารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ เช่น น้ำลาย และเศษอาหารตกค้าง ได้สารระเหยที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ (Loesche และ Kazor, 2000) ผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นปากและป้องกันฟันผุนิยมใช้สารสังเคราะห์ เช่น chlorhexidine เป็นสารช่วยลดปริมาณแบคทีเรียที่ทำให้เกิดฟันผุและเป็นสาเหตุของกลิ่นปาก (Bader และคณะ, 2001) แต่สารดังกล่าวมีฤทธิ์ทำให้ระคายเคือง น้ำมันหอมระเหยจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่นิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลช่องปาก ได้แก่ ยูจีนอล ยูคาลิปทอล และซิโตรเนลาล เป็นต้น แต่การบริโภคน้ำมันหอมระเหยโดยตรงอาจทำให้เกิดการระคายเคืองในระบบทางเดินอาหาร และเป็นพิษ ดังนั้นจึงต้องมีการประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยในรูปแบบอื่น พบว่าแผ่นฟิล์มชนิดละลายเร็วนิยมนำมาใช้เป็นตัวกักเก็บน้ำมันหอมระเหย ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณน้ำมันหอมระเหยให้อยู่ในปริมาณที่กำหนด (Schimoda และคณะ, 2009) พอลิเมอร์จากธรรมชาติที่ใช้เป็นตัวกักเก็บน้ำมันหอมระเหย เช่น pullulan (Dixit และ Puthli, 2009) แต่ผลิตได้ปริมาณน้อย มีราคาสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ มีรายงานการใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำมันหอมระเหย แต่มีความเปราะ และดูดความชื้นจากอากาศได้ ดังนั้นจึงต้องมีการผสมกับพอลิเมอร์อื่น เช่น เพคติน เพื่อปรับปรุงให้มีสมบัติทางกล-กายภาพดีขึ้น การขึ้นรูป

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Teintalay 25 Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ฟิล์มทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปฟิล์มเป็นแผ่นบาง คือเอกซ์ทรูชัน ซึ่งวิธีนี้มีข้อดีคือ ฟิล์มมีการกระจายตัวของอนุภาคดี ลดเวลาในการผลิตและจำนวนแรงงาน เหมาะนำไปใช้ระดับอุตสาหกรรม

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังแต่ละชนิดละลายน้ำในอัตราส่วน 1:1 (โดยน้ำหนัก) แปรความเข้มข้นของเพคตินเท่ากับร้อยละ 1 และ 2 โดยน้ำหนักของแป้งและแปรปริมาณซอร์บิทอลร้อยละ 20 (โดยน้ำหนัก) ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันจากนั้นเทลงเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ชนิดสกรูเดี่ยว ขนาด L/D ratio เท่ากับ 16:1 หัวดายกว้าง 0.5 mm ความยาวสกรูเท่ากับ 42 mm อุณหภูมิบาร์เรลตำแหน่งที่ 1 และ 2 เท่ากับ 75 และ 85 $^{\circ}$C ตามลำดับ และนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกล-กายภาพดังนี้ 1) การต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength: TS) และการยืดตัว (elongation: E) โดยเครื่อง Instron Universal Testing Machine Model 1000 (ASTM standard D-882, 1964) 2) การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate: WVTR) ตามวิธี ASTM E96-80 (1990) และ 3) การละลายน้ำได้ของฟิล์ม (solubility of films) ตามวิธี Laohakunjit และ Noomhorm (2004) เลือกฟิล์มที่ขึ้นรูปจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่ดีที่สุด ผสมน้ำมันหอมระเหยในการทดลองขั้นต่อไป

การพัฒนาแผ่นฟิล์มระงับกลิ่นปากผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอล ยูคาลิปทอล และซิโตรเนลาล ความเข้มข้น 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยเตรียมสารละลายฟิล์มแป้งผสมเพคตินที่คัดเลือก ผสมน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิด ขึ้นรูปด้วยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ชนิดสกรูเดี่ยว อุณหภูมิบาร์เรลตำแหน่งที่ 1 และ 2 เท่ากับ 65 และ 75$^{\circ}$C ตามลำดับ นำฟิล์มที่ได้ทดสอบคุณสมบัติทางกล-กายภาพ และศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *S. salivarius* รวมทั้งศึกษาปริมาณกักเก็บของน้ำมันหอมระเหยในแผ่นฟิล์มด้วย gas chromatography – FID detector (GC-FID) และลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยเครื่อง scanning electron microscope (SEM)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าแป้งข้าวเจ้าขึ้นรูปเป็นฟิล์มไม่ได้ อาจเป็นเพราะแป้งข้าวเจ้ามีอะมิโลสขนาดใหญ่ปริมาณ 1000-6000 หน่วยกลูโคส (Bertuzzi และคณะ, 2007) ซึ่งสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง เมื่อได้รับความร้อนจึงเกิดพองตัว และเกิดเจลาติไนซ์ สารละลายฟิล์มจึงมีความหนืดสูงขึ้น (Thuwall และคณะ, 2006) ทำให้อัดรีดผ่านหัวดายออกมาไม่ได้ ส่วนฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินสามารถขึ้นรูปได้ เนื่องจากเพคตินใช้หมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) สร้างพันธะเอสเทอร์ (ester bond) กับหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ของแป้ง (Ghanbarzadeh และคณะ, 2010) ทำให้สายพอลิเมอร์เคลื่อนที่ได้น้อยลง ส่งผลให้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินมีค่าการต้านทานแรงดึงขาดสูงขึ้น และมีค่าการยืดตัวลดลง เมื่อเติมเพคตินปริมาณเพิ่มขึ้น (Table 1) แต่การเติมเพคตินทำให้ความชื้นของฟิล์มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเพคตินมีความเป็นไฮโดรฟิลิกสูง และเป็นโมเลกุลที่มีกิ่งก้านที่ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่คาร์บอกซิลจำนวนมาก (Muhiddinov และคณะ, 2004) จึงสามารถดูดซับความชื้นไว้ภายในฟิล์มได้ดี อย่างไรก็ตามการเกิดพันธะเอสเทอร์ทำให้ความมีขั้วของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังลดลง (Table 1) ทำให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำ และการละลายน้ำลดลง (Ghanbarzadeh และคณะ, 2010; Martins และคณะ, 2012)

เมื่อพิจารณาค่าการต้านทานแรงดึงขาด การยืดตัว และการละลายน้ำ ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญที่สุดของแผ่นฟิล์มระงับกลิ่นปาก ดังนั้นจึงนำฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินความเข้มข้นร้อยละ 1 พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นปากผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอล ยูคาลิปทอล และซิโตรเนลาล ความเข้มข้น 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ขึ้นรูปด้วยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ อุณหภูมิบาร์เรลตำแหน่งที่ 1 และ 2 เท่ากับ 75 และ 85$^{\circ}$C ตามลำดับ แต่ไม่สามารถขึ้นรูปแผ่นฟิล์มได้ โดยฟิล์มที่ออกมาจากหัวดาย มีลักษณะเหนียว มีความหนืดต่ำ ยืดเป็นแผ่นฟิล์มไม่ได้ อาจเป็นผลจากน้ำมันหอมระเหยในสารละลายฟิล์ม เข้าไปแทรกในบริเวณอสัณฐาน (amorphous region) ซึ่งทำหน้าที่คล้ายสารพลาสติไซเซอร์ โมเลกุลภายในเคลื่อนที่ได้มากขึ้น ส่งผลให้ glass transition temperature (Tg) ของแป้งลดลง (Andreuccettia และคณะ, 2012) อุณหภูมิเจลาติไนซ์ของแป้งจึงลดลง ดังนั้นจึงทำการลดอุณหภูมิบาร์เรลตำแหน่งที่ 1 และ 2 เท่ากับ 65 และ 75$^{\circ}$C ตามลำดับ พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินผสมน้ำมันหอมระเหย ยูคาลิปทอล และซิโตรเนลาล ทั้ง 3 ความเข้มข้นขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มไม่ได้ เป็นเพราะน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปทอล และซิโตรเนลาล ขัดขวางการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างแป้งและเพคติน (Bertuzzi และคณะ, 2007) ส่วนฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอลขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ทั้ง 3 ความเข้มข้น โดยน้ำมันหอมระเหยยูจีนอลทำหน้าที่คล้ายพลาสติไซเซอร์ เข้าไปแทรกระหว่าง

สายพอลิเมอร์ ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนตัวลง (Atarés และคณะ, 2010) ส่งผลให้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินมีค่าการต้านทานแรงดึงขาดลดลง แต่ค่าการยืดตัวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความชื้น อัตราการซึมผ่านไอน้ำ และการละลายน้ำของฟิล์มลดลง เนื่องจากยูจีนอลมีความเป็นไฮโดรโฟบิกสูง และเข้าไปแทรกระหว่างสายพอลิเมอร์ของฟิล์ม ทำให้ฟิล์มมีความเป็นไฮโดรโฟบิกเพิ่มขึ้น ดังนั้นความชื้น อัตราการซึมผ่านไอน้ำ และการละลายน้ำจึงลดลง เมื่อความเข้มข้นของยูจีนอลเพิ่มขึ้น (Shojaee-Aliabadi และคณะ, 2013) และยังพบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินผสมยูจีนอลทั้ง 3 ความเข้มข้นสามารถยับยั้งเชื้อ *S. salivarius* ได้ดี สอดคล้องกับปริมาณกักเก็บน้ำมันหอมระเหยมีค่าระหว่าง 1.81–3.02 มิลลิกรัมต่อกรัม (Table 2)

เมื่อนำฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอลที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไปวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าพื้นผิวของฟิล์มไม่สม่ำเสมอ ราบเรียบเล็กน้อย (Figure 1a) แต่เมื่อพิจารณา cross-section พบว่าฟิล์มมีลักษณะราบเรียบ เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่เห็นการแยกชั้นระหว่างแป้งและน้ำมันหอมระเหยยูจีนอล แต่มีรูพรุนขนาดเล็กกระจายอยู่ภายในเนื้อฟิล์ม (Figure 1b) อาจเป็นผลมาจากฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินที่ผสมน้ำมันหอมระเหย ได้รับความร้อนและถูกทำให้แห้งในระยะเวลาสั้น ทำให้ไอน้ำระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว จึงเกิดเป็นฟองอากาศขนาดเล็กอยู่ภายในเนื้อฟิล์ม (Andreuccetti และคณะ, 2012)

## สรุปผล

การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มระงับกลิ่นปากด้วยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ชนิดสกรูเดี่ยว พบว่าแป้งข้าวเจ้าไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มทุกสภาวะการทดลอง ส่วนฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินความเข้มข้นร้อยละ 1 ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยยูจีนอล ขึ้นรูปที่อุณหภูมิบาร์เรล 1 และ 2 เท่ากับ 65 และ 75$^{o}$C ตามลำดับ คือสภาวะที่ดีที่สุด พบว่าฟิล์ม ยับยั้งเชื้อ *S. salivarius* ได้ทั้ง 3 ความเข้มข้น มีปริมาณกักเก็บน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 1.83, 2.52 และ 3.02 มิลลิกรัมต่อกรัม แผ่นฟิล์มที่ได้มีพื้นผิวเรียบ และ cross-section ของฟิล์มเป็นเนื้อเดียวกันแต่มีรูพรุนกระจายอยู่ในเนื้อฟิล์ม

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม

## เอกสารอ้างอิง

American Standard for Testing and Materials, 1964, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, ASTM D 1434-82, Annual Book of ATSM Standard, Philadelphia.

American Standard for Testing and Materials, 1990, Standard Test Method for Water Vapor Transmission, ASTM E 96-80, Annual Book of ATSM Standard, Philadelphia.

Andreuccettia, C., Carvalhob, R., Garcíac, T., Martinez-Bustosc, F., Nuñezd, R. and Grossoa, R., 2012, Functional Properties of Gelatin-based Films Containing Yucca schidigera Extract Produced via Casting, Extrusion and Blown Extrusion Processes: A Preliminary Study, Journal of Food Engineering, 113: 33-40.

Atarés, L., De Jesús, C., Talens, P. and Chiralt, A., 2010, Characterization of SPI-based Edible Films Incorporated with Cinnamon or Ginger Essential Oils, Journal of Food Engineering, 99: 384-391.

Bader, J.D., Shugars, D.A. and Bonito, A.J., 2001, A Systematic Review of Selected Caries Prevention and Management Methods, Community Dentistry and Oral Epidemiology, 29: 399-411.

Bertuzzi, M.A., Vidaurre, E.F., Armanda, M. and Gottifredi, J.C., 2007, Water Vapor Permeability of Edible Starch Based Films, Journal of Food Engineering, 80: 972–978.

Dixit, R.P. and Puthli, S.P., 2009, Oral Strip Technology: Overview and Future Potential, Journal of Controlled Release, 15: 94-107.

Ghanbarzadeh, B., Almasi, H. and Entezami, A.A., 2010, Physical Properties of Edible Modified Starch/Carboxymethyl Cellulose Films, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11: 697-702.

352

Loesche, W.J. and Kazor, C., 2000, Microbiology and Treatment of Halitosis, Journal of Periodontology, 28: 2259-2279.

Muhiddinov, Z., Khalikov, D., Speaker, T. and Fassihi, R., 2004, Development and Characterization of Different Low Methoxy Pectin Microcapsules by an Emulsion-Interface Reaction Technique, Journal of Microencapsulation, 21: 729-741.

Schimoda, H., Taniguchi, K., Nishimura, M. and Matsuura, K., 2009, Preperation of a Fast Dissolving Oral Thin Film Containing Dexamethasone: a Possible Appliacation to Antiemesis during Cancer Chemotherapy, European Journal of Pharmaceutics and Biophamaceutics, 73: 361-365.

Shojaee-Aliabadi, S.D., Hosseini, H., Mohammadi, A., Ghasemlou, M.H., Mahdi, S., Hosseini S. and Ramin, K., 2013, Characterization of Antioxidant-antimicrobial Carrageenan Films Containing Satureja hortensis Essential Oil, International Journal of Biological Macromolecules, 52: 116-124.

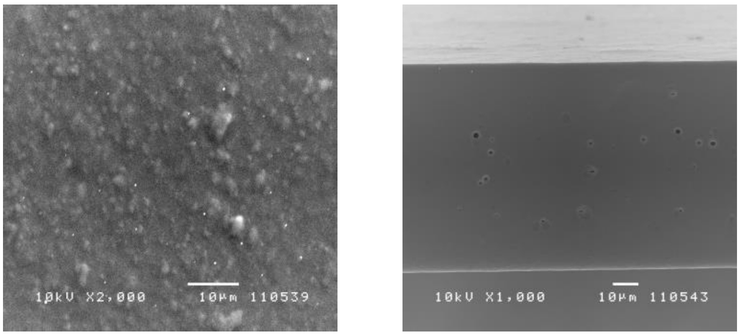
Thuwall, M., Boldizar, A. and Rigdahl, M., 2006, Extrusion Processing of High Amylose Potato Starch Materials, Carbohydrate Polymers, 65: 441-446.

**Table 1** Mechanical - physical properties of cassava flour mixed with pectin 1% and 2% (w/w)

| Cassava films | Thickness (mm) | Tensile strength (MPa) | Elongation (%) | Moisture (%) | WVTR ($10^{-4}$ g cm$^{-2}$day$^{-1}$) | Solubility (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pectin 1% | 0.064 | 14.27$^{b}$ | 7.09$^{a}$ | 6.92$^{b}$ | 10.86$^{a}$ | 61.58$^{a}$ |
| Pectin 2% | 0.065 | 20.84$^{a}$ | 6.07$^{b}$ | 7.98$^{a}$ | 9.85$^{b}$ | 59.99$^{b}$ |

**Table 2** Mechanical - physical properties, inhibition zone against *S. salivarius* and oil retention of cassava flour and pectin 1% (w/w) film mixed with eugenol 15, 20 and 25 mg/mL

| Casava film | Eugenol (mg/mL) | Thickness (mm) | Tensile strength (MPa) | Elongation (%) | Moisture (%) | WVTR ($10^{-4}$ g cm$^{-2}$day$^{-1}$) | Solubility (%) | Inhibition zone (mm) | Oil retention (mg/g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pectin 1% | 15 | 0.067$^{b}$ | 9.83$^{a}$ | 4.98$^{b}$ | 6.30$^{ab}$ | 3.21$^{a}$ | 53.68$^{a}$ | 9.20$^{c}$ | 1.83$^{c}$ |
| | 20 | 0.069$^{b}$ | 6.53$^{b}$ | 5.61$^{ab}$ | 6.02$^{abc}$ | 2.59$^{b}$ | 50.15$^{b}$ | 10.14$^{b}$ | 2.52$^{b}$ |
| | 25 | 0.080$^{a}$ | 4.76$^{c}$ | 6.76$^{a}$ | 5.79$^{cd}$ | 2.33$^{bc}$ | 48.45$^{bc}$ | 12.98$^{a}$ | 3.02$^{a}$ |




a b

**Figure 1** SEM micrographs of the surface morphology (a) and cross-sections (b) of the cassava flour and pectin 1% (w/w) film mixed with eugenol 15 mg/mL

# การพัฒนาเม็ดบีดระงับกลิ่นปากขึ้นรูปด้วยเทคนิคโคอะเซอเวชัน

## Development of Beads for Suppression of Bad Breath by Coacervation Technique

วรายุทธ จันทร์ปลอด[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Chanpord, W.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

### Abstract

The purpose of this research was to develop beads for suppression of bad breath by preparing them from gelatin and alginate mixed with 5, 10 and 15 mg/mL eugenol through coacervation technique. The gelatin bead formed with 30 % gelatin and 5 mg/mL eugenol had a spherical shape, rough surface and was unshrinkable. Unlike the gelatin bead, the 1.5 % alginate bead containing 5 mg/mL eugenol did not have a spherical shape but it had higher degree of surface roughness and was shrinkable. Both types of the bead could inhibit *Streptococcus salivarius* equally. However, gelatin bead had a higher oil-loaded capacity than the alginate bead at 4.47±0.21 and 1.24±0.42 mg/g of bead, respectively. All products could reduce bad breath.

**Keywords:** alginate, bead, coacervation, eugenol, gelatin

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พัฒนาเม็ดบีดระงับกลิ่นปากโดยใช้เจลาตินและอัลจิเนตเป็นสารเคลือบน้ำมันหอมระเหยยูจีนอลความเข้มข้น 5, 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยเทคนิคโคอะเซอเวชัน พบว่าเม็ดบีดเจลาตินที่ขึ้นรูปด้วยเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 30 ผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอลความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีลักษณะเป็นทรงกลม ผิวขรุขระเล็กน้อย และไม่หดตัว ซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากเม็ดบีดอัลจิเนตที่ขึ้นรูปจากอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอลความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ที่มีลักษณะไม่เป็นทรงกลม ผิวขรุขระ และหดตัว โดยเม็ดบีดทั้ง 2 ชนิดสามารถยับยั้งเชื้อ *Streptococcus salivarius* ได้ไม่แตกต่างกัน แต่เม็ดบีดเจลาตินมีปริมาณกักเก็บน้ำมันหอมระเหยสูงกว่าเม็ดบีดอัลจิเนตมีค่าเท่ากับ 4.47±0.21 และ 1.24±0.42 มิลลิกรัมต่อกรัมของเม็ดบีดตามลำดับ และสามารถลดระดับกลิ่นปากได้

**คำสำคัญ**: โคอะเซอเวชัน เจลาติน เม็ดบีด ยูจีนอล อัลจิเนต

### คำนำ

กลิ่นปากเกิดจากเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก เช่น *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia* และ *Streptococcus salivarius* ย่อยสลายสารประเภทโปรตีน ได้สารระเหยที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เมทิลเมอร์แคปแทน และไดเมทิลซัลไฟด์ (Loesche และ Kazor, 2000) แม้ว่ามีหลายวิธีที่สามารถป้องกันกลิ่นปาก เช่น การแปรงฟัน การบ้วนปาก หรือการเคี้ยวหมากฝรั่ง แต่การแปรงฟันหรือการบ้วนปากไม่สามารถทำได้ตลอดเวลา (Farah และคณะ, 2009) ประกอบกับการใช้สารสังเคราะห์ เช่น chlorhexidine เป็นสารช่วยลดปริมาณแบคทีเรียในช่องปาก ทำให้เกิดการระคายเคือง และมีสีตกค้างที่ฟัน (Matthijs และ Adriaens, 2002) จากปัญหาดังกล่าวมีความพยายามในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นปากชนิดเม็ด ซึ่งพกพาสะดวกและง่ายต่อการใช้ โดยผสมน้ำมันหอมระเหย เช่น ยูจีนอล เนื่องจากเป็นสารจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ในช่องปากที่เป็นสาเหตุของกลิ่นปาก สำหรับการขึ้นรูปเม็ดบีดระงับกลิ่นปากนิยมใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชันเพื่อกักเก็บน้ำมันหอมระเหยไว้ภายใน วิธีที่ได้รับความนิยมในการขึ้นรูปเม็ดบีดมากที่สุดคือ coacervation (Maji และคณะ, 2007) ใช้เจลาตินเป็นสารห่อหุ้ม (wall material) เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเกิดเจลได้ดี และสารห่อหุ้มอีกชนิดที่นิยมใช้ คือ พอลิเมอร์ในกลุ่มพอลิแซคคาไรด์ที่นิยมใช้กันมาก คือ อัลจิเนต สกัดได้จากสาหร่ายสีน้ำตาลเกิดเจลด้วยการเกิด crosslink กับ divalent cations เช่น calcium ion ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนาเม็ดบีดจากเจลาตินและอัลจิเนตผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอลเพื่อใช้เป็นเม็ดระงับกลิ่นปากขึ้นรูปด้วยเทคนิคโคอะเซอเวชัน

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Teintalay 25 Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok 10150

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารละลายอัลจิเนตความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80$^{\circ}$C จนสารละลายมีลักษณะใส ข้นหนืด ตั้งทิ้งให้เย็น ผสมซอร์บิทอลร้อยละ 40 ของน้ำหนักอัลจิเนต ตามวิธีของ Chang และ Dobashi (2003) ผสมให้เข้ากัน เทลงภาชนะบรรจุที่ต่อเข้ากับ nozzle ชนิด one nozzle ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 มิลลิเมตร ควบคุมอัตราการไหลเท่ากับ 30 หยดต่อ 1 นาที ปล่อยให้หยดลงใน hardening agent คือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นเท่ากับร้อยละ 5 เขย่าเบาๆ ตลอดเวลา เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำเม็ดบีดที่ได้ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง และตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นศึกษาสมบัติทางกายภาพของเม็ดบีดดังนี้ ขนาด ความชื้น และการละลาย

เตรียมสารละลายเจลาตินความเข้มข้น 20, 25 และ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80$^{\circ}$C ให้สารละลายมีลักษณะเหลืองใส ผสมซอร์บิทอลร้อยละ 40 ของน้ำหนักเจลาติน ผสมให้เข้ากัน เทลงภาชนะบรรจุที่ต่อเข้ากับ nozzle ชนิด one nozzle ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 มิลลิเมตร ควบคุมอัตราการไหลเท่ากับ 30 หยดต่อ 1 นาที ปล่อยให้หยดลงใน hardening agent คือ น้ำมันทานตะวันที่ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 10$^{\circ}$C ล้างด้วยเอทานอลเย็นเพื่อกำจัดน้ำมันทานตะวันที่ติดบนผิวนอกของเม็ดบีดเจลาติน และตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นศึกษาสมบัติทางกายภาพของเม็ดบีด ดังนี้ ขนาดความชื้น และการละลาย วางแผนการทดลอง 2×3 Factorial in randomized complete block design (RCBD)

คัดเลือกเม็ดบีดอัลจิเนตและเม็ดบีดเจลาตินที่ดีที่สุดจากการทดลองข้างต้น ผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอลความเข้มข้น 5, 10 และ 15 mg/mL ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. salivarius* (ตามวิธีของ Souza และคณะ, 2013) ปริมาณกักเก็บของน้ำมันหอมระเหยของแผ่นฟิล์มด้วยเครื่อง gas chromatography ต่อเข้ากับ flame ionization detector (GC-FID) ทดสอบการลดระดับกลิ่นปากของผู้ทดสอบจำนวน 5 คน ตามวิธีของ Lodhia และคณะ (2008) และวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาลัยของเม็ดบีดที่ได้ด้วยเครื่อง scanning electron microscope (SEM)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าเม็ดบีดอัลจิเนตและเม็ดบีดเจลาตินมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น เนื่องจากสารละลายอัลจิเนตและเจลาตินที่ความเข้มข้นสูง มีความหนืดสูง ทำให้สารละลายเคลื่อนที่มาที่ปลาย nozzle ช้า หยดของสารละลายอัลจิเนตและเจลาตินไม่สามารถแยกตัวออกจากปลาย nozzle ได้ในทันที จนกว่าหยดของสารละลายเม็ดบีดมีน้ำหนักมากเพียงพอที่เอาชนะแรงตึงผิว (Chan และคณะ, 2009) และหยดลง hardening agent ทำให้เม็ดบีดมีขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตามเม็ดบีดอัลจิเนตมีขนาดเล็กลงเมื่อถูกทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เนื่องจากการสูญเสียน้ำภายในโมเลกุล ทำให้เม็ดบีดไม่สามารถคงรูปได้ จึงเหี่ยวมีขนาดเล็กลง แต่เม็ดบีดมีความแข็งมากขึ้น ส่วนความชื้นของเม็ดบีดอัลจิเนต เมื่อใช้ความเข้มข้นสูงขึ้น ทำให้ความชื้นของเม็ดบีดสูงขึ้น แต่ค่าการละลายน้ำลดลง (Table 1) เนื่องจากอัลจิเนตที่ความเข้มข้นสูง ทำให้จำนวนหมู่คาร์บอกซิลมากกว่าที่ความเข้มข้นต่ำ สามารถดูดซับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น และทำให้หมู่คาร์บอกซิลจับกับแคลเซียมไอออนได้มากขึ้น ส่งผลให้ degree of hydration ของเม็ดบีดอัลจิเนตลดลง การละลายน้ำจึงลดลง (Acevedo และคณะ, 2010) โดยให้ผลตรงข้ามกับเม็ดบีดเจลาติน เนื่องจากเม็ดบีดเจลาตินเป็นโครงร่างแหสามมิติที่เกิดจากการสร้างพันธะหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธะ disulphide ซึ่งเป็นพันธะโควาเลนต์ที่แข็งแรง ทำให้ความมีขั้วของสายพอลิเมอร์ลดลง (Shiku และคณะ, 2003; Chinabhark และคณะ, 2007) ดังนั้นเมื่อใช้เจลาตินที่มีความเข็มข้นสูง ความชื้นและการละลายน้ำจึงลดลง

จากผลการทดลองสามารถคัดเลือกเม็ดบีดที่ดีที่สุดได้ 2 ชนิด คือ เม็ดบีดอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และเม็ดบีดเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 30 นำมาผสมน้ำมันหอมระเหยยูจีนอลความเข้มข้น 5, 10 และ 15 mg/mL (Figure 1) พบว่าเม็ดบีดอัลจิเนตผสมยูจีนอลทั้ง 3 ความเข้มข้น สามารถยับยั้งเชื้อ *S. salivarius* ได้ดีกว่าเม็ดบีดเจลาตินผสมยูจีนอล แต่เม็ดบีดเจลาตินมีปริมาณกักเก็บน้ำมันหอมระเหยยูจีนอลสูงกว่าเม็ดบีดอัลจิเนต (Table 2) อาจเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของพันธะภายในโมเลกุลของเม็ดบีดเจลาตินประกอบด้วยพันธะโควาเลนต์จำนวนมาก (Chinabhark และคณะ, 2007) ทำให้น้ำมันหอมระเหยที่ถูกกักเก็บไว้ภายในแพร่ออกมาได้ไม่ดี ในขณะที่เม็ดบีดอัลจิเนตเกิด crosslink ด้วย

แคลเซียมคลอไรด์ที่เป็น divalent cation เกิดช่องว่างที่เรียกว่า junction zone (Donati และคณะ, 2005) ทำให้เม็ดบีดมีรูพรุนจำนวนมาก ยูจีนอลจึงแพร่ออกมาจากรูพรุนเหล่านั้น และสัมผัสกับเชื้อ *S. salivarius* ได้มากกว่าเม็ดบีดเจลาติน

เมื่อวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยา พบว่าเม็ดบีดเจลาตินผสมยูจีนอลมีลักษณะเป็นทรงกลม ผิวภายนอกค่อนข้างเรียบ และไม่หดตัว โดยพื้นผิวของเม็ดบีดเจลาตินมีลักษณะเป็นหลุม และขรุขระเล็กน้อย (Figure 2a) อาจเป็นเพราะระหว่างขั้นตอนผลิตเม็ดบีดในน้ำมันทานตะวัน ยูจีนอลที่เป็นไฮโดรโฟบิก แยกตัวออกจากส่วนที่เป็นไฮโดรฟิลิกของเจลาติน และหลุดออกมาบริเวณผิวนอกของเม็ดบีด ทำให้เกิดหลุมขนาดเล็ก และมีพื้นผิวไม่ราบเรียบ ส่วนเม็ดบีดอัลจิเนตผสมยูจีนอลมีลักษณะไม่เป็นทรงกลม หดตัว ผิวด้านนอกไม่เรียบ และไม่สม่ำเสมอ โดยพื้นผิวของเม็ดบีดอัลจิเนตขรุขระ ไม่เรียบ และมีลักษณะหดตัว (Figure 2b) อาจเป็นเพราะเม็ดบีดอัลจิเนตถูกทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เกิดการสูญเสียน้ำภายในโมเลกุล ทำให้เม็ดบีดหดตัวและไม่สามารถคงรูปทรงกลมไว้ได้

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการลดระดับกลิ่นปากของเม็ดบีดทั้ง 2 ชนิด โดยเปรียบเทียบระดับกลิ่นปากจาก GC-FID chromatogram ที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 นาทีพบว่าเม็ดบีดเจลาตินและเม็ดบีดอัลจิเนต ผสมยูจีนอล ทำให้กลิ่นปากมีระดับลดลง โดยกลิ่นปากมีระดับลดลงหลังอมเม็ดบีดแต่ละชนิด ตั้งแต่ระยะเวลาผ่านไป 2 นาที จนถึง 6 นาที (Figure 2)

## สรุปผล

สภาวะที่ดีที่สุดในการขึ้นรูปเม็ดบีดจากเจลาตินและเม็ดบีดอัลจิเนตผสมยูจีนอลความเข้มข้น 5, 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ขึ้นรูปด้วยเทคนิคโคอะเซอเวชัน (coacervation) คือ การใช้เจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 30 และการใช้อัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ผสมยูจีนอล สามารถยับยั้งเชื้อ *S. salivarius* ได้ทั้ง 3 ความเข้มข้น แต่เม็ดบีดจากเจลาตินสามารถกักเก็บยูจีนอลได้มากกว่าเม็ดบีดจากอัลจิเนต โดยเม็ดบีดเจลาตินมีลักษณะทางสัณฐานวิทยากลม ไม่หดตัว และมีผิวขรุขระเล็กน้อย และไม่หดตัว แต่เม็ดบีดอัลจิเนตมีลักษณะไม่เป็นทรงกลม หดตัว และมีผิวขรุขระ แต่เม็ดบีดทั้ง 2 ชนิด สามารถลดระดับกลิ่นปากได้

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม

## เอกสารอ้างอิง

Acevedo, C.A., Lopez, D.A, Tapia, M.J., Enrione, J., Skurtys, O., Pedreschi, F., Brown, D., Creixell, W. and Osorio, F., 2010, Using RGB Image Processing for Designing an Alginate Edible Film, Food and Bioprocess Technology, 5: 1511-1520.

Chan, E.S., Lee, B.B., Ravindra, P. and Poncelet, D., 2009, Prediction Models for Shape and Size of Ca-alginate Macrobeads Produced through Extrusion–dripping Method, Journal of Colloid and Interface Science, 338: 63-72.

Chang, C.P. and Dobashi, T., 2003, Preparation of Alginate Complex Capsules Containing Eucalyptus Essential oil and Its Control Release, Colloids Surfaces B: Biointerfaces, 32: 257-262.

Chinabhark, K., Benjakul, S. and Prodpran, T., 2007, Effect of pH on the Properties of Protein-Based Film from Bigeye Snapper (*Priacanthus tayenus*) Surimi, Bioresource Technology, 98: 221-225.

Donati, I., Holtan, S., Morch, Y. A., Borgogna, M., Dentini, M. and Skjk-Brk, G., 2005, New Hypothesis on the Role of Alternating Sequences in Calcium-Alginate Gels, Biomacromolecules, 6: 1031-1040.

Lodhia, P., Yaegaki, K., Khakbaznejad, A., Imai, T., Sato, T., Tanaka, T., Murata, T. and Kamoda, T., 2008, Effect of Green Tea on Volatile Sulfur Compounds in Mouth Air, Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 54: 89-94.

Matthijs, S. and Adriaens, P.A., 2002, Chlorhexidine Varnishes: a review, Journal of Clinical Periodontology, 29: 1-8.

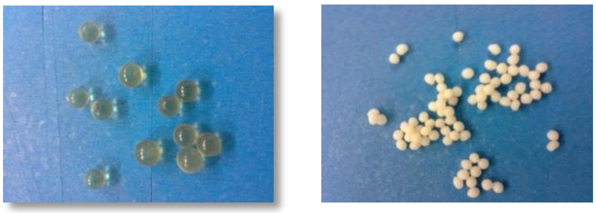
Shiku, Y., Hamaguchi, P.Y. and Tanaka, M., 2003, Effect of pH on the Preparation of Edible Films Based on Fish Myofibrillar Proteins, Fisheries Science, 69: 1026-1032.

**Table 1** Physical properties of alginate and gelatin bead

| Beads | Concentration (%) | Size fresh bead (mm) | Size dried bead (mm) | Moisture (%) | Solubility (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Alginate | 0.5 | 2.83[c] | 1.61[d] | 11.20[c] | 41.56[a] |
| | 1.0 | 3.13[b] | 2.06[c] | 12.17[c] | 39.96[b] |
| | 1.5 | 3.63[a] | 2.43[b] | 13.09[c] | 32.47[c] |
| Gelatin | 20 | 2.07[e] | 2.07[c] | 30.18[a] | 12.35[e] |
| | 25 | 2.40[d] | 2.40[b] | 28.88[b] | 13.84[e] |
| | 30 | 2.83[c] | 2.83[a] | 27.83[b] | 18.26[d] |

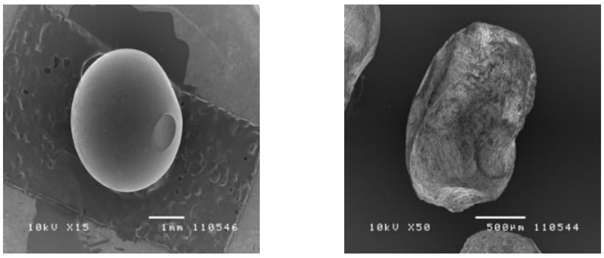
**Table 2** Physical properties, inhibition zone against *S. salivarius* and oil retention of alginate (1.5%) and gelatin (30%) beads mixed with eugenol 5 mg/mL

| Beads | Eugenol (mg/ml) | Size (mm) | Moisture (%) | Solubility (%) | Inhibition zone (mm) | Oil retention (mg/g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alginate 1.5% | 5 | 2.83[a] | 14.42[a] | 60.05[a] | 8.57[a] | 1.24[b] |
| Gelatin 30% | | 2.47[b] | 11.72[b] | 15.50[b] | 7.52[b] | 4.47[a] |



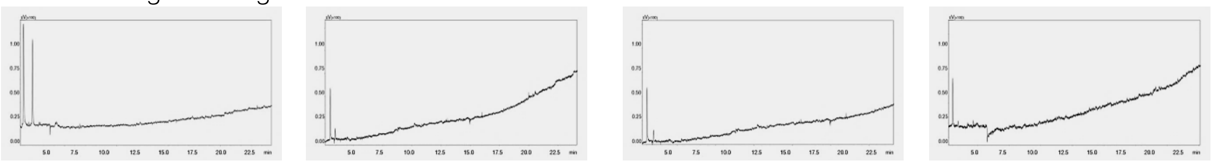
a b

**Figure 1** Appearances of gelatin 30% (a) and alginate 1.5% (b) bead mixed with eugenol 5 mg/mL

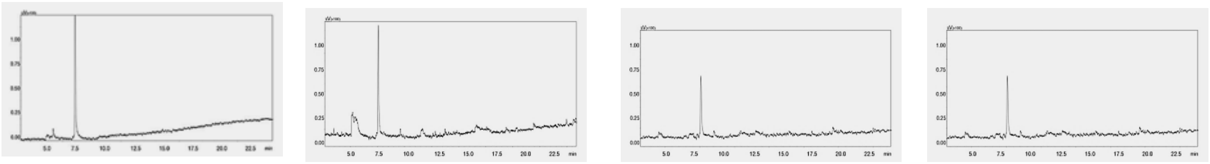



a b

**Figure 2** SEM micrographs of the surface morphology of gelatin 30% (a) and alginate 1.5% (b) bead mixed with eugenol 5 mg/mL



Gelatin mixed with eugenol 5 mg/mL



Alginate mixed with eugenol 5 mg/mL

0 min 2 min 4 min 6 min

**Figure 3** The chromatogram of bad breath of a healthy volunteer after tested by gelatin and alginate mixed with eugenol 5 mg/mL with 0, 2, 4 and 6 min.

# การปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวด้วยกัวร์กัม

# Quality Improvement of Instant Rice Noodle from Rice Flour Using Guar Gum

**กรรณิการ์ กุลยะณี[1] กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] และ อโนชา สุขสมบูรณ์[1]**

Kunyanee, K.[1], Limroongruengrat, K.[1] and Suksomboon, A.[1]

## Abstract

The objective of this research was to develop the wheat flour-free instant noodle from rice flour. Guar gum was addition to improve cooking properties and textural properties of instant noodle from rice flour. The results showed that increase amount of guar gum 0, 1, 2, and 3% flour basis decreased cooking time and cooking loss but increased hardness and tensile strength of the instant rice noodle produced from 100% flour basis of rice flour, 10% flour basis of soy protein isolate (SPI) and 90% flour basis of water ($p<0.05$). The SEM micrographs inside noodle stands showed the dense structure mass when guar gum was added. The instant rice noodle with 3% guar gum presented the highest score of overall acceptance, and the lowest cooking time (3 min). The instant noodle from rice flour developed in this research contained the higher amount of protein of 11.50%db compared with the instant noodle from 100% wheat flour and it meets the Thai Industrial Standards of instant noodle.

**Keywords:** rice flour, soy protein isolate, guar gum, instant noodle

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวที่ปราศจากแป้งสาลี โดยเติมกัวร์กัมเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพด้านการหุงต้มและด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จากผลการวิจัยพบว่า การเพิ่มปริมาณกัวร์กัม 0, 1, 2 และ 3% ของน้ำหนักแป้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้า 100% โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10% และน้ำ 90% ของน้ำหนักแป้ง มีเวลาที่เหมาะสมในการต้มสุกและมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง มีค่าความแข็งและค่าความต้านทานต่อการดึงขาดเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) และโครงสร้างภายในของเส้นบะหมี่จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่หนาแน่นขึ้น ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวผสมกัวร์กัม 3% ของน้ำหนักแป้ง มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุดและใช้เวลาที่เหมาะสมในการต้มสุกสั้นที่สุด (3 นาที) ทั้งนี้บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัม 3% ของน้ำหนักแป้ง มีปริมาณโปรตีน 11.50% ฐานแห้ง ซึ่งสูงกว่าบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวสาลี และมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป

**คำสำคัญ:** แป้งข้าวเจ้า โปรตีนถั่วเหลืองสกัด กัวร์กัม บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป

## คำนำ

บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในหมู่ผู้บริโภคชาวไทย เนื่องจากสะดวกในการรับประทานและมีราคาไม่แพง ทั้งนี้บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปมีส่วนผสมหลักคือ แป้งสาลี (Wheat Flour) ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการของโรค Coeliac disease ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาจากแป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีได้รับการยอมรับว่ามีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี โดยข้าวประกอบด้วยโปรตีนที่ไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้และย่อยง่าย รวมทั้งมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (สำนักงานการวิจัยและพัฒนาข้าว, 2553) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากแป้งข้าวไม่มีโปรตีนกลูเตนเหมือนกับแป้งสาลี เมื่อนำแป้งมานวดกับน้ำจนกลายเป็นโดจะไม่สามารถรีดเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้นบะหมี่ได้ (Sozer, 2009) จึงต้องมีการพัฒนาส่วนผสม และกระบวนการผลิตให้เหมาะสม โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมา อโนชา และกุลยา (2555) รายงานว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้า 100% โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10% และน้ำ 90% ของน้ำหนักแป้งที่ใช้เวลาในการนึ่งโด 9 นาที และนึ่งเส้นบะหมี่ก่อนทอดด้วยเวลา 5 นาที มีคุณภาพด้านการหุงต้ม (ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม 12.36%) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ความชอบโดยรวม 6.73 คะแนน) แต่ยังพบว่า บะหมี่ที่ผ่านการคืนรูป

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsean, Chonburi, THAILAND 20131

แล้วยังคงมีเนื้อสัมผัสนิ่มเกินไปและเส้นขาด ทั้งนี้มีรายงานถึงการใช้กัวร์กัมในการปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส และคุณภาพด้านการหุงต้มของอาหารเส้น โดย Yu และ Ngadi (2006) รายงานว่าเมื่อใช้กัวร์กัมในปริมาณเพิ่มขึ้น (0-0.37% โดยน้ำหนักแป้ง) ส่งผลให้ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปสูงขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีศึกษาผลของการเติมกัวร์กัมเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพด้านการหุงต้มและด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าว

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าว โดยผสมแป้งข้าวเจ้า 100 กรัม และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 กรัม เกลือ 1.5 กรัม น้ำ 90 กรัม โดยแปรปริมาณกัวร์กัม 0, 1, 2 และ 3 กรัม ให้เข้ากันในเครื่องผสมไฟฟ้า จากนั้นนำโดไปนึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 5 นาที และนำมานวดด้วยเครื่องผสมไฟฟ้า อัดโดให้เป็นเส้นโดยใช้เครื่องทำพาสต้าที่มีขนาดช่องเปิดที่หน้าแปลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และตัดให้เส้นมีความยาว 30 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักบะหมี่ 50 กรัม ใส่แม่พิมพ์สี่เหลี่ยม 9 x 9 ซม นำไปนึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 5 นาที นำบะหมี่ที่ผ่านการนึ่งเรียบร้อยแล้วไปทอดด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ

ตรวจสอบโครงสร้างภาพตัดขวาง (Cross Section) ของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ตรวจสอบเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (AACC, 2000) วิเคราะห์ความแข็ง (Hardness) ความต้านทานต่อการดึงขาดของบะหมี่ (Tensile Strength) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture Analyzer (TA-XT2) ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของบะหมี่ต้มสุก ใช้วิธีการให้คะแนนตามลำดับความชอบแบบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พิจารณาเลือกบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำ ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดสูง เพื่อนำไปตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยอาหาร (AOAC, 2005) เทียบกับบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวสาลี

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ การวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ส่วนการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบบล็อคสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variane, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลิตภัณฑ์ภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวเติมกัวร์กัม 0, 1, 2 และ 3 % ของน้ำหนักแป้ง มีลักษณะดัง Figure 1 จากการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัม โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ดัง Figure 2 พบว่า เมื่อปริมาณกัวร์กัมมากขึ้น เส้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวมีโครงสร้างแน่นขึ้น จำนวนช่องอากาศมีปริมาณลดลง และเห็นเป็นพื้นที่ที่เป็นส่วนทึบมากขึ้น เนื่องจากกัวร์กัมสามารถเกิดโครงสร้างร่างแหล้อมรอบเม็ดสตาร์ช จากอันตรกิริยา (Interaction) ของกาแล็กโตแมนแนนในโมเลกุลของกัวร์กัมกับอะไมโลส ด้วยพันธะไฮโดรเจน และทำให้เกิดโครงสร้างคล้ายร่างแหสามมิติ (Kruger และคณะ, 2003; Sudhakar และคณะ, 1996) จึงทำให้ภายในเส้นบะหมี่มองเห็นเป็นโครงสร้างที่แน่นขึ้น

จากผลการวิจัย พบว่า การเติมกัวร์กัมสามารถปรับปรุงคุณภาพด้านการต้มและเนื้อสัมผัสของบะหมี่ (Table 1) ทั้งนี้เมื่อปริมาณกัวร์กัมมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวใช้เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกลดลง อยู่ในช่วง 5 นาที ถึง 3 นาที ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างต้มลดลง โดยมีค่าความแข็ง และค่าแรงต้านทานการดึงขาดเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจาก กัวร์กัมสามารถเกิดอันตรกิริยากับอะไมโลสในโมเลกุลของสตาร์ช ทำให้เกิดโครงสร้างคล้ายร่างแหสามมิติ ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวมีโครงสร้างของเส้นที่แข็งแรงมากขึ้น จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง และมีความสามารถในการต้านทานการดึงขาดมากขึ้น ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ต้องการของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป จากผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Table 2) พบว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวมีคะแนนความชอบด้านสี และกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) โดยผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัม 3% ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุด สอดคล้องกับค่าความต้านทานต่อการดึงขาดที่สูงสุด ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมปริมาณ 1, 2 และ 3% ของน้ำหนักแป้งได้รับคะแนนการประเมินด้านความชอบโดยรวมสูงสุดไม่แตกต่างกัน

อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัม 3% ของน้ำหนักแป้งมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำที่สุด มีค่าความต้านทานต่อการดึงขาดสูงสุด และใช้เวลาในการคืนรูปน้อยที่สุด คือ 3 นาที จึงคัดเลือกมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปที่ทำจากแป้งสาลี พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ 8.27±0.02, 11.50±0.01, 15.33±0.13 และ1.97±0.01 % ฐานแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าที่วิเคราะห์ได้จากบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งสาลี 100% ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.66±0.06, 10.63±0.01, 15.02±0.10 และ 1.93±0.05 % ฐานแห้ง ตามลำดับ โดยที่คุณภาพของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวที่ได้ มีคุณภาพใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ประเภทที่ 1 (เส้นบะหมี่ที่ทำแห้งโดยการทอดด้วยน้ำมัน) ด้านคุณลักษณะทางเคมี คือ ปริมาณความชื้นไม่เกิน 8% และปริมาณไขมันไม่เกิน 20% (มาตรฐานอุตสาหกรรม, 2548)

## สรุปผล

การเติมกัวร์กัมลงในส่วนผสมเป็นการปรับปรุงคุณภาพด้านการต้มสุก และเนื้อสัมผัสของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าว ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณกัวร์กัมทำให้บะหมี่มีโครงสร้างภายในที่แข็งแรงขึ้น โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างต้มลดลง มีค่าความแข็งและค่าแรงต้านทานการดึงขาดเพิ่มขึ้น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าวที่พัฒนาขึ้นมีโปรตีน ไขมัน และใยอาหารทั้งหมดสูงกว่าบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งสาลี และมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

## เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานอุตสาหกรรม, 2548, บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพ.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, กลุ่มผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวทดแทนแป้งสาลี [สืบค้น], http://kasetinfo.arda.or.th/rice/rice-product1_9.html [28/ October/ 10].

อโนชา สุขสมบูรณ์ และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2555, การพัฒนาบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งข้าว,รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555, ชลบุรี, หน้า 1-97.

American Association of Cereal Chemist (AACC), 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist. Minnesota.

Kruger, A., Ferrero, C. and Zaritzky, N.E., 2003, Modelling Corn Starch Swelling in Batch System: of Sucrose and Hydrocolloids, Journal of Food Engineering, 58(2): 125-133.

Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2005. 15$^{th}$ ed., Verginia.

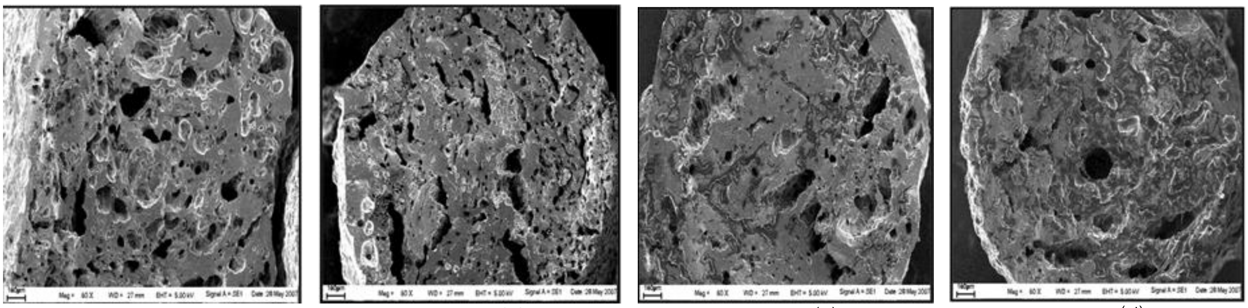
Sozer, N., 2009, Rheological Properties of Rice Pasta Dough Supplemented with Proteins and Gums, Food Hydrocolloids, 23(3): 849-855.

Sudhakar, V., Singhal, R.S. and Kulkarni, P.R., 1996, Effect of Salt on Interactions of Starch with Guar Gum, Food Hydrocolloids, 10(3): 329-334.

Yu, L.J. and Ngadi, M.O., 2006, Rheological Properties of Instant Fried Noodle Dough as Affected by Some Ingredients, Journal of the Science of Food and Agriculture, 86(4): 544–548.

(a) (b) (c) (d)

**Figure 1** Instant noodle from rice flour with 0 % flour basis (a) 1 % flour basis (b) 2 % flour basis (c) and 3 % flour basis (d) of guar gum.



(a) (b) (c) (d)

**Figure 2** SEM micrographs of instant rice noodle from rice flour with 0 % flour basis (a) 1% flour basis (b) 2 % flour basis (c) and 3 % flour basis (d) of guar gum.

**Table 1** Cooking properties and textural properties of instant noodle from rice flour with different amount guar gum.

| Guar gum (% flour basis) | Cooking time (min) | Cooking loss (%) | Hardness (g-force) | Tensile strength (g-force) |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 5 | $12.86 \pm 0.15^{a}$ | $2407.72 \pm 3.01^{d}$ | $13.69 \pm 0.22^{c}$ |
| 1 | 4 | $8.33 \pm 0.31^{b}$ | $2554.79 \pm 59.70^{c}$ | $17.62 \pm 0.03^{b}$ |
| 2 | 4 | $4.77 \pm 0.31^{c}$ | $2959.51 \pm 124.29^{b}$ | $22.75 \pm 1.00^{a}$ |
| 3 | 3 | $4.24 \pm 0.14^{c}$ | $3331.22 \pm 65.96^{a}$ | $22.77 \pm 0.06^{a}$ |

$^{a,b,..}$ Means within a column with different superscripts are significantly different (p <0.05).

**Table 2** Sensory evaluation score of liking from instant noodle from rice flour with different amount guar gum.

| Guar gum (% flour basis) | Color$^{ns}$ | Odor$^{ns}$ | Texture | All acceptance |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 6.37±0.89 | 6.10±0.85 | $6.23 \pm 0.56^{c}$ | $6.70 \pm 0.70^{b}$ |
| 1 | 6.27±0.83 | 6.20±0.76 | $6.83 \pm 0.79^{b}$ | $7.03 \pm 0.56^{a}$ |
| 2 | 6.27±0.87 | 6.10±1.24 | $6.87 \pm 1.22^{b}$ | $7.10 \pm 0.66^{a}$ |
| 3 | 6.43±0.86 | 6.00±0.87 | $7.37 \pm 0.62^{a}$ | $7.13 \pm 0.68^{a}$ |

$^{a,b,..}$ Means within a column with different superscripts are significantly different (p <0.05).

$^{ns}$ Not significantly different

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 361-364 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 361-364 (2558)

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนอบแห้งผสมข้าวไรซ์เบอรี่

## Development of Dried Rice Noodle (Kanom-geen) from Riceberry

จารุพรรณ ใบนาค[1] รัตนาพร วงค์ภักดี[1] และ อโนชา สุขสมบูรณ์[1]

Bainak, J.[1], Wongpakdee, R.[1] and Suksomboon, A.[1]

### Abstract

This research aims to develop and improve the quality of dried rice noodle (Kanom-geen) using riceberry flour and guar gum. Dried Kanom-geen was prepared using 0, 10, 15, 20 and 25% (flour basis) of riceberry flour as Khao Ta Haeng flour substitution. The result showed that increase amount of riceberry flour increased cooking loss but decreased hardness of cooked Kanom-geen. Kanom-geen with 25% riceberry flour received the highest overall preferences as same as Kanom-geen from 0% riceberry flour did and had the highest antioxidant activity. Therefore, it was selected for further study. The 0, 3, 4 and 5% guar gum were added to Kanom-geen with 25% riceberry flour. The result indicated that increase the level of guar gum improved the cooking properties of Kanom-geen by decrease cooking loss and increase tensile strength ($p<0.05$). Kanom-geen made from 25% riceberry flour with 5% guar gum which received the highest both of tensile strength and overall preferences gave higher crude fiber, anthocyanin contents and antioxidant activities than the commercial Kanom-geen did ($p<0.05$).

**Keywords:** rice noodle (Kanom-geen), riceberry, guar gum, antioxidant activities

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของขนมจีนอบแห้งโดยการทดแทนแป้งข้าวขาวตาแห้งด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่และการเติมกัวร์กัม โดยใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งข้าวขาวตาแห้งในปริมาณ 0 10 15 20 และ 25% (ของน้ำหนักแป้ง)ในการทำขนมจีน พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีผลให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น แต่ค่าความแข็งลดลง ขนมจีนอบแห้งที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ปริมาณ 25% ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดไม่แตกต่างกับขนมจีนที่ไม่ผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ และมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด จึงคัดเลือกมาศึกษาในขั้นต่อไป โดยแปรปริมาณกัวร์กัม 4 ระดับ คือ 0 3 4 และ 5% (ของน้ำหนักแป้ง) จากผลการวิจัยพบว่า การเพิ่มปริมาณกัวร์กัม ปรับปรุงคุณลักษณะด้านการหุงต้มของขนมจีน โดยทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง ค่าความต้านทานการดึงขาดเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ขนมจีนอบแห้งผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ 25% ที่เติมกัวร์กัม 5% มีคะแนนความชอบโดยรวม และมีค่าความต้านทานการดึงขาดสูงที่สุด มีปริมาณเส้นใยหยาบ แอนโทไซยานิน และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สูงกว่าขนมจีนอบแห้งทางการค้า ($p<0.05$)

**คำสำคัญ**: ขนมจีน ข้าวไรซ์เบอรี่ กัวร์กัม สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

### คำนำ

ขนมจีน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเจ้าหรือข้าวเจ้ากล้องที่ผ่านการหมักหรือไม่ก็ได้นำมาโม่และทับน้ำ หรือทำจากแป้งขนมจีน อาจผสมส่วนประกอบอื่น นำไปนวด โรยเป็นเส้นในน้ำเดือด ช้อนเส้นที่สุกแล้วใส่ในน้ำเย็น นำขึ้นแล้วจับเรียงหรือทำเป็นรูปร่างตามต้องการ (มผช.500/2557) อย่างไรก็ตาม ขนมจีนแบบสดจะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น การทำเป็นขนมจีนอบแห้งจะช่วยลดอันตรายจากจุลินทรีย์ และยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น สำหรับข้าวที่มีสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาทำขนมจีนนั้นต้องเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงประมาณ 27-32% เช่น ข้าวขาวตาแห้ง ข้าวเหลือง 11 (อรอนงค์, 2550) ปัจจุบันมีการพัฒนาพันธุ์ข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้นมาหลายพันธุ์ ข้าวไรซ์เบอรี่ (Riceberry) เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับการพัฒนาโดยการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวขาวดอกมะลิ 105 คุณสมบัติเด่นทางด้านโภชนาการของข้าวไรซ์เบอรี่ คือมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง (ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว, 2557) ดังนั้นผู้วิจัย

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsean, Chonburi, THAILAND 20131

จึงมีความสนใจในการนำข้าวไรซ์ เบอร์รี่มาเป็นส่วนผสมของขนมจีนทดแทนข้าวขาวตาแห้งซึ่งเป็นส่วนผสมเดิม อย่างไรก็ตาม ข้าวไรซ์เบอรี่เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลาง (15.6) ดังนั้นจึงต้องมีการปรับสัดส่วนปริมาณข้าวไรซ์เบอรี่ให้เหมาะสม สำหรับการด้านการปรับปรุงคุณภาพด้านการหุงต้มและเนื้อสัมผัส มีรายงานการใช้กัวร์กัมเป็นสารปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเส้นหลายชนิด โดย Yu และ Ngadi (2004) รายงานว่า เมื่อใช้กัวร์กัมในปริมาณเพิ่มขึ้น (0-0.37% โดยน้ำหนักแป้ง) ส่งผลให้ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปสูงขึ้น พรพิมล และอารีย์ (2551) พบว่าเมื่อเติมกัวร์กัม 5% ของน้ำหนักแป้ง ในขนมจีนที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าหอมนิล 15% ทำให้ขนมจีนอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปคืนรูปเร็วที่ได้มีลักษณะปรากฏที่เรียบ สม่ำเสมอ เป็นเส้นยาว และเหนียว ระยะเวลาในการคืนรูปลดลง อัตราการดูดน้ำ และปริมาณผลผลิตสูงที่สุด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาขนมจีนอบแห้งโดยการทดแทนแป้งข้าวขาวตาแห้งด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่และปรับปรุงคุณภาพของขนมจีนด้วยการเติมกัวร์กัม

## อุปกรณ์และวิธีการ

ตอนที่ 1 หาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่ใช้ในการผลิตขนมจีนผสมข้าวไรซ์เบอรี่อบแห้ง โดยเตรียมขนมจีนอบแห้ง ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก พรพิมล และอารีย์ (2551) โดยผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งข้าวขาวตาแห้งในปริมาณ 0 10 15 20 และ 25 % ของน้ำหนักแป้ง นำมาวิเคราะห์เวลาที่เหมาะสมในการต้มสุก และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (AACC, 2000) วิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมจีนต้มสุก ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) และค่าแรงดึงขาด (Tensile strenght) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-XT2) วิเคราะห์สมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH รายงานเป็นค่า $EC_{50}$ ซึ่งหมายถึงความเข้มข้นของตัวอย่างที่สามารถยับยั้งอนุมูล DPPH ได้ถึง 50% (Huang et al, 2005) ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale

ตอนที่ 2 หาปริมาณของกัวร์กัมที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตขนมจีนผสมข้าวไรซ์เบอรี่อบแห้ง โดยเตรียมขนมจีนอบแห้งที่ใช้ปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่เลือกมาจากตอนที่ 1 เติมกัวร์กัม 0, 3, 4 และ 5 % ของน้ำหนักแป้ง แล้วนำมาวิเคราะห์ คุณภาพด้านการต้ม เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับ ตอนที่ 1

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของขนมจีนอบแห้งผสมข้าวไรซ์เบอรี่กับขนมจีนอบแห้งทางการค้า โดยนำขนมจีนอบแห้งผสมข้าวไรซ์เบอรี่คัดเลือกจากตอนที่ 2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณเส้นใยหยาบ (AOAC, 2005) วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Huang และคณะ, 2005) เปรียบเทียบกับขนมจีนอบแห้งทางการค้า

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ยกเว้นการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบบลอคสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการวิจัยในตอนที่ 1 (Table 1) ขนมจีนอบแห้งที่ไม่มีการทดแทนแป้งข้าวขาวตาแห้งด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ (0 %) ใช้เวลาในการต้มสุกมากที่สุด คือ 4.50 นาที และเมื่อทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ 10 15 20 และ 25% ของน้ำหนักแป้ง ทำให้ขนมจีนมีค่าเวลาในการต้มสุกลดลงเป็น 3.00 นาที เมื่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น และค่าความแข็งของเส้นขนมจีนมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ขนมจีนที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่หลังจากจากคืนรูปมีเส้นที่ขาดจนไม่สามารถวัดค่าแรงดึงขาดได้ ทั้งนี้เนื่องจากการทดแทนแป้งข้าวตาแห้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลาง ทำให้โครงสร้างของเส้นไม่แข็งแรง เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารเส้นควรใช้ข้าวที่มีอะไมโลสสูง (อรอนงค์, 2550) จากการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าขนมจีนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ 25% มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงกว่าขนมจีนที่ไม่ทดแทนด้วยแป้งแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ทั้งนี้พบว่าการเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ส่งผลให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงโดยการมีค่า $EC_{50}$ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนผลการทดสอบทางด้านความชอบโดยรวม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบขนมจีนอบแห้งที่ไม่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มากที่สุด แต่ไม่ต่างจากขนมจีนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ 10 15 20 และ 25% ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงคะแนนความชอบโดยรวมและสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด จึงคัดเลือกขนมจีนอบแห้งผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ 25% ของน้ำหนักแป้ง ทดแทนแป้งข้าวขาวตาแห้ง ไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

จากผลการวิจัยในตอนที่ 2 (Table 2) เมื่อปริมาณกัวร์กัมเพิ่มขึ้น จาก 0, 3, 4 และ 5% ของน้ำหนักแป้ง ส่งผลให้ค่าเวลาที่เหมาะสมในการต้มสุกเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3, 3.5, 4.5 และ 5 นาที ตามลำดับ แต่ปริมาณของกัวร์กัมไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ปริมาณกัวร์กัมมากขึ้นมีผลให้ค่าความแข็งและค่า แรงดึงขาดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้กัวร์กัมสามารถเกิดอันตรกิริยากับอะไมโลสในโมเลกุลของสตาร์ช ทำให้เกิดโครงสร้างคล้ายร่างแหสามมิติ (Kruger และคณะ, 2003) ซึ่งส่งผลขนมจีนมีโครงสร้างของเส้นที่แข็งแรงมากขึ้น ขนมจีนอบแห้งที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีการเติมกัวร์กัม 3, 4 และ 5 %ได้รับคะแนนการประเมินความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่มีคะแนนที่สูงกว่าขนมจีนอบแห้งที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่ไม่มีการเติมกัวร์กัม เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวม ร่วมกับค่าความแข็ง และค่าแรงดึงขาด จึงพิจารณาคัดเลือกขนมจีนอบแห้งที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ 25 % ที่เติมกัวร์กัม 5 % มาทดลองในตอนต่อไป

ผลการทดลองตอนที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ขนมจีนอบแห้งที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ 25% ที่เติมกัวร์กัม 5% มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และ เถ้า เท่ากับ 8.26±0.02, 9.65±0.02, 0.34±0.13 และ 0.38±0.01 %db ซึ่งต่ำกว่าขนมจีนอบแห้งทางการค้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.67±0.18, 15.89±0.27, 0.29±0.20 และ 1.04±0.04 %db ตามลำดับ แต่พบว่าขนมจีนอบแห้งที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่มีปริมาณเส้นใยหยาบเท่ากับ 0.0045±0.00 %db ปริมาณแอนโทไซยานิน 0.00502±0.00 mg/g และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระรายงานเป็น $EC_{50}$ 493.25±14.58 mg/ml สูงกว่าขนมจีนอบแห้งทางการค้า ซึ่งมีปริมาณเส้นใยหยาบที่น้อยมากจนไม่สามารถวิเคราะห์ค่าได้ มีปริมาณแอนโทไซยานิน 0.00054±0.00 mg/g และค่า $EC_{50}$ 49944.67±7.57 mg/ml

## สรุปผล

การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรรี่ 0 10 15 20 และ 25% ของน้ำหนักแป้ง ทดแทนแป้งข้าวขาวตาแห้งทำให้ขนมจีนอบแห้ง มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น มีค่าความแข็งลดลง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ขนมจีนอบแห้งที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ปริมาณ 25% มีคะแนนความชอบโดยรวมที่ไม่แตกต่างจากขนมจีนอบแห้งที่ไม่มีการทดแทนแป้งขาวตาแห้งด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ การเติมกัวร์กัมเป็นการปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของขนมจีนอบแห้งผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ โดยการเพิ่มปริมาณกัวร์กัมทำให้ขนมจีนมีค่าแรงดึงขาดสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการเติมกัวร์กัม 3-5% ทำให้ขนมจีนอบแห้งผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรรี่มีความชอบที่ไม่แตกต่างกัน ขนมจีนอบแห้งผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ 25% ที่เติมกัวร์กัม 3% ที่พัฒนาขึ้นมีปริมาณเส้นใยหยาบ และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าขนมจีนอบแห้งทางการค้า

## เอกสารอ้างอิง

พรพิมล มณีพันธ์ และอารีย์ ศรีสุขโข, 2551, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนอบแห้งกึ่งสำเร็จรูปคืนรูปเร็วจากข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวขาวตาแห้ง 17, ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมจีนแห้ง (มผช. 140/2546) [สืบค้น], http://app.tisi.go.th/otop/standard/standards.html [29/ August/ 14]

ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว, ข้าวไรซ์เบอร์รี่ [สืบค้น]., http://dna.kps.ku.ac.th [29 August/ 14].

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550, ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พิมพ์ครั้งที่ 2), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

American Association of Cereal Chemist (AACC), 2000, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist. Minnesota.

Huang, Y.C., Chang, Y.H. and Shao, Y.Y., 2005, Effects of Genotype and Treatment on the Antioxidant Activity of Sweet Potato in Taiwan, Food Chemistry, 98(3): 529-538.

Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2005. 15$^{th}$ ed., Verginia.

Kruger, A., Ferrero, C. and Zaritzky, N.E., 2003, Modelling Corn Starch Swelling in Batch System: of Sucrose and Hydrocolloids, Journal of Food Engineering, 58(2): 125-133.

Yu, L.J. and Ngadi, M.O., 2004, Textural and other Quality Properties of Instant Fried Noodles as Affected by Some Ingredients, Cereal Chemistry, 81(60): 772-776.

**Figure 1** Cooked rice noodle (Kanom-geen) from 0, 10, 15, 20 and 25% flour basis of riceberry flour as Khao Ta Haeng flour substitution.

**Table 1** Effect of amount of riceberry flour on cooking properties, hardness, antioxidant activity and all acceptance score of Kanom-geen.

| Riceberry flour (%) | Cooking time (min) | Cooking loss (%) | Hardness (g-force) | $EC_{50}$ (mg/ml) | All acceptance score |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 4.5 | 3.05±0.33[d] | 3006.99±25.05[a] | 16613.61±3.72[a] | 7.17±1.26[a] |
| 10 | 3.0 | 4.88±0.83[c] | 2699.02±60.13[b] | 1229.43±11.06[b] | 6.73±0.94[ab] |
| 15 | 3.0 | 5.78±0.47[bc] | 2668.11±15.04[b] | 900.49±5.21[c] | 6.80±0.99[ab] |
| 20 | 3.0 | 5.88±1.07[b] | 2563.62±15.72[c] | 605.15±7.65[d] | 6.63±0.96[b] |
| 25 | 3.0 | 6.94±0.96[a] | 2268.16±10.34[d] | 516.18±4.60[e] | 6.80±1.16[ab] |

[a,b,..] Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

**Table 2** Effect of amount of guar gum on cooking properties, textural properties and all acceptance score of Kanom-geen.

| Guar gum (%) | Cooking time (min) | Cooking loss[ns] (%) | Hardness (g-force) | Tensile strength (g-force) | All acceptance score |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 3.0 | 6.67±0.39 | 2262.16±12.46[d] | - | 5.50±1.61[b] |
| 3 | 3.5 | 6.54±0.42 | 2534.81±36.54[c] | 9.32±0.48[b] | 6.97±1.27[a] |
| 4 | 4.5 | 6.48±0.42 | 2651.51±34.41[b] | 9.67±0.62[b] | 6.90±1.16[a] |
| 5 | 5.0 | 6.36±0.39 | 2768.16±10.34[a] | 12.18±0.36[a] | 6.80±1.67[a] |

[a,b,..] Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

[ns] Not significantly different

# การศึกษาสมบัติบางประการของแบคทีเรียกรดแล็กติกที่แยกได้จากข้าวหมัก ระหว่างกระบวนการหมักขนมจีน

# Preliminary Characterization of Lactic Acid Bacteria Isolated from Fermented Rice during Khanom-jeen Fermentation Process

จินตนา ต๊ะย่วน[1] ยุวธิดา สารสวัสดิ์[1] และ รัชดา พลโลก[1]
Tayuan, C.[1], Salasawat, Y.[1] and Pollok, R.[1]

## Abstract

Khanom-jeen is fermented rice noodle. Microorganisms that play important roles in fermented khanom- jeen process were lactic acid bacteria. This research aimed to perform a preliminary characterization of lactic acid bacteria isolated from fermented rice after 48 h of fermentation. Eighteen isolates of lactic acid bacteria were Gram-positive, non-spore forming, catalase negative, and heterofermentative. Bacterial strains were evaluated their abilities to produce lactic acid and hydrolyse starch. Titratable acidity as lactic acid was from 0.73 to 1.18% (pH 4.0 to 4.8). All 18 isolates showed amylolytic activity. The clear zone size was in the range of 0.1 to 5.5 cm in diameter. Antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* DSM799 was conducted using paper disc assay. All lactic acid bacterial isolates could inhibit the test organism. This information will be useful for improvement of fermented khanom-jeen process using lactic acid bacteria starter cultures.

**Keywords:** lactic acid bacteria, fermented khanom-jeen, rice, antimicrobial activity

## บทคัดย่อ

ขนมจีนเป็นอาหารหมักจากข้าว จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการผลิตขนมจีนแป้งหมักได้แก่แบคทีเรียกรดแล็กติก การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติบางประการของแบคทีเรียกรดแล็กติกที่แยกได้จากข้าวหมักหลังจากการหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกจำนวน 18 ไอโซเลท ที่คัดแยกได้เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส มีการหมักน้ำตาลแบบเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ เมื่อศึกษาความสามารถในการผลิตกรดแล็กติกและความสามารถในการย่อยแป้ง พบว่าปริมาณกรดแล็กติกมีค่าระหว่าง 0.73-1.18% (ค่าความเป็นกรดด่าง เท่ากับ 4.0-4.8) แบคทีเรียทั้ง 18 ไอโซเลท มีความสามารถในการย่อยแป้งได้ โดยมีขนาดวงใสเท่ากับ 0.1 ถึง 5.5 เซนติเมตร เมื่อนำไปทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* DSM799 ด้วยวิธี paper disc assay พบว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกทุกไอโซเลทสามารถยับยั้งเชื้อทดสอบได้ ข้อมูลที่ได้นี้จะเป็นประโยชน์เพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตขนมจีนแป้งหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแล็กติกเป็นกล้าเชื้อต่อไป

**คำสำคัญ:** แบคทีเรียกรดแล็กติก ขนมจีนแป้งหมัก ข้าว ฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์

## คำนำ

ขนมจีน (Khanom-jeen) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปมาจากข้าวเจ้า มี 2 ชนิด คือ ขนมจีนแป้งสดและขนมจีนแป้งหมัก ขนมจีนแป้งหมักได้จากการหมักโดยจุลินทรีย์ ขั้นตอนการทำขนมจีนแป้งหมัก ประกอบด้วย การหมักข้าวเป็นเวลา 2-3 วัน การโม่เป็นแป้ง การนอนน้ำแป้ง การทับน้ำแป้ง การนึ่งแป้ง การนวดแป้ง การกรองแป้ง และการโรยเส้นขนมจีน และการจัดเส้นขนมจีน (สุภรัตน์ และคณะ, 2534) การหมักขนมจีนด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติอาจทำให้ขนมจีนมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอและมีโอกาสพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ กระบวนการผลิตขนมจีนแป้งหมักมีจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญได้แก่แบคทีเรียกรดแล็กติก (Pisitkul และ Rengpipat, 2014) โดยข้าวที่ผ่านการหมักแล้วจะมีค่าความเป็นกรดด่าง 3.5-4.0 ปริมาณกรดแล็กติกประมาณ 0.9 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งเกิดสารระเหยให้กลิ่นต่างๆ เช่น เอ

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 59 อ. เมือง จ. สกลนคร 47000
[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, 59 Muang, Sakon Nakhon, 47000

ทานอล เอทิลแอซีเทต ไดแอซีทิล และกรดแอซีติก (จีสุดา, 2547) กลิ่นของขนมจีนที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากกระบวนหมัก สารระเหยที่พบในขนมจีนส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่าง 24-48 ชั่วโมงแรกของขั้นตอนการหมักข้าว (Keatkrai และ Jirapakkul, 2010) นอกจากบทบาทในการหมักแล้วแบคทีเรียกรดแล็กติกยังสามารถสร้างสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์บางชนิดได้ (Ouwehand และ Vesterlund, 2004) ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้คัดแยกและศึกษาสมบัติเบื้องต้นของแบคทีเรียกรดแล็กติกจากข้าวหมักขนมจีนเพื่อเป็นข้อมูลในการคัดเลือกเป็นกล้าเชื้อในการผลิตขนมจีนต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การเก็บตัวอย่างและการคัดแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกจากข้าวหมักขนมจีน**

เก็บตัวอย่างข้าวหมักที่หมักเป็นเวลา 2 วัน จากโรงงานผลิตขนมจีน 2 แห่ง ในจังหวัดนครพนม นำตัวอย่างข้าวหมักมาเจือจางด้วย 0.1% peptone water ให้มีระดับความเจือจางที่เหมาะสม คัดแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกโดยวิธี spread plate บนอาหาร MRS agar ที่เติม 1.0% $CaCO_3$ บ่มภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ทำให้ได้เชื้อบริสุทธิ์ และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา สรีรวิทยาและคุณสมบัติอื่นๆ

**การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาบางประการ**

ตรวจสอบการติดสีแกรม รูปร่าง การจัดเรียงตัว ความสามารถในการสร้างเอนไซม์คะตาเลสและความสามารถในการสร้างก๊าซเมื่อมีการหมักน้ำตาลของแบคทีเรียที่คัดแยกได้ (Holt และคณะ, 1994)

**การทดสอบความสามารถในการย่อยแป้ง**

ทดสอบการย่อยแป้งตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Harley และ Prescott, 2002 โดย point inoculation เชื้อบริสุทธิ์ลงบนอาหาร Rogosa agar ที่มี 1% soluble starch นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจผลโดยใช้สารละลายไอโอดีนแล้ววัดขนาดบริเวณวงใส (clear zone) รอบโคโลนี

**การทดสอบความสามารถในการสร้างกรดแล็กติก**

เพาะเลี้ยงเชื้อบริสุทธิ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงแล้วนำส่วนใสมาไทเทรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน (0.1 N NaOH) คำนวณปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เป็นร้อยละ (%Titratable acidity) ในรูปของกรดแล็กติก (AOAC., 2000) และวัดค่าความเป็นกรดด่าง (AOAC., 2000)

**การทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* DSM799 ด้วยวิธี paper disc assay**

เพาะเลี้ยงเชื้อบริสุทธ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยง นำส่วนใสที่ได้มาทดสอบการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* DSM799 ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Martirani และคณะ (2002) โดยนำอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA soft agar (0.75% agar) ปริมาตร 7 มิลลิลิตร ที่มีปริมาณเชื้อ *S. aureus* เท่ากับ $10^6$ CFU/ml มาเททับบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA agar (1.5% agar) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำ paper disc ที่มีสารละลายส่วนใสปริมาตร 25 ไมโครลิตรวางบนผิวหน้าอาหาร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง วัดขนาดวงใสที่เกิดจากการยับยั้งเชื้อทดสอบ โดยใช้ Chloramphenical เป็น positive control และ MRS broth ปลอดเชื้อเป็น negative control

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อคัดแยกแบคทีเรียกรดแล็กติกจากข้าวหมักขนมจีนที่มีระยะเวลาในการหมักข้าว 2 วัน จากโรงงานผลิตขนมจีนในจังหวัดนครพนม พบว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกที่คัดแยกได้มีจำนวนทั้งหมด 18 ไอโซเลท (Table 1) โคโลนีของทุกไอโซเลทมีลักษณะกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.4 เซนติเมตร เมื่อนำไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาบางประการ พบว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกที่คัดแยกได้มีรูปร่างกลม (coccus) จำนวน 2 ไอโซเลท และรูปท่อน (rod) จำนวน 16 ไอโซเลท แบคทีเรียทั้ง 18 ไอโซเลทไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส เมื่อศึกษารูปแบบการหมักน้ำตาลโดยทดสอบการสร้างก๊าซ พบว่าแบคทีเรียกรดแล็กติกทุกไอโซเลทสามารถสร้างก๊าซได้ แสดงว่าเป็นแบคทีเรียกรดแล็กติกที่มีการหมักแบบเฮทเทอโร-เฟอร์เมนเททีฟ (Heterofermentative) ซึ่งเมื่อแบคทีเรียกลุ่มนี้หมักน้ำตาลเฮกโซสแล้วจะได้กรดแล็กติก กรดอะซิติก เอทธานอล และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลผลิต (Axelsson, 2004) แบคทีเรียกรดแล็กติกที่คัดแยกได้สร้างกรดอินทรีย์โดยปริมาณกรดแล็กติกที่ไทเทรตได้มีค่าเท่ากับ 0.73-1.18% และมีค่าความเป็นกรดด่างระหว่าง 4.0-4.8 โดยไอโซเลทที่ผลิตกรดได้สูง ได้แก่ ไอโซเลท NP2-02, NP2-04 และ NP2-09 จากรายงานของ นวรัตน์ และคณะ (2549) พบว่าค่าความเป็นกรดด่างในข้าวหมักที่หมักด้วยกล้าเชื้อมีค่าระหว่าง 3.8-4.6 เช่นเดียวกับรายงานของ

สุพรรณิการ์ (2548) พบว่าข้าวหมักมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 3.95 และปริมาณกรดแล็กติกที่ไทเทรตได้มีค่าเท่ากับ 0.95 เปอร์เซ็นต์ กรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นนี้ส่งผลให้ขนมจีนมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำ

แบคทีเรียกรดแล็กติกทุกไอโซเลทที่คัดแยกจากข้าวหมักมีความสามารถในการย่อยแป้งได้โดยมีขนาดวงใสบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี 1% soluble starch มีค่าระหว่าง 0.1 ถึง 5.5 เซนติเมตร โดยไอโซเลทที่ย่อยแป้งได้ดี ได้แก่ ไอโซเลท NP1-01, NP1-07, NP2-01, NP2-04 และ NP2-07 การสร้างเอนไซม์ย่อยอะมิโลสและอะมิโลเพ็กตินในแป้งจะทำให้โมเลกุลของแป้งเล็กลงและได้น้ำตาลที่แบคทีเรียสามารถนำไปใช้ในการผลิตกรด แล็กติกได้ กรดที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อลักษณะของโครงสร้างของแป้งขนมจีน (อรวัลภ์, 2553) เมื่อทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* DSM799 พบว่าทั้ง 18 ไอโซเลท สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* DSM799 ได้ โดยไอโซเลทที่ยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* DSM799 ได้ดี ได้แก่ ไอโซเลท NP1-06, NP2-01, NP2-04 และ NP2-07 การยับยั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการสร้างกรดอินทรีย์ การสะสมของกรดอินทรีย์ควบคู่กับการลดลงของค่าพีเอชมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ นอกจากกรดอินทรีย์แล้วยังพบว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไดอะซิติล คาร์บอนไดออกไซด์และแบคเทอริโอซินที่แบคทีเรียกรดแล็กติกผลิตขึ้นมีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ด้วย (Lindgren และ Dobrogosz, 1990; Ouwehand และ Vesterlund, 2004)

## สรุปผล

แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากข้าวหมักขนมจีนที่หมักเป็นเวลา 2 วัน ทุกไอโซเลทเป็นแบคทีเรียกรดแล็กติกที่มีการหมักแบบ Heterofermentative มีการผลิตกรดอินทรีย์โดยปริมาณกรดแล็กติกที่ไทเทรตได้มีค่าระหว่าง 0.73-1.18% และมีค่าความ เป็นกรดด่างระหว่าง 4.0-4.8 มีความสามารถในการย่อยแป้ง รวมทั้งมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* DSM799 ได้ โดย เฉพาะไอโซเลท NP2-04 ที่มีคุณสมบัติที่ดีทั้งความสามารถในการผลิตกรดอินทรีย์ การย่อยแป้งและการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร จากการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของแบคทีเรียทั้งหมดข้างต้นจะเป็นข้อมูลในการคัดเลือกแบคทีเรียกรดแล็กติกเพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตขนมจีนแป้งหมักต่อไป

.

## เอกสารอ้างอิง


จีสุดา เกตุกราย, 2547, สารระเหยให้กลิ่นในขนมแป้งหมัก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นวรัตน์ สุพิชญางกูร, วรรณี จิรภาคย์กุลและอรอนงค์ นัยวิกุล, 2549, ผลของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติกต่อคุณสมบัติทางเคมีในกระบวนการผลิตขนมจีนแป้งหมัก, เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44, 30 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2549, กรุงเทพฯ, หน้า 356-362.

สุภรัตน์ ชวนะ, พัชรี ตั้งตระกูล, อรอนงค์ นัยวิกุล, มาลี สุวรรณอัตต์, ลาวัลย์ ไกรเดช, ปราโมทย์ ศิริโรจน์ และ พรเทพ พัฒนานุรักษ์, 2534, การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของแป้งขนมจีนในกระบวนการผลิต, เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 29, 4-7 กุมภาพันธ์ 2534, กรุงเทพฯ, หน้า 417-425.

สุพรรณิการ์ ศรีบัวทอง, 2548, การคัดเลือกแบคทีเรียกรดแล็กติกจากข้าวหมักเพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อขนมจีนแป้งหมัก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, 2553, การพัฒนาขนมจีนแป้งหมักโดยใช้ *Lactobacillus plantarum*, วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Axelsson, L., 2004, Lactic Acid Bacteria: Classification and Physiology. In Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects, Marcel Dekker Inc, New York, 633 p.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC International ($17^{th}$ ed.), Gaithersburg, MD, USA: official Method.

Harley, J.P. and Prescott, L.M., 2002, Laboratory Exerciseth in Microbiology ($4^{th}$ ed.), McGraw-Hill Publishers, USA, 466 p.

Holt, J.G., Krieg, N.R., Snealth, P.H.A., Stanley, J.T. and Williams, S.T., 1994, Bergey's Manual of Determinative Bacteriology ($9^{th}$ ed.), Baltimore: Williams &Wilkins, 787 p.

Keatkrai, J. and Jirapakkul, W., 2010, Volatile Profile of Khanom Jeen, Thai Fermented Rice Noodles, and the Changes during the Fermentation Process, ScienceAsia, 36: 46-51.

Lindgren, S.E. and Dobrogosz, W.J., 1990, Antagonistic Activities of Lactic Acid Bacteria in Food and Feed Fermentations, FEMS Microbiological Reviews, 7(1-2): 149-163.

Martirani, L., Varcamonti, M., Naclerio, G. and De Felice, M., 2002, Purification and Partial Characterization of Bacillocin 490, a Novel Bacteriocin Produced by Athermophilic Strain of *Bacillus licheniformis,* Microbial Cell Factories, 1: 1-5.

Harley, J.P. and Prescott, L.M., 2002, Laboratory Exercises in Microbiology (5th ed.), MC GrawHill, New York, 466 p.

Ouwehand, A.C. and Vesterlund, S., 2004, Antimicrobial Components from Lactic Acid Bacteria. In: Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects, Marcel Dekker Inc, New York, 633 p.

Pisitkul, C. and Rengpipat, S., 2014, Isolation and Characterization of Lactic Acid Bacteria Starter for Preparation of Fermented Khanom-jeen. The 26th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International, p. 353-359.

**Table 1** Morphological and physiological characteristics of lactic acid bacteria isolated from khanom-jeen

| Isolate no. | shape | Cell arrangement | Gas production | Catalase reaction | Starch hydrolysis (Clear zone, cm.) | Acid production | | Antimicrobial activity against *S. aureus* (Inhibition zone, cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Titratable acidity (%, as lactic acid) | pH | |
| NP1-01 | Rod | clusters | + | - | 0.50 | 0.746 | 4.4 | 0.30 |
| NP1-02 | Short rod | clusters | + | - | 0.10 | 0.764 | 4.2 | 0.35 |
| NP1-03 | Rod | chains | + | - | 0.10 | 0.764 | 4.2 | 0.35 |
| NP1-04 | Rod | chains | + | - | 0.20 | 1.046 | 4.1 | 0.10 |
| NP1-05 | Rod | clusters | + | - | 0.10 | 0.728 | 4.3 | 0.35 |
| NP1-06 | Short rod | clusters | + | - | 0.10 | 0.898 | 4.0 | 0.40 |
| NP1-07 | coccus | chains | + | - | 5.50 | 1.091 | 4.2 | 0.15 |
| NP2-01 | coccus | chains | + | - | 0.65 | 0.728 | 4.4 | 0.40 |
| NP2-02 | rod | chains | + | - | 0.30 | 1.128 | 4.0 | 0.25 |
| NP2-03 | Short rod | clusters | + | - | 0.10 | 1.037 | 4.6 | 0.20 |
| NP2-04 | Short rod | clusters | + | - | 0.50 | 1.183 | 4.1 | 0.40 |
| NP2-05 | rod | chains | + | - | 0.10 | 1.037 | 4.2 | 0.15 |
| NP2-06 | rod | clusters | + | - | 0.10 | 1.073 | 4.2 | 0.35 |
| NP2-07 | rod | chains | + | - | 0.53 | 0.764 | 4.8 | 0.40 |
| NP2-08 | rod | clusters | + | - | 0.10 | 1.073 | 4.2 | 0.30 |
| NP2-09 | rod | clusters | + | - | 0.10 | 1.146 | 4.1 | 0.35 |
| NP2-10 | rod | clusters | + | - | 0.30 | 0.800 | 4.0 | 0.30 |
| NP2-11 | rod | clusters | + | - | 0.175 | 1.073 | 4.1 | 0.15 |

# การพัฒนาเยลลี่ข้าวไรซ์เบอรี่มังสวิรัติที่มีโปรตีนสูงและพลังงานสูงสำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาการกลืน

## Development of Riceberry Rice Vegan Jelly Contains High Protein and High Energy for the Elderly with Dysphagia

**โปรดปราน ทาศิริ[1] อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[2] ฉัตรภา หัตถโกศล[1] และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1]**

Tasiri, P.[1], Suttisansanee, U.[2], Hudthagosol, C.[1] and Somboonpanyakul, P.[1]

## Abstract

The aim of research was to determine the effect of particle size of Riceberry rice flour (RF) on physicochemical and sensory properties of using jelly a jelly with coconut cream as the control. The texture of vegan Riceberry rice jellies (VRJ) was modified by varying three particle size of RF (80, 100 and 120 mesh). Results showed that particle sizes of RF did not affected color values (L*, a*, b*) of VRJ ($p>0.05$). The VRJ with 80 mesh RF had the greatest hardness, cohesiveness and gumminess ($p\leq0.05$). Decreasing particle size of RF resulted in increased total phenolic content and antioxidant activities of VRJ ($p\leq0.05$), but particle sizes of RF did not affect the sweetness, grittiness, color, flavor and overall acceptability scores of VRJ ($p>0.05$). In contrast, only texture score was affected by particle sizes of RF.

**Keywords:** Riceberry rice flour, particle size, jelly, vegan

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดอนุภาคแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสของเยลลี่ข้าวไรซ์เบอรี่ การศึกษานี้ใช้เยลลี่สูตรที่ใช้กะทิธัญพืชมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด เป็นสูตรควบคุม แล้วแปรขนาดอนุภาคแป้งข้าว เท่ากับ 80 100 และ 120 เมช พบว่าเมื่อขนาดอนุภาคแป้งข้าวเล็กลงไม่มีผลต่อค่าสีของเยลลี่ ($p>0.05$) และพบว่าเยลลี่ที่ใช้แป้งข้าวขนาด 80 เมช มีค่าความแข็ง ความเกาะติดกัน และความเหนียวติด สูงที่สุด ($p\leq0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อขนาดอนุภาคแป้งข้าวลดลง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ORAC และ FRAP ของเยลลี่มีค่าสูงขึ้น ($p\leq0.05$) แต่ขนาดอนุภาคแป้งข้าวไม่มีผลต่อคะแนนความหวาน ความสาก สี กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวม ($p>0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัส โดยแป้งข้าวขนาด 80 เมช ทำให้เยลลี่มีคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัสพอดี

**คำสำคัญ:** แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ขนาดอนุภาค เยลลี่ มังสวิรัติ

## คำนำ

ภาวะกลืนลำบาก (dysphagia) หรือปัญหาการกลืน กำลังเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในประชากรผู้สูงอายุเนื่องจากอายุที่มากขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในการกลืน และโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคหลอดเลือดสมอง (stoke) และโรคสมองเสื่อม (dementia) ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะกลืนลำบากในผู้สูงอายุ หรือแม้แต่ผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดีทั่วไปก็มีความเสี่ยงต่อภาวะกลืนลำบากได้เช่นเดียวกัน ซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดภาวะแทรกซ้อนทั้งทางด้านภาวะโภชนาการและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดอักเสบจากการสำลัก (pneumonia) มีการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะทุพโภชนาการ (malnutrition) สูงกว่าผู้สูงอายุที่ไม่มีภาวะกลืนลำบากอย่างมีนัยสำคัญ (Serra-Prat และคณะ, 2012) การปรับเปลี่ยนอาหารให้มีเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่อการกลืนเพื่อใช้ในการรักษาภาวะกลืนลำบาก จึงจำเป็นอย่างยิ่ง โดยอาหารที่เหมาะสมต่อการกลืนควรเป็นอาหารที่มีความข้นหนืด เพื่อควบคุมอัตราการไหลของอาหาร ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการกลืนของผู้ป่วยทำให้ลดความเสี่ยงจากการสำลัก และลดภาวะแทรกซ้อนต่างๆ ลงได้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวไรซ์เบอรี่มังสวิรัติที่มีโปรตีนสูงและพลังงานสูงให้มีรสชาติและเนื้อสัมผัสเหมาะสมต่อการ

---

[1] **คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี แขวง ทุ่งพญาไท เขตราชเทวี จังหวัด กรุงเทพฯ 10400**

[1] Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi RD., Ratchawithi District, Bangkok 10400

[2] **สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 พุทธมณฑล สาย 4 ตาบลศาลายา อาเภอพุทธมณฑล นครปฐม 73170**

[2] Institute of Nutrition, Mahidol University, 999 Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

กลืนของผู้สูงอายุถือเป็นทางเลือกที่ดีในการรักษาภาวะโภชนาการของผู้สูงอายุ และยังอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระจากข้าวไรซ์เบอรี่ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดอนุภาคแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสของเยลลี่

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ โดยบดข้าวไรซ์เบอรี่ด้วยเครื่องบดละเอียด (M20, IKA, Germany) และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80, 100 และ 120 เมช บรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ เก็บที่อุณหภูมิห้อง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยหยาบ (AOAC, 2005) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 100 – (%ความชื้น + %โปรตีน + %ไขมัน + %เถ้า + %เส้นใยหยาบ) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ด้วยวิธี Folin-ciocalteu (Amarowicz และคณะ, 2004) ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) (Ou และคณะ, 2001) และ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie และ Strain, 1996)

คัดเลือกสูตรต้นแบบของเยลลี่จากทั้งหมด 3 สูตร ที่ใช้ไขมันต่างชนิดกัน (น้ำมันรำข้าว, กะทิธัญพืช และ ครีมเทียมเพื่อสุขภาพ) เตรียมเยลลี่โปรตีนสูงและพลังงานสูง (พลังงาน 1.2 กิโลแคลอรีต่อกรัม) ส่วนประกอบคือ แป้งข้าวเจ้า น้ำตาลทราย ผงโปรตีนถั่วเหลือง ไขมัน คาราจีแนน และ น้ำ ผสมคาราจีแนนกับน้ำตาลทรายให้เข้ากันแล้วละลายในน้ำอุ่นพักไว้ ผสมแป้งข้าวเจ้า ผงโปรตีนถั่วเหลือง และน้ำให้เข้ากันแล้วจึงเติมไขมัน จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสม (Kuechenmaschine, Moulinex Inc., French) นาน 3 นาที ค่อยๆ เติมส่วนผสมของคาราจีแนนและน้ำตาลทราย ผสมให้เข้ากันอีก 2 นาที ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที บรรจุในขวดแก้วปิดสนิทจากนั้นสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที เก็บที่อุณหภูมิห้อง นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส ความหวาน ด้วยวิธี 3 point just-about-right scale และด้านสี กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธี 9 point hedonic scale โดยใช้ผู้สูงอายุที่มีปัญหาการกลืนจำนวน 20 คนในการทดสอบ ศึกษาผลของขนาดอนุภาคแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ข้าวไรซ์เบอรี่มังสวิรัติ (Riceberry rice Vegan jelly, RVJ) เตรียม RVJ ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในการผลิตแทนแป้งข้าวเจ้าจากสูตรต้นแบบ วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าสีระบบ CIE ($L^*$, $a^*$, $b^*$) วัดด้วยเครื่อง spectrophotometer colorimeter (ColorFlex Ez, Hunter Associates Laboratory Inc., Virginia, USA) ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยึดติด (Adhesiveness) ค่าความเกาะติดกัน (Cohesiveness) และค่าความเหนียวติด (Gumminess) วัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA.XT plus, Stable Micro Systems Ltd, YL, UK) วิเคราะห์ค่า TPC ORAC และ FRAP และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส ความหวาน ด้วยวิธี 3 point just-about-right scale ด้านความสาก ด้วยวิธี 3 point scoring scale และด้านสี กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธี 9 point hedonic scale วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 17.0 เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 11.35 8.87 2.65 1.49 1.50 และ 74.15 ตามลำดับ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 1.83 mg GAE/g และมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดด้วยวิธี ORAC และ FRAP เท่ากับ 35.63 และ 4.88 μmol TE/g (โดยน้ำหนักแห้ง) (Table 1) ซึ่งมีผลใกล้เคียงกับการศึกษาของนรินทร์ภพ และคณะ (2556) การคัดเลือกเยลลี่สูตรต้นแบบ พบว่าเยลลี่สูตรที่ใช้กะทิธัญพืชมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด ($p \leq 0.05$) (Figure 1) จึงเลือกเป็นสูตรต้นแบบ ผลของการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่มีขนาดอนุภาคต่างกันในการผลิต RVJ พบว่าขนาดอนุภาคแป้งข้าวไม่มีผลต่อค่าสีของ RVJ เมื่อขนาดอนุภาคแป้งข้าวลดลงจะทำให้เยลลี่มีค่าความสว่าง ($L^*$) และค่าสีเหลือง ($b^*$) เพิ่มขึ้น แต่ค่าสีแดง ($a^*$) ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่าค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความเกาะติดกัน (Cohesiveness) และค่าความเหนียวติด (Gumminess) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคแป้งข้าวเพิ่มขึ้น โดย RVJ ที่ใช้แป้งข้าวขนาดอนุภาค 80 เมช มีค่าสูงสุด ($p \leq 0.05$) สำหรับค่าความยึดติด (Adhesiveness) จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคแป้งข้าวลดลง (Figure 2) เนื่องจากขนาดอนุภาคแป้งข้าวมีผลต่อการเกิดเจลาติไนเซชัน โดยขนาดอนุภาคที่เล็กลงทำให้หมู่ไฮดรอกซิลภายในโมเลกุลของแป้งเพิ่มขึ้นสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น เมื่อได้รับความร้อนจึงทำให้แป้งสุกเร็ว

ขึ้น (Tako และคณะ, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับผลทางด้านประสาทสัมผัส (Figure 3) ที่พบว่าขนาดอนุภาคแป้งข้าวไม่มีผลต่อคะแนนด้านความหวาน ความสาก สี กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวม ($p>0.05$) แต่มีผลต่อเนื้อสัมผัส ($p\leq0.05$) พบว่าเมื่อขนาดอนุภาคแป้งข้าวลดลงทำให้ RVJ มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสลดลงซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์พอดี คือมีเนื้อสัมผัสเละ โดยขนาดอนุภาคแป้งข้าว 80 เมช มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสเข้าใกล้ 2 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอดี และผลของขนาดอนุภาคแป้งข้าวต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของ RVJ (Table 2) พบว่าเมื่อขนาดอนุภาคแป้งข้าวลดลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของ Giao และคณะ (2009) ที่พบว่าการเพิ่มเวลาในการสกัด และการลดขนาดอนุภาคของตัวถูกละลาย ทำให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นไปตามหลักการถ่ายเทมวลสาร

## สรุปผล

ขนาดอนุภาคแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ 80 เมช ทำให้ RVJ มีค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความเกาะติดกัน (Cohesiveness) และค่าความเหนียวติด (Gumminess) สูงสุด ($p\leq0.05$) มีค่าความยึดติด (Adhesiveness) ต่ำสุด ($p\leq0.05$) และมีคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์พอดี ดังนั้นขนาดอนุภาคแป้งข้าว 80 เมช จึงเหมาะสมในการผลิต RVJ เพื่อพัฒนาเนื้อสัมผัสให้เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาการกลืน

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัท เดอร์มา โซลูชั่น ภายใต้ชื่อ “โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท” ปี พ.ศ. 2557

## เอกสารอ้างอิง

นรินทร์ภพ ช่วยการ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อุทัยวรรณ สุทธิสันสนีย์ ฉัตรภา หัตถโกศล และพร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล, 2556, อิทธิพลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2)(พิเศษ): 589-592.

AOAC, 2005, Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International. Gaithersburg, Maryland.

Amarowicz, R., Pegg, R.B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B. and Weil, J.A., 2004, Free-radical Scavenging Capacity and Antioxidant Activity of Selected Plant Species from the Canadian Prairies, Food Chemistry, 84: 551-562.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant power”: The FRAP Assay, Analytical Biochemistry, 239: 70-76.

Giao, M.S., Pereira, C.I., Fonseca, S.C., Pintado, M.E. and Malcata, F.X., 2009, Effect of Particle Size upon the Extent of Extraction of Antioxidant Power from the Plants Agrimonia eupatoria, Salvia sp. and Satureja Montana, Food Chemistry, 117: 412-416.

Ou, B., Hampsch-Woodill, M. and Prior, R.L., 2001, Development and Validation of an Improved Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay Using Fluorescein as the Fluorescent Probe, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 4619-4626.

Serra-Prat, M., Palomera, M., Gomez, C., Sar-Shaalom, D., Saiz, A. and Montoya, J.G., et al., 2012, Oropharyngeal dysphagia as a risk factor for malnutrition and lower respiratory tract infection in independently living older persons: a population-based prospective study, Age and Ageing, 41(3): 376-381.

Tako, M., Tamaki, Y., Teruya, T. and Takeda, Y., 2014, The Principles of Starch Gelatinization and Retrogradation, Food and Nutrition Sciences, 5: 280-291.

**Table 1** Proximate compositions, total phenolic content (TPC) and antioxidant activities of RF.

| Compositions | Content (%)* |
|---|---|
| Moisture | 11.35±0.09 |
| Protein | 8.87±0.07 |
| Fat | 2.65±0.03 |
| Ash | 1.49±0.10 |
| Crude fiber | 1.50±0.01 |
| Carbohydrate | 74.15±0.23 |
| TPC (mgGAE/g) | 1.83±0.18 |
| FRAP (μmolTE/g) | 4.88±0.25 |
| ORAC (μmolTE/g) | 35.63±4.09 |

*Mean ± SD

**Table 2** Total phenolic content (TPC) and antioxidant activities of VRJ containing different particle sizes of RF.

| Treatments (mesh) | TPC (mgGAE/g) | FRAP (μmolTE/g) | ORAC (μmolTE/g) |
|---|---|---|---|
| VRJ 80 | $1.51±0.08^{b}$ | $4.01±0.63^{b}$ | $33.19±2.07^{b}$ |
| VRJ 100 | $1.92±0.09^{a}$ | $5.09±0.14^{a}$ | $37.75±2.26^{a}$ |
| VRJ 120 | $2.00±0.12^{a}$ | $5.52±0.21^{a}$ | $38.30±3.59^{a}$ |

[a,b] Means followed by different letters within the same column are significantly different (p ≤ 0.05)

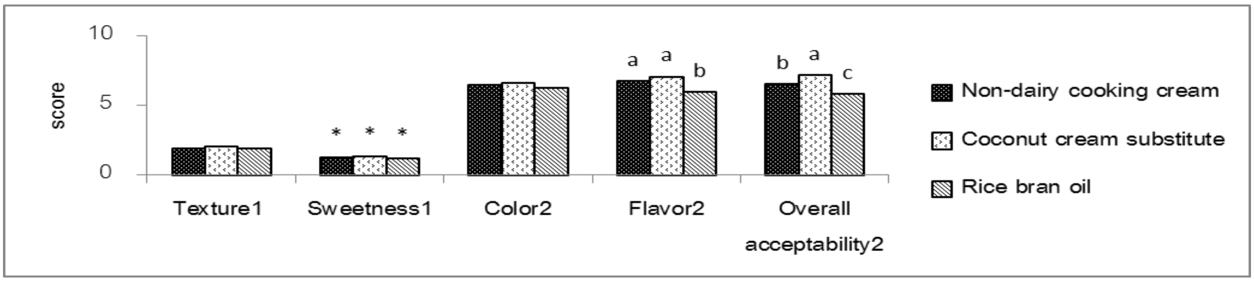



**Figure 1** Sensory attribute scores of the three rice jelly formulas.
[a,b,c] Means followed by different letters are significantly different (p ≤ 0.05) [*] Significant different from the score of 2 (just-about-right scale) (p ≤ 0.05) [1] Three-point just-about-right scale (3 = too much, 2 = just-about-right, 1 = too few) [2] Nine-point hedonic scale (9 = like extremely, 1 = dislike extremely)

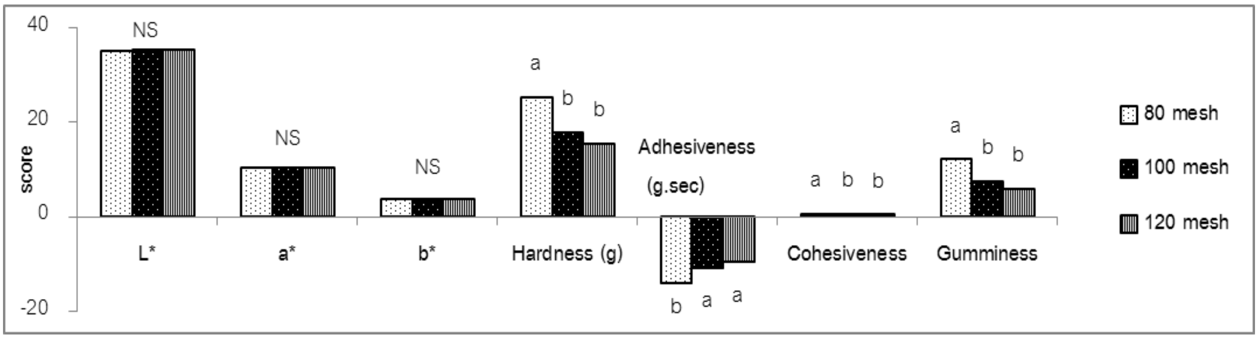



**Figure 2** Physical properties of the RVJ containing different particle sizes of RF.
[a,b] Means followed by different letters in each parameter are significantly different (p ≤ 0.05)

**Figure 3** Sensory attribute scores of the RVJ containing different particle sizes of RF. [*] Significant different from the score of 2 (just-about-right scale) (p ≤ 0.05) [1] Three-point just-about-right scale (3 = too much, 2 = just-about-right, 1 = too few) [2] Three-point scoring scale (3 = too gritty, 1 = least gritty) [3] Nine-point hedonic scale (9 = like extremely, 1 = dislike extremely)

# การคัดแยกและศึกษาคุณลักษณะยีสต์ทนร้อนสำหรับผลิตไบโอเอทานอล

## Isolation and Characterization of Thermotolerant Yeast for Bio-Ethanol Production

**ภัทรา ผาสอน[1,2] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1,2] รัตติยา แววนุกูล[1,2] เกษรา เพิ่มสุข[1] ปรารถนา เกตบท[1] และ กนก รัตนะกนกชัย[2]**

Pason, P.[1,2], Tacchaapaikoon, C.[1,2], Waeonukul. R. [1,2], Phoemsuk, K.[1], Ketbot, P.[1] and Ratanakhanokchai, K.[2]

Abstract

The selection of yeast strains able to ferment sugars at temperatures above 40°C with high ethanol yield has become a necessity. A total of 23 thermotolerant yeast strains were isolated at 45°C from 230 samples including leaves, flowers, soils, fermented fruit and traditional food starter (Look-pang). After placed in a liquid medium and incubated at 45°C, 4 isolates (CM1, CM3, CM96 and CM175) were selected based on their ability to ferment glucose rapidly (24 h). Conversion yield of glucose-to-ethanol was between 35% and 79% of the theoretical value. Interestingly, CM3 produced 4.7% (v/v) ethanol at 45°C from a medium containing 10% glucose, while *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5048 produced only 3.2% (v/v). Based on morphological, physiological and molecular studies, this strain (CM3) was identified as *S. cerevisiae*, one of promising yeast for bioethanol production under high temperature process.

**Keywords:** thermotolerant yeast, bioethanol

**บทคัดย่อ**

การคัดเลือกยีสต์ที่มีความสามารถในการหมักน้ำตาลภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียสและให้ผลผลิตเอทานอลปริมาณสูงเป็นสิ่งจำเป็นในการประยุกต์ใช้ ดังนั้นจึงคัดแยกยีสต์ทนร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งพบยีสต์ 23 ไอโซเลต จาก 230 ตัวอย่างที่เก็บจากใบไม้ ดอกไม้ ดิน ผลไม้หมักดอกและหัวเชื้อสำหรับทำอาหารพื้นบ้าน (ลูกแป้ง) หลังจากเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบ 4 ไอโซเลต (CM1, CM3, CM96 และ CM175) ที่สามารถผลิตเอทานอลได้รวดเร็ว (ภายใน 24 ชั่วโมง) และให้ค่าผลผลิตเอทานอลระหว่างร้อยละ 35-79 เมื่อเทียบกับค่าทางทฤษฎี ผลที่น่าสนใจคือ CM3 ผลิตเอทานอลได้ร้อยละ 4.7 (ปริมาตรต่อปริมาตร) เมื่อเลี้ยงในกลูโคสร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งให้ผลผลิตมากกว่า *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5048 ซึ่งผลิตเอทานอลได้เพียงร้อยละ 3.2 (ปริมาตรต่อปริมาตร) เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและระดับโมเลกุลพบว่า CM3 เป็น *S. cerevisiae* ซึ่งเป็นยีสต์ที่น่าจะเหมาะสมสำหรับการผลิตไบโอเอทานอลภายใต้กระบวนการที่ใช้อุณหภูมิสูง

**คำสำคัญ**: ยีสต์ทนอุณหภูมิสูง เอทานอลชีวภาพ

## คำนำ

เอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ทีสามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์มากมาย อาทิเช่น ใช้ในการผลิตยา เป็นตัวทำละลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเอทานอลไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในเครื่องยนต์ ปัจจุบันเทคโนโลยีการหมักเอทานอลมีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะกระบวนการผลิตไบโอเอทานอลจากชีวมวลด้วยเทคโนโลยีการหมักแบบ Simultaneous Saccharification and Feremenation (SSF) ซึ่งเป็นการรวมขั้นตอนการผลิตน้ำตาลจากชีวมวล (saccharification) และการหมัก (fermentation) เข้าด้วยกัน เพื่อลดขั้นตอนและลดความเข้มข้นกลูโคสลงไม่ให้เกิดการยับยั้งการหมักโดยกลูโคส (Mamma และคณะ, 1996, McMillan และคณะ, 1999) แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่างการย่อยเซลลูโลส (ประมาณ 40 องศาเซลเซียส) สูงกว่าอุณหภูมิในขั้นตอนการหมักเอทานอลด้วยยีสต์โดยทั่วไป (30 องศาเซลเซียส) จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงสายพันธุ์ของยีสต์ให้สามารถทนอุณหภูมิที่สูงขึ้นได้ ดังนั้นยีสต์ทนร้อนซึ่งเจริญได้ดีและผลิตเอทานอลสูงจึงได้รับการสนใจเพิ่มมากขึ้น (Hacking และคณะ 1984) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจคัดแยกและจัด

[1] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

[1] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

[2] สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

[2] Department of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

จำแนกยีสต์ที่สามารถเจริญและผลิตเอทานอลได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เพื่อประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตเอทานอลชีวภาพต่อไปในอนาคต

## อุปกรณ์และวิธีการ

**คัดแยกยีสต์ทนร้อน**

คัดแยกยีสต์จากตัวอย่างใบไม้ ดอกไม้ ดิน ผลไม้หมักดอกและหัวเชื้อสำหรับทำอาหารพื้นบ้าน (ลูกแป้ง) รวมทั้งหมด 230 ตัวอย่าง โดยนำมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวยีสต์เปปโตน (YPD) พีเอช 7.0 ที่มีน้ำตาลกลูโคสเข้มข้นร้อยละ 10 (ปริมาตรต่อปริมาตร) เป็นแหล่งคาร์บอน บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ความเร็ว 200 รอบต่อนาที คัดแยกตัวอย่างที่มีการเจริญเติบโตของเชื้อโดยสังเกตจากความขุ่นของอาหาร และถ่ายเชื้อลงอาหารเหลวชนิดเดียวกัน 3 รอบ จากนั้นนำตัวอย่างมาคัดแยกโคโลนีบริสุทธิ์บนอาหารแข็งชนิดเดียวกัน และนำเชื้อบริสุทธิ์มาตรวจสอบการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลกลูโคส โดยเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว YPD บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์เอทานอลที่เวลาต่างๆ ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (Shimadzu GC-9A) เลือกตัวอย่างนี้ผลิตเอทานอลได้สูงไปใช้ในการทดลองต่อไป

**จัดจำแนกสายพันธุ์**

ทำการจัดจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อบริสุทธิ์ที่คัดเลือกได้โดยอาศัยอนุกรมวิธานระดับโมเลกุล (molecular taxonomy) โดยการเทียบลำดับของเบสใน D1/D2 โดเมนของลำดับ 26S rDNA ตามวิธีของ Kurtzman และ Robnette (1998) โดยเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล The National Center for Biotechnology Information (NCBI)

**ศึกษาผลของอุณหภูมิและปริมาณน้ำตาลต่อการผลิตเอทานอล**

ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการหมักเอทานอลในอาหาร YPD ที่มีกลูโคสร้อยละ 10 เป็นแหล่งคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส และศึกษาผลของน้ำตาลกลูโคสที่ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15 เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาสภาวะที่ทำให้ยีสต์ผลิตเอทานอลได้สูงที่สุดในระยะเวลาอันรวดเร็ว โดยเปรียบเทียบกับเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5048 จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการคัดแยกเชื้อที่สามารถเจริญและผลิตเอทานอลภายใต้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จากตัวอย่างใบไม้ ดอกไม้ ดิน ผลไม้หมักดอกและหัวเชื้อสำหรับทำอาหารพื้นบ้าน (ลูกแป้ง) สามารถพบ 4 ไอโซเลต (CM1, CM3, CM96 และ CM175) ดังแสดงใน Table 1 ที่สามารถผลิตเอทานอลได้สูงเมื่อหมักในกลูโคสร้อยละ 10 โดยผลิตเอทานอลเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งมีค่าทางทฤษฎีอยู่ระหว่างร้อยละ 35 ถึง 79 นอกจากนี้สามารถตรวจพบผลิตภัณฑ์จากการหมักชนิดอื่นๆ ประกอบด้วย กรดอะซิติก และกรดโพรพิโอนิก โดยมีบิวทานอลและกรดบิวทีลิกเล็กน้อย ซึ่งจากผลการทดลองเลือกตัวอย่าง CM3 ซึ่งผลิตเอทานอลได้สูงที่สุด ทำการศึกษาต่อไป

**Table 1** Fermented products from the candidates of thermotolerant yeast

| Candidates | Theoretical yield of ethanol production (%) | Products % (v/v) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ethanol | Butanol | Acetic acid | Propionic acid | Butyric acid |
| CM1 | 67 | 3.405 | 0.000 | 0.420 | 0.245 | 0.020 |
| CM3 | 79 | 4.047 | 0.000 | 0.310 | 0.425 | 0.015 |
| CM96 | 35 | 1.771 | 0.000 | 0.336 | 0.196 | 0.016 |
| CM175 | 74 | 3.780 | 0.012 | 0.000 | 0.040 | 0.000 |

เมื่อตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 40 เท่า) พบว่า CM3 มีลักษณะคล้ายผลเลมอนและมีการแตกหน่อ ซึ่งขนาดและลักษณะปรากฏนี้จัดจำแนกเป็นยีสต์ ดังแสดงใน Figure1 และผลการศึกษาอนุกรมวิธานระดับโมเลกุล (molecular taxonomy) โดยการเปรียบเทียบลำดับของเบสใน D1/D2 โดเมนของ 26S rDNA กับฐานข้อมูล The National Center for Biotechnology Information (NCBI) พบว่า CM3 จัดจำแนกเป็น *Saccharomyces cerevisiae* (เท่ากับ100 เปอร์เซ็นต์)

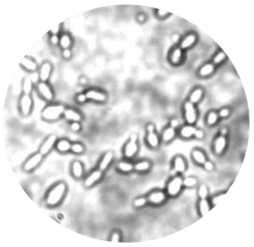


**Figure 1** *S. cerevisiae* CM3 under microscope (40x)

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการผลิตเอทานอล โดย *S. cerevisiae* CM3 เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารที่มีน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าเซลล์มีการเจริญเติบโตและผลิตเอทานอลได้ในช่วง 12 ชั่วโมงแรก เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 24 คาดว่าเชื้อเจริญเติบโตเต็มที่และผลิตเอทานอลสู่ระบบเพิ่มขึ้น โดยผลผลิตเอทานอลมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อหมักที่อุณหภูมิ 40 และ 45 องศาเซลเซียสได้แก่ร้อยละ 4.78 และ 4.06 ปริมาตรต่อปริมาตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าการผลิตเอทานอลเกิดได้เพียงเล็กน้อยเมื่อเพาะเลี้ยงยีสต์ที่ 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงช่วยส่งเสริมให้ความเป็นพิษของเอทานอลมีมากขึ้น ผลผลิตเอทานอลจึงลดลงเมื่อยีสต์อยู่ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงสุดที่ยีสต์สามารถเจริญได้ (Casey และ Ingledew 1985)

**Table 2** Effect of temperature on ethanol production by *S. cerevisiae* CM3

| Incubation time (h) | Ethanol production (%) | | |
|---|---|---|---|
| | 40°C | 45°C | 50°C |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 3.80 | 2.89 | 0.57 |
| 24 | 4.88 | 4.06 | 1.44 |
| 48 | 4.78 | 4.06 | 1.48 |

เมื่อศึกษาปริมาณกลูโคสที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (Figure 2A) พบว่าเมื่อทำการหมักภายใน 12 ชั่วโมงแรกตรวจพบเอทานอลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสูงสุดในชั่วโมงที่ 24 ของการหมัก โดยปริมาณผลผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกลูคโคสที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอน ซึ่งผลิตเอทานอลได้สูงสุดเมื่อเลี้ยงด้วยกลูโคสเข้มข้นร้อยละ10 อย่างไรก็ตามการเพิ่มกลูโคสเป็นร้อยละ 15 ส่งผลให้การผลิตเอทานอลลดลงเนื่องจากปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น ทำให้ยากต่อการถ่ายเทพลังงานความร้อนในระหว่างกระบวนการหมัก จากการทดลองพบว่าปริมาณกลูโคสที่เหมาะสมคือร้อยละ 100 ซึ่งยีสต์นำไปใช้ในการเจริญเติบโตและเปลี่ยนคาร์บอนบางส่วนเป็นชีวมวล ดังนั้นการผลิตเอทานอลได้จริงมีประมาณ 0.41 กรัมต่อกรัมคาร์บอน (41 เปอร์เซ็นต์) คิดเป็นร้อยละ 79 เมื่อเทียบกับค่าทางทฤษฎี ในขณะที่ *S. cerevisiae* TISTR 5048 ผลิตเอทานอลได้ 0.31 กรัมต่อกรัมคาร์บอน (31 เปอร์เซ็นต์) คิดเป็นร้อยละ 62 เมื่อเทียบกับค่าทางทฤษฎี (Figure 2B) ปริมาณเอทานอลที่เพิ่มขึ้นสอดคลองกับปริมาณกลูโคสที่ลดลงซึ่ง CM3 นำกลูโคสไปใช้ผลิตเอทานอลได้มากกว่า TISTR 5048

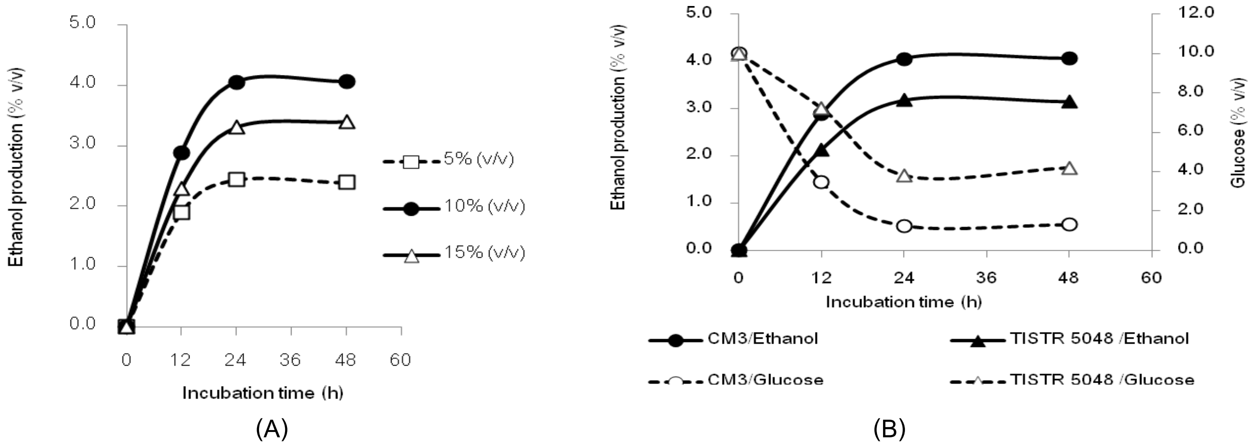



**Figure 2** Effect of glucose concentration for ethanol production by *S. cerevisiae* CM3 at 45°C (A) and comparision of ethanol production at 45°C by *S. cerevisiae* CM3 and *S. cerevisiae* TISTR 5048 (B)

## สรุปผล

สามารถคัดแยกยีสต์ทนร้อนสำหรับผลิตเอทานอลได้จากตัวอย่าง 230 แหล่งตัวอย่างในประเทศไทยซึ่งมีความหลากหลายทางธรรมชาติสูง โดยค้นพบ *S. cerevisiae* CM3 มีสามารถผลิตเอทานอลได้สูงที่สุดในกลุ่มเชื้อที่คัดแยกได้ เมื่อเลี้ยงในกลูโคสร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส สามารถผลิตเอทานอลได้ร้อยละ 4.1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ซึ่งให้ผลผลิตมากกว่า *S. cerevisiae* TISTR 5048 ซึ่งผลิตเอทานอลได้เพียงร้อยละ 3.2 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ดังนั้น *S. cerevisiae* CM3 น่าจะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับประยุกต์ใช้ในการผลิตไบโอเอทานอลโดยเฉพาะระบบ SSF ภายใต้อุณหภูมิสูงต่อไปในอนาคต

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและเงินงบประมาณแผ่นดินหมวดเงินอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2558-2559 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## เอกสารอ้างอิง

Casey, G.P. and Ingledew, W.M., 1985, Re-evaluation of Alcohol Synthesis and Tolerance in Brewer's Yeast, Journal of the American Society of Brewing Chemists, 43: 75-83.

Hacking, A.J., Taylor, I.W.F. and Hanas, C.M., 1984, Selection of Yeast able to Produce Ethanol from Glucose at 40°C, Applied Microbiology and Biotechnology, 19: 361.

Kurtzman, C.P. and Robnette, C.J., 1998, Identification and Phylogeny of Ascomycetous Yeasts from Analysis of Nuclear Large Subunit (26S) Ribosomal DNA Partial Sequences, Antonie Van Leuvanhock, 73: 331-371.

Mamma, D., Koullas, D., Fountoukidis, G., Kekos, D., Macris, B.J. and Koukios, E., 1996, Bioethanol from Sweet Sorghum: Simultaneous Saccharification and Fermentation of Carbohydrates by a Mixed Microbial Culture, Process Biochemistry, 31: 377-381.

McMillan, J.D., Newman, M.M., Templeton, D.W. and Mohagheghi, A., 1999, Simultaneous saccharification and cofermentation of dilute-acid pretreated yellow poplar hardwood to ethanol using xylose-fermenting *Zymomonas mobilis*, Applied Biochemistry and Biotechnology, 76: 649-665.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 377-380 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 377-380 (2558)

# ผลของขนาดโมเลกุลเพปไทด์ต่อประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนทานตะวันไฮโดรไลซ์ด้วย Flavourzyme®

# Effect of Molecular Mass Peptide on Antioxidant Properties of Sunflower Protein Hydrolyzed by Flavourzyme®

พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Thongimpong, P.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

## Abstract

Defatted sunflower meal (DSM) was a by-product from refinery oil industry which consisted of high protein content (59.98%) and high level of hydrophobic and sulfur-containing amino acid. Thus, DSM was excellent protein source to produce protein hydrolysate. The DSM was hydrolyzed by 0, 5 10 and 15% Flavourzyme® for 1, 6, 12 and 18 h. The enzymatic Flavourzyme® sunflower protein hydrolysate (ef-SPHs) at 15% Flavourzyme® for 6 h exhibited the highest antioxidant activities by 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) and 2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) ($ABTS^{+\bullet}$) radical scavenging assays as 1.52 and 2.28 mMol Trolox equivalent /L, respectively. Then, 15% ef-SPH for 6 h was fractionated through a series of ultrafiltration with molecular weight cut-off membrane into four fractions; FF1, FF2, FF3 and FF4 with molecular weight distribution of >10 kDa, 5–10 kDa, 5–1 kDa, and <1 kDa, respectively. The FF4 showed the highest $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{+\bullet}$ antioxidant as 2.64 and 3.53 mMol Trolox equivalent /L, respectively.

**Keywords:** defatted sunflower meal, protein hydrolysates, antioxidant activity

## บทคัดย่อ

กากเมล็ดทานตะวันเป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันทานตะวัน ซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง (59.98%) และมีปริมาณของกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำและกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบสูง ดังนั้นกากเมล็ดทานตะวันจึงเป็นแหล่งของโปรตีนที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีน กากเมล็ดทานตะวันถูกไฮโดรไลซ์โดย Flavourzyme® แปรความเข้มข้นร้อยละ 0 5 10 และ 15 และเวลา 1 6 12 และ 18 ชั่วโมง พบว่าโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดทานตะวัน (ef-SPH) ความเข้มข้นร้อยละ 15 เป็นเวลา 6 ชั่วโมงมีระดับย่อยสลายร้อยละ 49.02 และมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) และ 2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) ($ABTS^{+\bullet}$) radical scavenging สูงที่สุดเท่ากับ 1.52 และ 2.28 mmol Trolox equivalent /L ตามลำดับ เมื่อนำ ef-SPH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 เวลา 6 ชั่วโมง มาคัดกรองขนาดเพปไทด์ด้วยวิธีอัลตราฟิวเตชั่นออกเป็น 4 ขนาด ได้แก่ FF1 FF2 FF3 และ FF4 ซึ่งมีขนาดโมเลกุลเท่ากับ >10 kDa, 5–10 kDa, 5–1 kDa และ <1 kDa ตามลำดับ พบว่า FF4 มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$และ $ABTS^{+\bullet}$ สูงที่สุดเท่ากับ 2.64 และ 3.53 mmol Trolox equivalent /L ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** กากเมล็ดทานตะวัน โปรตีนไฮโดรไลเซท สารต้านอนุมูลอิสระ

## Introduction

The antioxidants play an important role also in living organisms since they prevent excessive free radical formation in cells and it may cause in consequence the onset of various diseases. Thus, peptide antioxidants from food protein is growing interest among researchers for safer antioxidants because it is considered to be safe and healthy compounds with low cost, high activity and easy absorption (Samadi and Ismail, 2010). One of the by-products of the oil extraction process is sunflower meal which has high protein content. Although sunflower protein contains low level of lysine, it is relatively rich of sulphur-containing amino acids of methionine and cysteine (Canibe *et al*., 1999), glutamic and aspartic acid (Villanueva *et al*., 1999) compared to other oil seeds. Sunflower meal has already been used for high added-value protein hydrolysates (Villanueva *et al*., 1999). During the industrial extraction of sunflower oils, sunflower proteins suffer a

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

denaturation process that reduces their solubility. That cause to reduce the biological activities and functional properties of protein in sunflower meal (Yust *et al*., 2003). Enzymatic hydrolysis has been used to recover and added value of protein by-products such biological wastes to protein hydrolysates, which have improved biological and functional properties (Arogundade *et al*., 2012; Jamdar *et al*., 2010). The antioxidant properties of peptide largely depend on protein source, specificity of the protease used for hydrolysis, degree of hydrolysis and peptide structure. However, several studies have looked at the contribution of molecular size of peptide mixtures in protein hydrolysates found that low molecular weight fractions contained more potent antioxidative peptides (Cheung, 2012). Therefore, sunflower protein as an attractive protein source to produce hydrolysate that was hydrolyzed with Flavourzyme® and fractionated the hydrolysate into peptides of different molecular sizes and evaluate these samples for in vitro antioxidant properties.

## Materials and Methods

### Preparation of defatted sunflower meal (DSM)

Sunflower (*H. annuus* L.) meal, was generated as a byproduct of sunflower oil cold press extraction by Flower food (Bangkok, Thailand), was defatted by hexane until sunflower meal remained 1% fat in meal. The DSM was analyzed its protein content (AOAC, 2000) and DSM was used as a protein source for protein hydrolysis.

### Protein hydrolysis with Flavourzyme®

The DSM was dissolved as a 40% (w/v) solution and incubated for 5 min at 50°C. The reaction was initiated by the addition of the enzyme to give 0 5 10 and 15 % (w/w) enzyme concentration to substrate and incubated for 5 min at 50°C. Hydrolysis was stopped by heating at 95 °C for 15 min and filtered by ultrafiltration through filter paper Whatman No.1 to remove insoluble substrate. The ef-SPH was analyzed degree of hydrolysis and antioxidant properties.

### Degree of hydrolysis determination

The degree of hydrolysis (DH) was measured according to Kaewka *et al*. (2009) by determining the soluble nitrogen of treated sample in 20% trichloroacetic acid (TCA). The soluble nitrogen in supernatant and total nitrogen were determined by the Kjeldahl method (AOAC, 2000). The percent DH was calculated as follows:

$$\text{DH (\%)} = (\text{soluble nitrogen in TCA solution (mg)} \times 100) / (\text{Total nitrogen (mg)})$$

### Determination of antioxidant activities

### DPPH radical scavenging activity assay

The scavenging effect of ef-SPH on l,l-diphenyl-2-picrylhydrazyl radicals or DPPH free radical was measured according to the method of Pan *et al*. (2011). Sunflower protein hydrolysates (20 µL) were diluted with 980 µL distilled water and added 3 ml of 0.1 mM DPPH dissolved in 95% ethanol. The mixture was shaken and left for 30 min in dark at room temperature. The absorbance of the resulting solution was measured at 517 nm. A lower absorbance represents a higher DPPH scavenging activity. Radical scavenging activity was calculated using the following formula.

$$\text{DPPH scavenging activity (\%)} = \frac{(A_{cont} + A_{blank} - A_{test}) \times 100}{A_{cont}} \quad (1)$$

where $A_{cont}$ is the absorbance of the control reaction (containing all reagents except sample), $A_{blank}$ is the absorbance of color of sample (using ethanol instead of DPPH) and $A_{test}$ represent the absorbance of sample.

### $ABTS^{\bullet+}$ radical scavenging activity assay

Total antioxidant activity was measured by Azinobis (2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) radical scavenging (ABTS) method (Cai *et al*., 2004) with minor modifications. Sunflower protein hydrolysates 20 µl was diluted with 980 µl distilled water and added 4 mL of diluted $ABTS^{\bullet+}$ solution and mixed thoroughly. The reaction mixture was allowed to stand at room temperature for 6 min in dark. Absorbance recorded in a UV–vis spectrophotometer 734 nm. Samples were diluted with 95% (v/v) methanol to obtain 20–80% reduction in absorbance at 734 nm with respect to blank. The $ABTS^{\bullet+}$ scavenging activity (%) was calculated follow equation (1)

**Preparation of sunflower protein hydrolysates fraction**

The 15% ef-SPH for 6 h were fractionated through a series of ultrafiltration filter by high-performance, tangential flow filtration with molecular weight cut-off (MWCO) membrane 10k and 5k (Millipore, Germany) and it was further fractionated by stirred cell and disc membrane system with MWCO of 1 kDa. FF1, FF2, FF3 and FF4 the ef-SPH fractions with molecular weight distribution of >10 kDa, 5–10 kDa, 5–1 kDa, and <1 kDa, respectively. The sunflower protein hydrolysate solution and there fraction were adjusted protein concentration to 700 mg protein/100 mL and analyzed total phenolic content, antioxidant activities ($DPPH^{\bullet}$ and $ABTS+^{\bullet}$ radical scavenging activity).

## Results and Discussion

Sunflower meals contain 60% protein. Sunflower protein hydrolysates by Flavourzyme® (ef-SPHs) gave high DH because Flavourzyme® is endo- exo protease. The ef-SPHs at 15% Flavourzyme® for 18h showed the highest DH as 57.29% (Figure 1). However, ef-SPHs at 15% Flavourzyme® for 6h (49.02% DH) showed the highest antioxidant activities (Figure 2). Ef-SPHs at 15% Flavourzyme® for 6 h (F crude) was fractionated and analyzed the antioxidant activities of each fraction. FF4 fraction gave the highest DPPH• and ABTS+• antioxidant activities as 2.64 and 3.53 mM Trolox equivalent/L, respectively (Table 1). Because the low molecular weight peptides in FF4 fraction (less than 1 kDa) had more soluble thereby facilitating better interaction with free radicals in order to terminate their activities (Ajibola *et al*., 2011). Thus, peptide sizes were necessary for peptidic fractions to exhibit potent antioxidant activity in sunflower protein hydrolysate.

## Summary

FF4 was the low molecular weight peptide (less than 1 kDa) which showed the highest antioxidant activities and its activities was higher than F crude around 1.5 folds.

## Acknowledgments

This work was supported by The Royal Golden Jubilee Ph.D Program, The Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of Higher Education Commission, King Mongkut's University of Technology Thonburi and Flower Food Ltd.

## Literature cited

Sarmadi, B.H. and Ismail, A., 2010, Antioxidative Peptides from Food Proteins: A review, Journal of Peptides, 31: 1949–1956

Canibe, N., Martin, M., Robredo, L. and Knudsen, K., 1999, Chemical Composition, Digestibility and Protein Quality of 12 Sunflower (*Helianthus annuus* L) Cultivars, Journal of the Science of Food and Agriculture, 79: 1775-1782.

Villanueva, A., Vioque, J., Sánchez, V.R., Clement, A., Pedroche, J., Bautista, J. and Millán, F., 1999, Peptide Characteristics of Sunflower Protein Hydrolysates, Journal of the American Oil Chemists' Society, 76(12): 1455-1460.

380 M.M., Pedroche, J., Megías, C., Girón-Calle, J., Alaiz, M., Millán, F. and Vioque, J., 2003, Improvement of Protein Extraction from Sunflower Meal by Hydrolysis with Alcalase, Grasas y Aceites, 54: 419-423.

Arogundade, L.A., Mu, T.H. and Anon, M.C., 2012, Heat-induced Gelation Properties of Isoelectric and Ultrafiltered Sweet Potato Protein Isolate and their Gel Microstructure, Food Research International, 49: 216–225.

Jamdar, S.N., Rajalakshmi, V., Pednekar, M.D., Juan, F., Yardi, V. and Sharma, A., 2010, Influence of Degree of Hydrolysis on Functional Properties, Antioxidant Activity and ACE Inhibitor Activity of Peanut Protein Hydrolysate, Food Chemistry, 121: 178–184.

Cheung, I.W., Cheung, L.K., Tan, N.Y. and Li-Chan, E.C., 2012, The Role of Molecular Size in Antioxidant Activity of Peptide Fractions from Pacific hake (*Merluccius productus*) Hydrolysates, Food chemistry, 134(3): 1297-1306.

Kaewka, K., Therakulkait, C. and Cadwallader, K.R., 2009, Effect of Preparation Conditions on Composition and Sensory Aroma Characteristics of Acid Hydrolyzed Rice Bran Protein Concentrate, Journal of Cereal Science, 50: 56-60

Pan, M., Jiang, T.S. and Pan, J.L., 2011, Antioxidant Activities of Rapeseed Protein Hydrolysates, Food and Bioprocess Technology, 4: 1144-1152.

Cai, Y., Luob, Q., Sunc, M. and Corke, H., 2004, Antioxidant Activity and Phenolic Compounds of 112 Traditional Chinese Medicinal Plants Associated with Anticancer, Life Science, 74: 2157-2184.

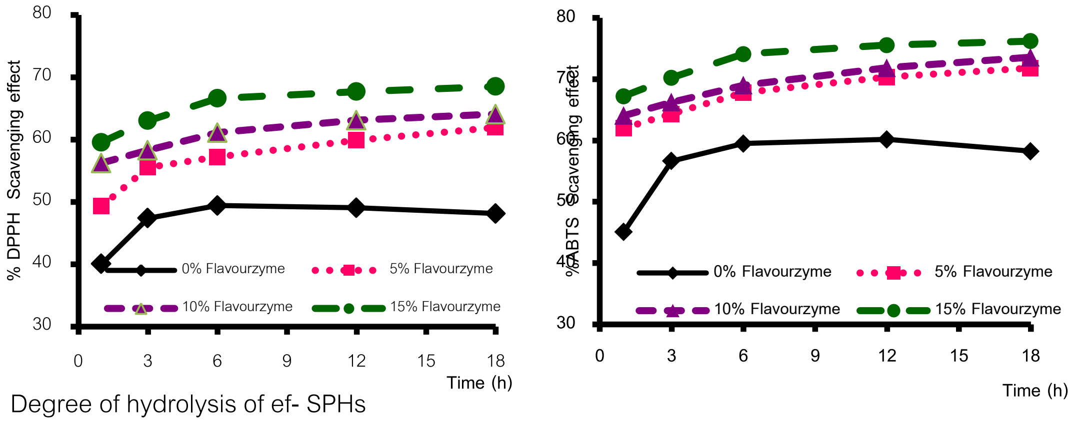



**Figure 1** Degree of hydrolysis of ef- SPHs

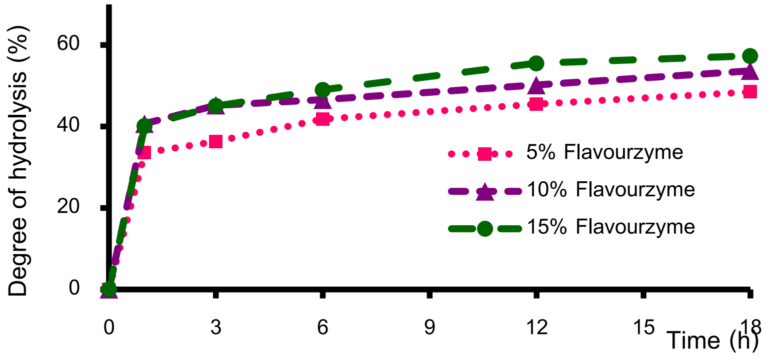



**Figure 2** Antioxidant activities of ef-SPHs by a) DPPH• and b) ABTS•+ radical scavenging assay

**Table 1** Antioxidant activities of ef-SPHs and their fractions

| | DPPH (mMol Trolox equivalent /L) | ABTS (mMol Trolox equivalent /L) |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| F crude | 1.52 | 2.28 |
| FF1 (≥10 kDa) | 1.13 | 2.25 |
| FF2 (5-10 kDa) | 2.03 | 3.10 |
| FF3 (1-5 kDa) | 1.71 | 2.91 |
| FF4 (<1 kDa) | 2.64 | 3.53 |

# การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และวิตามินซี ของใบหม่อนจำนวน 8 สายพันธุ์

## Determination of Total Phenolic Compound, Antioxidant Activity and Vitamin C in 8 Mulberry Leaf Lines

ฤทัยทิพย์ สุระเสียง[1] พัชราภรณ์ ถิ่นจันทร์[1] พุทธพร วิวาจารย์[2] สิทธิชัย บุญมั่น[2] ประชาชาติ นพเสนีย์[2] ศุภกฤต จันทรวิชญ์[2] ชลธิรา แสงศิริ[3] และ ธนพร ขจรผล[1]

Surasiang R.[1], Tinchan P.[1], Wiwacharn, P.[2], Boonman, S.[2], Noppasenee, P.[2], Chantarawich, S.[2], Sangsiri C.[3] and Kajonphol, T.[1]

### Abstract

*Morus alba* or mulberry is a multiple usage plant (leaves and fruits). Their leaf is mostly used as a silkworm's feed. In this study, the antioxidant activity determined by using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, vitamin C content and total phenolic content were investigated in 8 lines of mulberry leaves. There were 6 lines from China (SNKM14102, SNKM14104, SNKM14122, SNKM14123, SNKM14128 and SNKM14133) and 2 lines from Thailand (Sakon Nakhon and Buriram 60). The results showed that SNKM14128 had the highest antioxidant activity determined by % radical scavenging activity ($p \le 0.05$). Sakon Nakhon and SNKM14123 strains were the good source of phenolic compounds. All 6 mulberry lines from China had lower vitamin C content than that in Sakon Nakhon and Buriram 60 lines. Therefore, SNKM14128 and SNKM14123 lines could be the potential line to use as a food ingredient high in antioxidant activity and total phenolic content.

**Keywords:** mulberry leaves, DPPH radical scavenging activity, total phenolic content, vitamin C

### บทคัดย่อ

หม่อน (*Morus alba*) เป็นพืชชนิดหนึ่งที่สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายส่วน (ใบและผล) ใบหม่อนนิยมใช้เป็นอาหารเลี้ยงหนอนไหม งานวิจัยนี้ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และวิตามินซี ในใบหม่อน 8 สายพันธุ์ โดย 6 สายพันธุ์จากประเทศจีน (SNKM14102, SNKM14104, SNKM14122, SNKM14123, SNKM14128 และ SNKM14133) และอีก 2 สายพันธุ์จากประเทศไทย (Sakon Nakhon และ Buriram 60) ผลการศึกษาพบว่าใบหม่อนสายพันธุ์ SNKM14128 มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ($p \le 0.05$) ส่วนสายพันธุ์ Sakon Nakhon และ SNKM14123 เป็นแหล่งที่ดีของสารประกอบฟีนอลิค ใบหม่อนสายพันธุ์จากประเทศจีนทั้ง 6 สายพันธุ์มีปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าสายพันธุ์ Sakon Nakhon และ Buriram 60 ดังนั้นใบหม่อนสายพันธุ์ SNKM14128 และ SNKM14123 จึงมีศักยภาพนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเนื่องจากมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิคสูง

**คำสำคัญ**: ใบหม่อน ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ปริมาณวิตามินซี

### คำนำ

หม่อน หรือ มัลเบอร์รี่ (Mulberry) เป็นไม้ยืนต้นจำพวกไม้พุ่ม (Tree, shrub) อยู่ในวงศ์ Moraceae genus Morus ชนิดที่พบมากมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus alba* L. ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ใบใช้เป็นอาหารของหนอนไหม และหนอนไหมที่เจริญเติบโตเต็มที่ สามารถนำโปรตีนในใบหม่อนไปสร้างเป็นโปรตีนผลิตเส้นไหมสำหรับใช้เป็น

---

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, 47000

[2] ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร 47000

[2] Queen Sirikit Sericulture Center Sakon nakhon, Meuang district, Sakon Nakhon province, 47000

[3] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จ. กาญจนบุรี 71150

[3] Agricultural Sciences Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 71150

วัตถุดิบในการผลิตผ้าไหม นอกจากนี้ ใบหม่อนยังมีสารจำพวก flavonoid phytoestrogen, triterpene, ceramide, mulberroside และน้ำมันหอมระเหย โดยมี flavonol glycosides 3 ชนิด คือ quercetin 3-(6-malonyglucoside), rutin (Quercetin 3- rutinoside) และ isoquercetin (quercetin 3- glucoside) เป็นองค์ประกอบหลักของสาร LDL antioxidant ซึ่งสารที่มีประสิทธิภาพสูงในใบหม่อน คือ quercetin 3-(6-malonyglucoside) และ rutin (Katsube และคณะ, 2004) นอกจากใช้เลี้ยงไหมแล้ว ใบหม่อนยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นชาสำหรับชงน้ำร้อนดื่ม หรือรับประทานใบและยอดอ่อนโดยตรง รวมทั้งการใส่ในต้ม หรือแกง เพื่อเพิ่มรสชาติก็ได้ รวมทั้งการใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์บางชนิดได้ เช่น ปลากินพืช หรือสัตว์เคี้ยวเอื้องบางชนิด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพในใบหม่อน 8 สายพันธุ์และเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ดั้งเดิม

## อุปกรณ์และวิธีการ

### วัตถุดิบ

ใบหม่อนจำนวน 8 สายพันธุ์ ได้แก่ 2 สายพันธุ์จากประเทศไทย (สกลนคร และบุรีรัมย์ 60) 6 สายพันธุ์จากประเทศจีน (SNKM 14102, SNKM 14104, SNKM 14122, SNKM 14123, SNKM 14128 และ SNKM 14133) จากศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ สกลนคร

### สารเคมี

สารเคมีที่ใช้เป็น analytical grade ได้แก่ methanol 80% (Merck, Germany), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Fluka, USA), folin-ciocalteu (Fluka, USA), sodium bicarbonate (Merck, Germany), กรดแกลลิก (Sigma-Aldrich, USA), metaphosphoric acid, dichloroindophenol (DCIP) standard solution ชนิด AR grade

### การวิเคราะห์ทางเคมี

1. การเตรียมสารสกัดตัวอย่างใบหม่อนดัดแปลงวิธีของ Loypimai และคณะ (2010) โดยชั่งตัวอย่างใบหม่อน 20 กรัม เติมสารละลายเมทานอลเข้มข้น 80% (v/v) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นปั่นด้วย Magnetic stirrer ที่อุณหภูมิห้อง นาน 20 นาที เสร็จแล้วสกัดครั้งที่สองด้วย เมทานอล 80% (v/v) ที่ประกอบด้วยสารละลายกรดไฮดรอคลอริกเข้มข้น 0.15% v/v ปริมาตร 50 มิลลิลิตร สกัดในสภาวะเดียวกัน สารสกัดที่สกัดได้กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารสกัดที่ได้ไประเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 45$^{o}$C จากนั้นนำไปแช่แข็งที่ -70$^{o}$C แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่อง Vacuum dry ที่อุณหภูมิ 60$^{o}$C จนแห้ง แล้วเก็บในขวดฝาเกลียวสีชาที่อุณหภูมิ -25$^{o}$C เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์ต่อไป

2. การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity ซึ่งทำตามวิธีของ Loypimai และคณะ (2010) โดยเตรียมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.1 มิลลิโมล หลีกเลี่ยงการถูกแสง ดูดตัวอย่างสารสกัดใบหม่อนมา 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 3.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วไปตั้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเครื่อง spectrophotometer (Labomed, Inc., USA) รายงานผลเป็นค่า %scavenging คำนวณดังสมการ

$$\% \text{ Scavenging} = [(\text{A control} - \text{A sample}) / \text{A control}] \times 100$$

โดย A sample = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดสอบ

A control = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic compounds) ซึ่งทำตามตามวิธีของ Loypimai และคณะ (2010) โดยดูดตัวอย่างสารกัดใบหม่อนมา 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนท ความเข้มข้น 7.5% ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง นาน 25 นาที จนปฏิกิริยาเกิดขึ้นสมบูรณ์ หลังจากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร โดยเครื่อง spectrophotometer (Labomed, Inc., USA) นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้เปรียบเทียบกับกรดแกลลิกมาตรฐาน

4. การเตรียมตัวอย่างใบหม่อนโดยการดัดแปลงด้วยวิธีไทเทรต ด้วย dichloroindophenol (DCIP) โดยชั่งตัวอย่างใบหม่อน 20 กรัม (สด) จากนั้นบดให้ละเอียด แล้วเติมสารละลาย extract solution 200 มิลลิลิตร เพื่อสกัด แล้วนำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง ตวงปริมาตร จากนั้นแช่ตัวอย่างที่ได้ ใน Ice bath ทันที

5. วิเคราะห์หาปริมาณ Vitamin C โดยใช้วิธีไทเทรต ด้วย dichloroindo phenol (DCIP) ซึ่งทำตามวิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร โดยการนำตัวอย่างที่เตรียมมา 2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย extract solution 5 มิลลิลิตร แล้วจึงไทเทรตด้วยสารละลาย DCIP จนถึงจุดยุติ เป็นสีชมพูนาน 30 วินาทีจดปริมาณ DCIP ที่ใช้ในการไทเทรตคำนวณดังสมการ

$$\text{กรด Ascorbic (mg) } X = \frac{[(T-B)\times(S)]}{2}$$

โดยที่ T คือ ปริมาตร DCIP ที่ได้จากการไทเทรตตัวอย่างใบหม่อน

B คือ ปริมาตร DCIP ที่ได้จากการไทเทรต blank

S คือ ปริมาตร DCIP ที่ได้จากการไทเทรต สารละลายมาตรฐานกรด ascorbic acid

กรด ascorbic (mg/100 g) = X × V โดยที่ V คือ ปริมาตรตัวอย่างทั้งหมดที่สกัดด้วย extract solution

**การวิเคราะห์ทางสถิติ**

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (Microsoft Inc.) รายงานผลเป็น mean ± SEM เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วย one way ANOVA

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**1. การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity**

จากการวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity ของใบหม่อนทั้ง 8 สายพันธุ์ คือ Sakon Nakhon, Buriram 60, SNKM14102, SNKM14104, SNKM14122, SNKM14123, SNKM14128 และ SNKM14133 พบว่าใบหม่อนสายพันธุ์ SNKM14128 มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดคือ 28.54 ± 1.54 % ซึ่งมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระไม่ต่างกับ สายพันธุ์ Sakon Nakhon และ Buriram 60 คือ 28.15 ± 0.40 และ 25.00 ± 4.75 ตามลำดับ รองลงมาคือสายพันธุ์ SNKM14133, SNKM14122, SNKM14104, SNKM14123 คือ17.31 ± 2.03, 16.63 ± 0.87, 15.99 ± 2.10, 12.29 ± 0.43 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity พบว่าในใบหม่อนมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้

**2. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic compounds)**

จากการวิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic compounds) พบว่าใบหม่อนสายพันธุ์ที่ SNKM14123 มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด 5.77 ± 0.23b µgGAE/ml ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุดในบรรดาสายพันธุ์ใหม่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณฟีนอลิคในสายพันธุ์ Sakon Nakhon แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ SNKM14123 สามารถทดแทนปลูกหม่อนสายพันธุ์ Buriram 60 ได้เนื่องจากมีค่าปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดสูงกว่า Buriram 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณต่อน้ำหนักแห้งตามการศึกษาของกฤตติญารัตน์ และชุตินันท์ (2555) พบว่าใบหม่อนที่สกัดด้วยเมทานอลมีปริมาณสารประกอบ Total phenolic เท่ากับ 47.25±0.04 µgGAE/mg DW ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลวิจัยนี้ (Table 1)

**3. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในใบหม่อน**

จากการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี พบว่า สายพันธุ์ SNKM14102, SNKM14104, SNKM14122, SNKM14123, SNKM14128 และ SNKM14133 มีค่าปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าสายพันธุ์ดั้งเดิม Sakon Nakhon, Buriram 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีแสดงให้เห็นว่าไม่มีสายพันธุ์ใหม่ใดที่มีปริมาณของวิตามินซีเท่ากับสายพันธุ์ดั้งเดิมและพบอีกว่าแม้สายพันธุ์ SNKM14123 มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดสูงแต่กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระไม่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งอาจเป็นเป็นผลจากสารพฤกษเคมีที่ออกฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในใบหม่อนอาจเป็นสารชนิดอื่นๆ ที่ผู้วิจัยไม่ได้ทำการวิเคราะห์ เช่น β-carotene, quercetin, rutin หรือสารในกลุ่มไบโอฟลาโวนอยด์อื่นๆ (Bondada และคณะ, 2014) โดยสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดในใบหม่อน อาจส่งผลต่อความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ

**Table 1** Total phenolic compound, antioxidant activity and vitamin C in 8 Mulberry Leaf Lines

| Lines | % Radical scavenging activity | Total phenolic compounds (µgGAE/ml) | Total phenolic µgGAE/mg DW | Total vitamin C (mg/100g fresh) |
|---|---|---|---|---|
| Sakon Nakhon | 28.15 ± 0.40[a] | 6.89 ± 0.00[a] | 45.48±0.07[a] | 1787.67±27.66[a] |
| Buriram 60 | 25.00 ± 4.75[a] | 4.05 ± 0.12[c] | 26.14±0.76[b] | 1286.33±27.33[b] |
| SNKM14102 | 7.53 ± 1.63[c] | 2.53 ± 0.56[d] | 15.85±3.52[c] | 912.33±27.67[c] |
| SNKM14104 | 15.99 ± 2.11[b] | 4.13 ± 0.64[c] | 26.08±4.20[b] | 468.00±55.00[e] |
| SNKM14122 | 16.63 ± 0.88[b] | 4.14 ± 0.09[c] | 26.59±9.91[b] | 921.19±0.19[c] |
| SNKM14123 | 12.29 ± 0.43[bc] | 5.77 ± 0.23[b] | 36.70±1.50[a] | 660.33±27.67[d] |
| SNKM14128 | 28.54 ± 1.54[a] | 4.41 ± 0.18[c] | 27.44±1.20[b] | 715.33±27.33[d] |
| SNKM14133 | 17.31 ± 2.03[b] | 3.97 ± 0.10[c] | 26.66±0.07[b] | 632.66±27.67[d] |

Data were mean ± SEM

[a-d] Values in the same column that were denoted with different superscript letters were significantly among groups, at $p<0.05$ by ANOVA and post-hoc by Tukey multiple range post hoc test

## สรุปผล

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity ของใบหม่อนทั้ง 8 สายพันธุ์ พบว่าใบหม่อน สายพันธุ์ SNKM14128 มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดคือ 28.54 ± 0.40% และสายพันธุ์ที่เป็นแหล่งที่ดีของสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด คือ สายพันธุ์ SNKM14123 (5.76 ± 0.23 µgGAE/ml) แต่ไม่มีสายพันธุ์ใดมีปริมาณวิตามินซีสูงเท่ากับสายพันธุ์ดั้งเดิม ดังนั้นสายพันธุ์ SNKM14123 และ SNKM14128 จึงอาจใช้เป็นทางเลือกในการส่งเสริมการปลูกในพื้นที่เพื่อใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงหนอนไหม หรือนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต่อไป ข้อเสนอแนะในงานวิจัยต่อไปควรหาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆ เช่น β-carotene, quercetin, rutin หรือสารในกลุ่มไบโอฟลาโวนอยด์และทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของใบหม่อน 8 สายพันธุ์ต่อไป

## คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ สกลนคร และสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร สำหรับการสนับสนุนเงินทุนในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

กฤตติญารัตน์ สมวงศ์ และชุตินันนท์ ประสิทธ์ภูริปรีชา, 2555, ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และฤทธิ์กระตุ้นการสังเคราะห์เม็ดสีเมลานินของสารสกัดสมุนไพรพื้นบ้านบางชนิดเพื่อใช้สำหรับผมหงอกก่อนวัน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

Bondada, A., Mahalakshmi, S., Rajeshwari, U. and Shobha, I., 2014, *In vitro* Free Radical Scavenging and *in vivo* Antioxidant Potential of Mulberry (*Morus indica* L.) leaves, Journal of Herbal Medicine, 4:10–17.

Loypimai, P., Moongngam, A. and Chottanom, P., 2009, Effects of Ohmic Heating on Lipase Activity, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Rice Bran, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4): 3642–3652.

Katsube, T., Tabata, H., Ohta, Y., Yamasaki, Y., Anuurad, E. and Shiwaku, K., 2004, Screening for Antioxidant Activity in Edible Plant Products: Comparison of Low-density Lipoprotein Oxidation Assay DPPH Radical Scavenging Assay and Folin–Ciocalteu Assay, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 2391–2396.

# เอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสชนิดทนต่อน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นสูงจากเชื้อ *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* NOI1

## High Glucose Tolerant β-glucosidase from *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* NOI1

**รัตติยา แวววนุกูล[1,2] ปรารถนา เกตุบท[1] เกษรา เพิ่มสุข[1] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1,2] ภัทรา ผาสอน[1,2] และ กนก รัตนะกนกชัย[2]**

Waeonukul, R.[1,2], Ketbot, P.[2], Phoemsuk, K.[2],Tachaapaikoon, C[1,2],. Pason, P.[1,2] and Ratanakhanokchai, K.[2]

### Abstract

*Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* strain NOI1, anaerobic thermophilic bacterium, isolated from soil samples in Thailand, exhibits β-glucosidase activity with high glucose tolerance. In this study, two β-glucosidase genes from *T. thermosaccharolyticum* NOI1 were cloned and named as BglA and BglB. The recombinant protein BglA and BglB were identified to be a member of the glycoside hydrolases family 1 with apparent molecular mass of 55 kDa, and were recombinantly expressed, purified, and biochemically characterized. Both purified β-glucosidases exhibited highest activity towards *p*-nitrophenyl-β-D- glucopyranoside with an optimum activity at pH 6.0-7.0 and at 70°C. Furthermore, glucose tolerance of the BglA and BglB were very high ($IC_{50}$=650 mM) compared to β-glucosidases from other anaerobic thermophilic bacteria. However, specific activity and thermostability of the BglA were much higher than those of the BglB. Thus, high glucose tolerance β-glucosidase BglA from *T. thermosaccharolyticum* NOI1 is the key enzyme for improvement of the enzymatic conversion of biomass to glucose.

**Keywords:** glucose tolerance, β-glucosidase, anaerobic thermophilic bacterium, *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum*

### บทคัดย่อ

*Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* strain NOI1 คัดแยกได้จากตัวอย่างดินในประเทศไทย เป็นแบคทีเรียชนิดชอบร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญ สามารถผลิตเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสที่ทนต่อน้ำตาลกลูโคสได้สูง งานวิจัยนี้ทำการโคลนยีนเบต้า-กลูโคซิเดสจากเชื้อ *T. thermosaccharolyticum* NOI1 จำนวน 2 ชิ้นยีน คือ BglA and BglB พบว่า เอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสทั้ง 2 นี้ เป็นเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล 55 กิโลดาลตัน และแสดงกิจกรรมในการย่อยสาร *p*-nitrophenyl-β-D- glucopyranoside ที่สูงมาก โดยมีสภาวะเหมาะสมที่ พีเอช 6.0-7.0 และ 70 องศาเซลเซียส นอกจากนี้คุณสมบัติการทนน้ำตาลกลูโคสของเอนไซม์ BglA และ BglB มีค่าสูงมาก ($IC_{50}$=650 mM) เมื่อเทียบกับเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสจากเชื้อชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตามคุณสมบัติด้านความจำเพาะของเอนไซม์ และการทนต่อความร้อนของเอนไซม์ BglA มีความโดดกว่าเอนไซม์ BglB ดังนั้นเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส BglA เป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำตาลกลูโคสจากสารชีวมวล

**คำสำคัญ:** การทนน้ำตาลกลูโคส เบต้า-กลูโคซิเดส แบคทีเรียชอบร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญ *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum*

---

[1] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

## คำนำ

เอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญมากในกระบวนการย่อยสลายเซลลูโลส เนื่องจากเอนไซม์เอนโดกลูคาเนสและเอ็กโซกลูคาเนสถูกยับยั้งการทำงานด้วยน้ำตาลเซลโลไบโอสซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดจากการย่อย ทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ โดยเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสสามารถย่อยน้ำตาลเซลโลไบโอสไปเป็นน้ำตาลกลูโคส ส่งผลให้เอนไซม์เซลลูเลสทั้งสองสามารถทำงานต่อไปได้ อย่างไรก็ตามอุปสรรคสำคัญของการนำเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมคือ เอนไซม์ถูกยับยั้งการทำงานได้ง่ายด้วยน้ำตาลกลูโคสและความร้อน ด้วยเหตุนี้ทางห้องปฏิบัติการเอนไซม์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ทำการศึกษาและค้นหาเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสที่ทนต่อน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นสูง และทนต่อความร้อน เพื่อที่จะนำไปใช้ในการพัฒนากระบวนการย่อยวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรไปเป็นน้ำตาลอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้ ทางห้องปฏิบัติการฯ ได้พบเชื้อ *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* สายพันธุ์ NOI-1 เป็นแบคทีเรียชอบร้อนและไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ สามารถผลิตเอนไซม์ที่แสดงกิจกรรมของเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสสูง (Chimtong และคณะ, 2011) และจากการตรวจสอบเบื้องต้นพบว่าเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสจาก *T. thermosaccharolyticum* NOI-1สามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิสูง และทนต่อน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นสูง เมื่อเทียบกับแบคทีเรียชอบร้อนและไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ ชนิดอื่นๆ (Waeonukul และคณะ 2012) เช่น *Clostridium thermocellum*, *Thermoanaerobacter brockii*, *Thermoanaerobacter pseudethanolicus* และ *Thermoanaerobacter thermohydrosulfuricus* ปัจจุบันยังไม่พบรายงานการวิจัยเกี่ยวเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสจากเชื้อ *T. thermosaccharolyticum* NOI-1 ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จะทำการโคลนยีนเบต้า-กลูโคซิเดสจากเชื้อ *T. thermosaccharolyticum* NOI-1 และทำการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการสกัดโครโมโซม*T. thermosaccharolyticum* NOI-1ด้วยวิธีฟีนอล/คลอโรฟอร์ม จากนั้นทำการออกแบบคู่ไพร์เมอร์ของยีนเบต้า-กลูโคซิเดส *T. thermosaccharolyticum* DSM571 จากฐานข้อมูล National Center for Biotechnology Information (NCBI) โดยออกแบบให้ด้านปลายของไพร์เมอร์มีบริเวณจดจำ (Recognition site) ของเอนไซม์ตัดจำเพาะ ทั้งในด้าน forward และ reward เพื่อนำมาใช้ในเพิ่มจำนวนชิ้นยีนด้วยวิธี Polymerase chain reaction (PCR) และเมื่อได้ชิ้นยีนจากการทำ PCR ทำย่อยปลายของชิ้นยีนด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะที่ได้ออกแบบไว้ แล้วเชื่อมต่อเข้ากับเวกเตอร์ pET19b ที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกัน และเมื่อได้พลาสมิดลูกผสม pET19b แล้ว ทำการเคลื่อนย้ายพลาสมิดนี้ เข้าสู่ *E.coli* BL21 จากนั้นทำการคัดเลือกและตรวจหาโคโลนีที่มียีนเบต้า-กลูโคซิเดส เพื่อศึกษาการแสดงออกของยีนเบต้า-กลูโคซิเดส และทำการผลิตรีคอมบิแนนท์เอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสและทำให้รีคอมบิแนนท์เอนไซม์บริสุทธิ์ด้วยวิธี nickel affinity column chromatography จากนั้นทำการตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆของรีคอมบิแนนท์เอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส ได้แก่ ตรวจสอบหาขนาดของเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส ตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ ตรวจสอบผลของพีเอชและอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์ และตรวจสอบผลของน้ำตาลกลูโคสต่อการทำงานของเอนไซม์

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการโคลนยีนเบต้า-กลูโคซิเดสจำนวน 2 ชิ้นยีนจากเชื้อ *T. thermosaccharolyticum* NOI-1 (โดยให้ชื่อว่า *BglA* และ *BglB*) และจากการตรวจสอบลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนเบต้า-กลูโคซิเดสทั้งสองโดยเปรียบเทียบความเหมือนในฐานข้อมูล National Center for Biotechnology Information (NCBI) พบว่า ยีน *BglA* ประกอบด้วย 1335 นิวคลีโอไทด์ ถอดรหัสโปรตีน 444 กรดอะมิโน และ ยีน *BglB* ประกอบด้วย 1395 นิวคลีโอไทด์ ถอดรหัสโปรตีน 464 กรดอะมิโน โดย BglA และ BglB เป็นเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสในกลุ่มไกลโคไซด์ไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 1 (Glycoside hydrolase family 1) จากนั้นทำการผลิตรีคอมบิแนนท์เอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสและทำให้รีคอมบิแนนท์เอนไซม์บริสุทธิ์ด้วยวิธี nickel affinity column chromatography พบว่าเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส BgA และ BgB มีขนาดประมาณ 55 กิโลดาลตัน เมื่อตรวจสอบด้วยวิธี Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) แสดงดัง Figure 1

เมื่อตรวจสอบกิจกรรมเอนไซม์ของรีคอมบิแนนท์เอนไซม์ BglA และ BglB ในการย่อยสับสเตรทชนิดต่างๆ พบว่า BglA มีกิจกรรมของเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส สูงกว่า BglB นอกจากนี้ BglA ยังแสดงกิจกรรมของเอนไซม์เบต้า-กาแลคโต

ซิเดส เบต้า-ไซโลซิเดส และเบต้า-อะราบิโนฟูราโนซิเดส อีกด้วย แสดงดัง Table 1 จากการตรวจสอบผลของพีเอชและอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์ พบว่า BgA และ BgB สามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่พีเอช 7.0 และสามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง โดยที่กิจกรรมของเอนไซม์ยังคงอยู่เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า BgA และ BgB สามารถทนต่อน้ำตาลกลูโคสได้ดีมาก โดยวัดค่าความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสที่ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ ($IC_{50}$) ได้เท่ากับ 650 มิลลิโมลาร์ ซึ่งมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสจากแบคทีเรียชอบร้อนและไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญชนิดอื่นๆ ได้แก่ เบต้า-กลูโคซิเดส CglT จากเชื้อ *T. brockii* และเบต้า-กลูโคซิเดส BglB จากเชื้อ *C. thermocellum* รวมทั้งเอนไซม์ทางการค้า Novozyme-188 (Sigma-aldrich) อย่างไรก็ตามกิจกรรมของเอนไซม์ในการย่อยสับสเตรทชนิดต่างๆและการทนต่อความร้อนของเอนไซม์ BglA มีความโดดกว่าเอนไซม์ BglB ดังนั้นเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส BglA จากเชื้อ *T. thermosaccharolyticum* NOI-1 เป็นเอนไซม์ที่มีความน่าสนใจสำหรับนำไปพัฒนากระบวนการผลิตน้ำตาลกลูโคสจากสารชีวมวล

## สรุปผล

จากการศึกษาเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส BglA และ BglB จากเชื้อ *T. thermosaccharolyticum* NOI-1 พบว่าเป็นเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล 55 กิโลดาลตัน ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่พีเอช 7.0 และสามารถทนต่อน้ำตาลกลูโคสได้ดีมาก ($IC_{50}$= 650 Mm) เมื่อเทียบกับเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดสจากแบคทีเรียชอบร้อนและไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตามคุณสมบัติในการย่อยสับสเตรทชนิดต่างๆและการทนต่อความร้อนของเอนไซม์ BglA มีความโดดกว่าเอนไซม์ BglB ดังนั้นเอนไซม์เบต้า-กลูโคซิเดส BglA จากเชื้อ *T. thermosaccharolyticum* NOI-1 น่าจะเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำตาลกลูโคสจากสารชีวมวล

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและเงินงบประมาณแผ่นดินหมวดเงินอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2556-2557 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## เอกสารอ้างอิง

Chimtong, S., Tachaapaikoon, C., Pason, P., Kyu, K.L., Kosugi, A., Mori, Y. and Ratanakhanokchai, K., 2011, Isolation and Characterization of Endocellulase Free Multienzyme Complex from Newly Isolated *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* Strain NOI-1, Journal of Microbiology and Biotechnology, 21: 284–292.

Waeonukul, R., Kosugi, A., Tachaapaikoon, C., Pason, P., Ratanakhanokchai, K., Prawitwong, P., Deng, L., Saito, M., and Mori Y., 2012, Efficient Saccharification of Ammonia Soaked Rice Straw by Combination of *Clostridium thermocellum* Cellulosome and *Thermoanaerobacter brockii* β-glucosidase, Bioresource Technology, 107: 352-357.

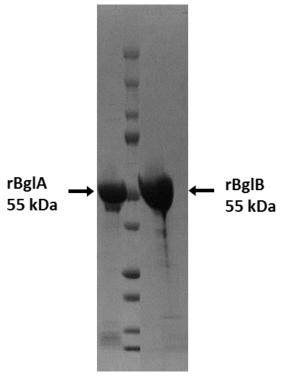



**Figure 1** Molecular weight of rBglA and rBglB analyzed by SDS-PAGE.

**Table 1** Enzymatic activity of r BglA and rBglB

| Substrates | Specific activities (U/mg protein) | |
|---|---|---|
| | BglA | BglB |
| *p*-nitrophenyl-β-D-glucopyranoside | 13.80 | 0.12 |
| *p*-nitrophenyl-β-D-galactopyranoside | 12.94 | 0.11 |
| *p*-nitrophenyl-β-D-xylopyranoside | 1.45 | 0 |
| *p*-nitrophenyl-β-D-arabinopyranoside | 1.51 | 0 |

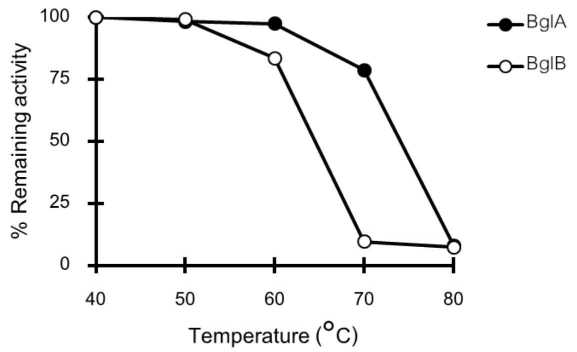



**Figure 3** Thermostability of rBglA and BglB at various temperature for 1hr

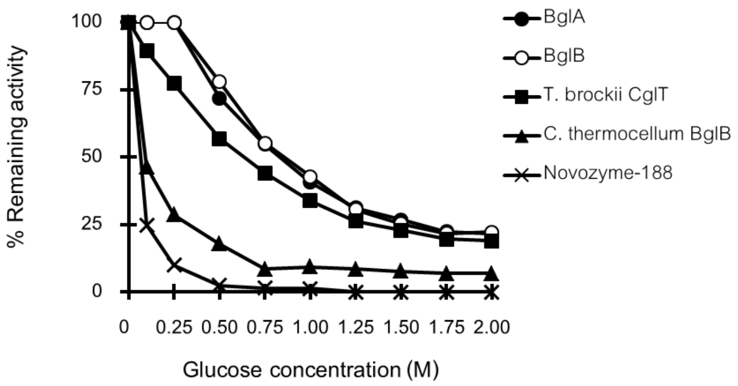



**Figure 4** Glucose tolerance of rBglA, BglB and other β-glucosidase

# อัลคาไลน์เซลลูเลสจากกลุ่มเซลลูโลไลติกแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจน ชนิดทนด่าง ชอบร้อน และการนำไปประยุกต์ใช้ในสารซักล้าง

# Alkaline Cellulase from Alkalothermophilic Cellulolytic Anaerobic Bacteria Consortium and Its Applied in Laundry Detergents

จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1,2] เกษรา เพิ่มสุข[1] ปราณนา เกตุบท[1] รัตติยา แววนุกูล[1,2] ภัทรา ผาสอน[1,2] และ กนก รัตนะกนกชัย[2]

Tachaapaikoon, T[1,2], Phoemsuk, K.[1], Katebot, P.[1], Waeonukul, R.[1,2], Pason, P.[1,2] and Ratanakhanokchai, K.[2]

## Abstract

A cellulolytic alkalothermophilic anaerobic bacterial enrichment culture namely TL7-6 was accumulated from shrimp farm at Bangkhuntien area, Thailand. TL7-6 consortium showed high efficient cellulose powder degrading ability. Afterward, identification of this consortium with nucleotide sequence by using DGGE analysis, found that all of them are *Clostridia* genus. Range of temperature and pH for growth were 45-55$^{o}$C and pH 8.0-9.5, respectively. The consortium produced crude enzyme containing cellulase activity under alkaline condition. Optimum temperature and pH of the cellulase activity were 50$^{o}$C and pH 8.0, while thermal and pH stability were in wide ranges of 37-60$^{o}$C and pH 4.0-11.0, respectively. Besides, the activity and stability of crude enzyme was observed during the washing in the presence of laundry detergents. Remaining activity of crude enzyme was approximately 55-85% in the presence of detergents depend on kinds of detergent. Therefore, the properties of alkaline cellulase have a great potential for application in detergent industry.

**Keywords:** Alkaline cellulase, Alkalothermophilic anaerobic bacteria consortium, Laundry detergent

## บทคัดย่อ

กลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 คัดแยกจากตัวอย่างดินบริเวณบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง บางขุนเทียน ประเทศไทย เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจน ทนด่าง และชอบร้อน มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายเซลลูโลส เมื่อตรวจ สอบลำดับนิวคลีโอไทด์ของแบคทีเรียที่อยู่ภายในกลุ่ม TL7-6 ด้วยเทคนิค DGGE พบว่าทั้งหมดจัดเป็นแบคทีเรียในจีนัส *Clostridia* เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 45 ถึง 55 องศาเซลเซียส และช่วงพีเอช 8.0 ถึง 9.5 ตามลำดับ กลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 สามารถผลิตเอนไซม์หยาบที่แสดงกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสภายใต้สภาวะการเพาะเลี้ยงที่เป็นด่าง อุณหภูมิและพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของเซลลูเลส คือ 50 องศาเซลเซียส และพีเอช 8.0 โดยเอนไซม์มีเสถียรภาพในช่วงอุณหภูมิ 37 ถึง 60 องศาเซลเซียส และพีเอชในช่วง 4.0 ถึง 11.0 ตามลำดับ นอกจากนี้เอนไซม์หยาบยังสามารถทำงานได้ดี มีเสถียรภาพต่อสารซักล้าง โดยเหลือกิจกรรมของเอนไซม์ร้อยละ 55 ถึง 85 ขึ้นอยู่กับชนิดของสารซักล้าง ดังนั้นจากคุณสมบัติของอัลคาไลน์เซลลูเลสจึงมีศักยภาพที่จะนำเอนไซม์ ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมสารซักล้างได้

**คำสำคัญ**: อัลคาไลน์เซลลูเลส กลุ่มแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนชนิดทนด่างชอบร้อน สารซักล้าง

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 Soi Tien Thale 25, Bangkuntien-Chaithale Road,Thakham, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเลแขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT),49 Soi Tien Thale 25, Bangkuntien-Chaithale Road, Thakham, Bangkuntien, Bangkok 10150

## คำนำ

เอนไซม์เอ็นโดเซลลูเลส (Endocellulase; EC 3.2.1.4) จัดเป็นหนึ่งในสามของเอนไซม์กลุ่มเซลลูโลไลติกที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายโครงสร้างเซลลูโลส เอ็นโดเซลลูเลสตัดพันธะเบต้า-1,4-ดี-ไกลโคซิดิก (beta-1,4-D-glycosidic linkages) โดยทำหน้าที่ย่อยแบบสุ่มภายในสายเซลลูโลส ได้ผลิตภัณฑ์เป็นโพลีเมอร์สายสั้น คือ โอลิโกแซ็กคาไรด์และเซลโลไบโอส (Chimtong และคณะ 2014) ปัจจุบันมีการนำเซลลูเลสมาใช้ในผลิตภัณฑ์สารซักล้าง โดยย่อยสลายคราบสกปรกที่ติดอยู่ภายในเส้นใยเซลลูโลสของผ้า หรือคราบที่เกิดจากชา กาแฟ นอกจากเซลลูเลสช่วยในการย่อยสลายคราบสกปรกได้แล้ว ยังสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของเส้นใยเซลลูโลสได้อีกด้วย โดยเซลลูเลสจะเข้าไปช่วยกำจัดขุยเล็กๆที่อยู่บนผิวผ้า ทำให้ผ้าเรียบไม่เป็นขุย และสว่างมากขึ้น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์สารซักล้างมักมีค่าความเป็นด่าง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เอนไซม์เซลลูเลสที่จะนำมาประยุกต์ใช้นั้นต้องสามารถทำงานและมีเสถียรภาพในสภาวะที่เป็นด่าง อย่างไรก็ตามพบว่าเอนไซม์เซลลูเลสส่วนใหญ่ที่พบสามารถทำงานในสภาวะที่เป็นกรด-กลาง ดังนั้นการค้นหาเอนไซม์เซลลูเลสที่ทนด่างจากแหล่งธรรมชาติเพิ่มเติมจึงยังคงจำเป็นต่ออุตสาหกรรมสารซักล้าง จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโตนั้น สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสที่ทำงานได้ดีต่อบริเวณโครงสารเซลลูโลสแบบไม่ละลายน้ำ ซึ่งเนื้อผ้ามีโครงสร้างแบบดังกล่าว ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ทำการคัดเลือกกลุ่มจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต ที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสประสิทธิภาพสูงภายใต้สภาวะที่เป็นด่าง และทดสอบนำไปใช้ร่วมกับสารซักล้างที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

## อุปกรณ์และวิธีการ

แยกจุลินทรีย์จากตัวอย่างดินที่เก็บจากบริเวณบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร โดยเติมตัวอย่างดินลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ basal medium (BM) ที่พีเอช 9.5 โดยมีแผ่นเยื่อกระดาษกรองที่นึ่งฆ่าเชื้อและทิ้งไว้ให้เย็นเป็นแหล่งคาร์บอน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส (Puangsri และคณะ, 2010) ทำการคัดเลือกตัวอย่างกลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยแผ่นเยื่อกระดาษกรองได้เร็วที่สุด ได้แก่กลุ่ม TL7-6 จากนั้นเพาะเลี้ยงกลุ่มจุลินทรีย์ดังกล่าวในอาหารชนิดเดิมจนกระทั่งกลุ่มจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้มีเสถียรภาพ ทำการจำแนกเชื้อของกลุ่มจุลินทรีย์ TL7-6 ด้วยเทคนิคการทำโคลนนิ่งและเทคนิค Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE) การผลิตเอนไซม์นั้นทำการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ที่จำแนกได้ ในอาหารสูตร basal medium ที่พีเอช 9.5 มี cellulose powder เป็นแหล่งคาร์บอน ถ่ายเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นแยกที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที สารละลายส่วนใสที่ได้เป็นเอนไซม์หยาบ (crude enzyme) เก็บไว้ตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ ส่วนผลของพีเอชและอุณหภูมิต่อการทำงานของเซลลูเลสทำตามรายงานของ Ratanakhanokchai และคณะ (1999) ในขณะที่การทดสอบประสิทธิภาพในการขจัดคราบสกปรกของผ้าด้วย crude enzyme นั้นย้อมผ้าฝ้ายดิบขาว (Cotton white cloth) ด้วยคราบน้ำชาแล้วตากให้แห้ง แล้วตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตรและยาว 5 เซนติเมตร หลังจากนั้นจึงวัดความขาวสว่างของผ้าแต่ละชิ้นด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) ก่อนและหลังการใช้เอนไซม์ร่วมกับสารซักล้างแต่ละชนิดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการคัดแยกกลุ่มแบคทีเรียจากตัวอย่างดิน โดยทำการเพาะเลี้ยงกลุ่มแบคทีเรียภายใต้สภาวะปราศจากออกซิเจน ในอาหารสูตร BM พีเอช 9.5 ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส โดยการใช้ cellulose powder เป็นแหล่งคาร์บอน สามารถคัดแยกกลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 ที่ย่อยสลาย cellulose powder ได้ดีที่สุด โดยสังเกตได้จากปริมาณของ cellulose powder ที่ลดลงอย่างรวดเร็ว ในช่วงระยะเวลา 5 วัน เมื่อตรวจสอบลักษณะปรากฏของโคโลนีของเชื้อกลุ่ม TL7-6 ด้วยเทคนิค roll tube โดยการใช้น้ำตาลเซลโลไบโอสเป็นแหล่งคาร์บอนเป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่ามีลักษณะปรากฏของโคโลนีเกิดขึ้น 3 รูปแบบ (Figure 1) ประกอบด้วย โคโลนีที่มีลักษณะเป็นเมือกสีขาว (A) โคโลนีที่มีลักษณะเป็นจุดสีครีม (B) และโคโลนีที่มีลักษณะเป็นจุดสีเหลืองส้ม (C) ดังนั้นคาดว่าน่าจะมีแบคทีเรียที่อยู่รวมกันในกลุ่ม TL7-6 อย่างน้อย 3 ชนิด มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้หลากหลายชนิด และมีความเสถียรต่อการอยู่ร่วมกันได้ดีกว่ากลุ่มแบคทีเรียอื่นๆ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เชื้อกลุ่มดังกล่าวจึงย่อยสลายสับสเตรทได้เร็วที่สุด สอดคล้องกับรายงานของ Romana และคณะ (1990) พบว่าเชื้อผสม (mixed culture) นั้นสามารถผลิตเอนไซม์ได้หลากหลายชนิดเพื่อใช้ในการย่อยสลาย insoluble cellulosic substrates ให้ได้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่แบคทีเรียที่เป็น pure culture พบว่า โดยส่วนใหญ่ไม่สามารถผลิต

เอนไซม์ให้มีความหลากหลายได้มากเท่ากับเอนไซม์จาก mixed culture เมื่อทำการวิเคราะห์กลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 โดยใช้เทคนิค DGGE เพื่อให้ทราบชนิดหรือจำนวนของกลุ่มแบคทีเรียหลักที่อยู่ภายในกลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 พบว่า เกิดแถบหลักของ DNA ทั้งหมด 3 แถบ (Figure 2) เมื่อทำการตัดแถบ DNA ทั้งสามแถบนี้ไปทำการวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ ผลการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของ DNA ทั้งสามแถบพบว่าเป็นแบคทีเรียที่อยู่ในจีนัส *Clostridia* ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองลักษณะปรากฏของโคโลนีก่อนหน้านี้ที่พบว่ากลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 น่าจะประกอบด้วยแบคทีเรียหลักอย่างน้อย 3 ชนิด จากนั้นศึกษาระบุสปีชีส์ของแบคทีเรียหลักที่อยู่ในกลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 โดยการเพิ่มจำนวนชิ้นส่วน 16S rRNA โดยมี EUB8f และ U1492r เป็นไพรเมอร์ จากนั้นโคลนนิ่งชิ้นส่วน 16S rRNA gene เข้าสู่ *p*GEM-T Easy vector ทำการวิเคราะห์ลำดับกรดนิวคลีโอไทด์บริเวณยีน 16S rRNA และเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของโคลนทั้งสามโคลนที่เป็นตัวแทนของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีความคล้ายคลึงกับ Uncultured bacterium clone C55 D6 L B F09 ร้อยละ 96-97 และมีความคล้ายคลึงกับ *Clostridium thermocellum* สายพันธุ์ JCM9322 ร้อยละ 94 จึงเป็นไปได้ว่าแบคทีเรียในกลุ่ม TL7-6 อาจจะเป็น *Clostridium* สปีชีส์ใหม่ ดังรายงานของ Stackebrandt และ Goebel (1994) ที่ให้ความเห็นว่าแบคทีเรียที่มีความคล้ายคลึงของยีน 16S rRNA มากกว่าร้อยละ 97 อาจจะจัดเป็นสปีชีส์เดียวกัน ส่วนผลของอุณหภูมิและพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญของกลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 พบว่า กลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 สามารถเจริญได้ดีที่ช่วงอุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต สำหรับพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญของกลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 อยู่ในช่วงพีเอช 8.0-9.5 ขณะที่เอนไซม์หยาบที่ผลิตจากกลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 สามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส และมีเสถียรภาพดีในช่วงอุณหภูมิ 37-55 องศาเซลเซียส สามารถทำงานและมีเสถียรภาพดีในช่วงพีเอชกว้าง ทำให้มีแนวโน้มที่น่าจะนำอัลคาไลน์เซลลูเลสชนิดนี้มาใช้เป็นส่วนผสมของสารซักล้าง ซึ่งมักต้องทำงานที่สภาวะเป็นด่างประมาณ 8.0-11.0 และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

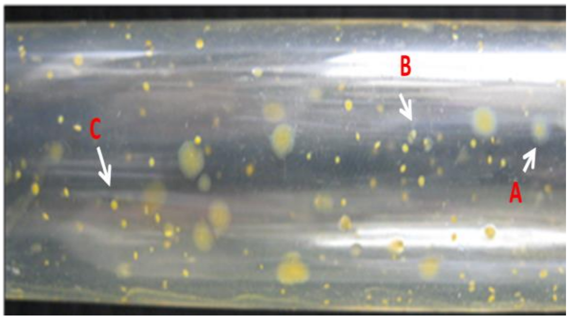



**Figure 1** Physiological colonies of the enrichment culture product TL7-6 on roll tube which contained cellobiose (1.0%; w/v) as the sole carbon source at 55°C in 3 days.

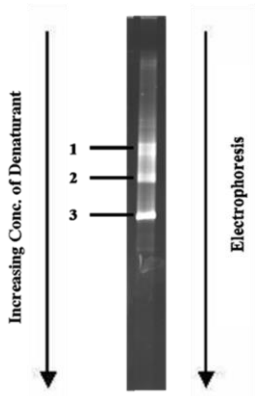



**Figure 2** Polyacrylamide gel of DNA band of the enrichment culture TL7-6 that amplified with 968GC-f GC clamp primers.

ส่วนการศึกษาผลของสารซักล้างต่อการทำงานและเสถียรภาพของเอนไซม์นั้นใช้สารซักล้างทั้งหมด 7 ชนิด คือ สารซักล้างชนิดน้ำ 3 ชนิด ได้แก่ แวนิช (L1), เอสเซ้นซ์ (L2) และ บรีสเอกเซล (L3) และสารซักล้างชนิดผง 4 ชนิด ได้แก่ บรีสเพาเวอร์เทอร์โบ (P1), แอทแทคอีซี่ (P2), โอโม (P3) และเปาซิลเวอร์นาโน (P4) เมื่อเติมเอนไซม์หยาบที่ผลิตได้จากกลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 (0.78 Unit/ml) ลงในสารซักล้างแล้วแช่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที จากนั้นนำมาตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์พบว่าเอนไซม์หยาบยังคงสามารถทำงานได้ดีในสารซักล้างทั้ง 7 ชนิด (Figure 3) โดยทำงานได้ดีในสารซักล้างชนิดผงบรีสเพาเวอร์เทอร์โบดีที่สุดเมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการขจัดคราบสกปรกของน้ำชาจากผ้าด้ายดิบขาวพบว่า เอนไซม์ที่เติมลงในผ้าที่มีสารซักล้างชนิดผงบรีสเพาเวอร์เทอร์โบ ทำให้ผ้ามีความขาวสว่างสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เฉพาะสารซักล้างอย่างเดียวหรือการใช้เอนไซม์อย่างเดียวขณะที่การใช้น้ำประปาอย่างเดียวไม่ทำให้ผ้าขาวสว่างมากขึ้น

นอกจากนี้พบว่าผ้าสกปรกที่ซักด้วยสารซักล้างร่วมกับเอนไซม์หยาบให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b* value) ลดลงจาก 20.82 เป็น 12.86 เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าสกปรกที่ซักด้วยสารซักล้างเพียงอย่างเดียว ให้ค่าความเป็นสีเหลืองลดลงจาก 20.91 เป็น 14.40 แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์ที่เติมลงในสารซักล้างสามารถช่วยในการขจัดคราบน้ำชาได้ดีกว่าการซักผ้าโดยใช้เฉพาะสารซักล้างเพียงอย่างเดียว (Figure 4) ซึ่งคราบสกปรกของน้ำชาไม่สามารถถูกขจัดออกได้เมื่อล้างด้วยน้ำเพียงอย่างเดียว แต่สามารถขจัดคราบน้ำชาได้เมื่อมีการเติมเอนไซม์และขจัดคราบได้มากขึ้นอีกเมื่อมีการเติมสารซักล้าง

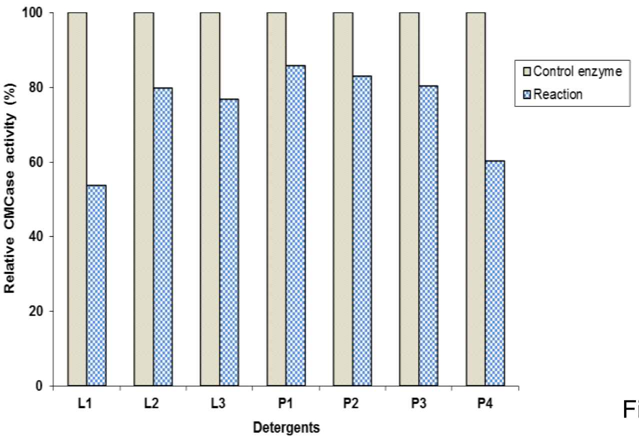



Figure 3 Effect of detergents to crude enzyme from the enrichment culture TL7-6 after soaking in detergent solutions at room temperature for 30 min.

Figure 4 Effect of crude enzyme from the enrichment culture TL7-6 to treated tea stains. Tea stains on white canvas fabric (A), washed with water (B), washed with crude enzyme (C), washed with detergent (D) and washed with detergent plus crude enzyme (E).

## สรุปผล

กลุ่มแบคทีเรีย TL7-6 เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจน เป็นด่าง และชอบร้อน สมาชิกทั้งหมดในกลุ่มจัดเป็นแบคทีเรียในจีนัส *Clostridia* ผลิตเอนไซม์อัลคาไลน์เซลลูเลสทำการได้ดีในช่วงพีเอชค่อนข้างกว้าง สามารถทำงานร่วมกับสารซักล้างได้ดี โดยสามารถชะล้างคราบสกปรกที่ติดอยู่บนเนื้อผ้าได้ดี

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และเงินงบประมาณแผ่นดินหมวดเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## เอกสารอ้างอิง

Chimtong, S., Tachaapaikoon, C., Sornyotha, S., Pason, P., Waeonukul, R., Kosugi, A. and Ratankhanokchai, K., 2014, Symbiotic Behavior during Co-culturing of *Clostridium thermocellum* NKP-2 and *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* NOI-1 on Corn Hull, BioResources, 9: 2471-2483.

Puangsri, P., Tachaapaikoon, C., Kyu, K.L., Kosugi, A., Mori, Y. and Ratanakhanokchai, K., 2010, Characterization of Alkaline Microcrystalline Cellulose Degrading Enzyme from Anaerobic Thermoalkaliphilic Bacterial Enrichment Culture, Presented at the 3rd Technology and Innovation for Sustainable Development International Conference (TISD2010), Royal Mekong Nogkhai Hotel, Nong Khai, Thailand, 4-6th March, 2010, 365-369.

Ratanakhanokchai, K., Kyu, K.L. and Tanticharroen, M., 1999, Purification and Properties of Xylan-binding Endoxylanase from *Bacillus* sp. K-1, Applied and Environmental Microbiology, 62: 694-697.

Romana, T., Rajoka, M.I. and Malik, K.A., 1990, Production of Cellulases and Hemicellulases by an Anaerobic Mixed Culture from Lignocellulosic Biomass, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 6: 39-45.

Stackebrandt, E. and Goebel, B.M., 1994, Taxonomic Note: A Place for DNA-DNA Reassociation and 16S rRNA Sequence Analysis in the Present Species Definition in Bacteriology, International Journal of Systematic Bacteriology, 44: 846-849.

# องค์ประกอบทางเคมีของกลิ่นตามธรรมชาติจากมะพร้าวน้ำหอม ข้าวหอมมะลิ และใบเตย

# Identification of Natural Volatile Compounds from Coconut Water, Jasmine Rice, and Pandan Leaves

**สายรุ้ง โพธิ์อ่ำ**[1] **อรพิน เกิดชูชื่น**[1] **และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์**[1]

Pho-am, S.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

## Abstract

Volatile compounds from coconut water, jasmine rice (fresh water and aged water for 6 h), and pandan leaves were identified by solid phase-micro-extraction gas chromatography mass spectrometry (SPME/GC-MS) technique. Results showed that major volatile compounds in coconut water were 2,3-butanediol (2.38x$10^6$) and methyl hexadecanoate (1.83x$10^6$). It was found that butanoic acid (1.10x$10^8$) and ethyl butanoate (1.53x$10^7$) were major volatile in fresh water of jasmine rice, and 2-ethyl hexanol (1.60x$10^7$) and benzaldehyde (1.39x$10^7$) were major volatile in aged water of jasmine rice. The major volatiles in pandan leaves were ethyl acetate (2.19x$10^7$) and ethyl ester hexadecanoic acid (1.14x$10^7$). The odor description of 2,3-butanediol, methyl hexadecanoate, butanoic acid, ethyl butanoate, 2-ethyl hexanol, benzaldehyde, ethyl acetate, and ethyl ester hexadecanoic acid were fruity, oily, sweet, sour, slightly floral, fruity, sweet and waxy odour respectively.

**Keywords:** volatile compounds, coconut water, jasmine rice, pandan leaves

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารหอมระเหยจากมะพร้าวน้ำหอม ข้าวหอมมะลิ (น้ำซาวข้าวกล้อง น้ำแช่ข้าวกล้อง 6 ชั่วโมง) และใบเตย โดยใช้เทคนิค solid phase-micro-extraction gas chromatography mass spectrometry (SPME/GC-MS) ผลการทดลองพบว่า สารหอมระเหยหลักในน้ำมะพร้าว ได้แก่ 2,3-butanediol (2.38x$10^6$) และ methyl hexadecanoate (1.83x$10^6$) ในน้ำซาวข้าวพบ butanoic acid (1.10x$10^8$) และ ethyl butanoate (1.53x$10^7$) ในน้ำแช่ข้าวมีสาร 2-ethyl hexanol (1.60x$10^7$) และ benzaldehyde (1.39x$10^7$) สำหรับใบเตยพบ ethyl acetate (2.19x$10^7$) และ hexadecanoic acid (1.14x$10^7$) โดยสารหอมระเหยที่พบ คือ 2,3-butanediol, methyl hexadecanoate, butanoic acid, ethyl butanoate, 2-ethyl hexanol, benzaldehyde, ethyl acetate, และ ethyl ester hexadecanoic acid ให้กลิ่น fruity, oily, sweet, sour, slightly floral, fruity, sweet และ waxy ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: กลิ่น น้ำมะพร้าว น้ำซาวข้าว ใบเตย

## คำนำ

กลิ่นของมะพร้าวน้ำหอม ข้าวหอมมะลิ และใบเตย เป็นกลิ่นหอมเอกลักษณ์ของพืชไทย อีกทั้งผลิตภัณฑ์จากพืชเหล่านี้ยังได้รับความนิยมบริโภคจากคนไทยและต่างชาติ การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของสารหอมระเหยจากมะพร้าวน้ำหอม ข้าวหอมมะลิ และใบเตย พบว่ามีกลิ่นคล้ายกัน เนื่องจากพบสาร key volatile compound ของพืชทั้งสามชนิด คือ 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY) (popcorn-like) นอกจากนั้นแล้วยังพบสารอีกหลายชนิดที่ตรงกันเช่น octanoic acid (sweet, cheese), decanoic acid (rancid, fat), benzaldehyde (almond, burnt sugar), 1-hexanol (green, herb) (Mahatheeranont และคณะ, 2001; Wakte, 2012; Marchi, 2015) ซึ่งทำให้กลิ่นหอมของพืชทั้งสามชนิดมีความคล้ายคลึงกัน เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์สารหอมระเหยส่วนใหญ่คือ gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สารหอมระเหยได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยสารหอมระเหยจากพืชทั้งสามชนิดที่นำมาวิเคราะห์นิยมผ่านกระบวนการกลั่นด้วยไอน้ำหรือสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ทำให้สารหอมระเหยบางชนิดตามธรรมชาติสูญหาย หรือมีโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกลิ่นตามธรรมชาติจากมะพร้าวน้ำหอม ข้าวหอมมะลิ และใบเตย โดยใช้เทคนิค solid phase micro extraction gas

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Teintalay 25 Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok 10150

chromatography mass spectrometry (SPME/GC-MS)

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมตัวอย่างมะพร้าวน้ำหอม ปลอกเปลือก นำมาล้างด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากกลิ่น ทิ้งตัวอย่างไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ปิเปตน้ำมะพร้าว 3 ml ใส่ใน vial ฝิดฝาให้สนิท

เตรียมตัวอย่างใบเตยสด ล้างด้วยน้ำสะอาดที่ปราศจากกลิ่น 2-3 ครั้ง แล้วนำมาตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง หั่นละเอียดขนาดประมาณ 0.2 mm บดให้ละเอียดโดยวิธีดั้งเดิม อัตราส่วนใบเตยต่อน้ำเป็น 2:1 น้ำหนักต่อปริมาตร คั้นน้ำกรองผ่านผ้าไนลอน ปิเปตมา 3 ml ใส่ใน vial ฝิดฝาให้สนิท

เตรียมตัวอย่างน้ำซาวข้าว โดยนำข้าวกล้องหอมมะลิมาผ่านน้ำกลั่นปราศจากกลิ่น 2 ครั้ง ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ ซาวข้าวโดยใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 2:1 ปิเปตมา 3 ml ใส่ใน vial จะได้ตัวอย่างน้ำซาวข้าว ตัวอย่างที่เหลือแช่ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง ปิเปต 3 ml ใส่ใน vial จะได้ตัวอย่างน้ำแช่ข้าว

SPME/GC-MS ตัวอย่างภายใน heating box ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที SPME fiber ดูดซับไอระเหยของตัวอย่างเป็นเวลา 20 นาที และใช้เวลาปล่อยไอระเหยของตัวอย่างเป็นเวลา 5 นาที โปรแกรมอุณหภูมิที่สารเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ เริ่มต้นที่ 40 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียสต่อนาที เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 150 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 5 นาที จากนั้นอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 6 องศาเซลเซียสต่อนาที post run ที่ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ข้อมูลเทียบกับ NIST-98/Wiley library

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบสารหอมระเหยทั้งหมด 28 ชนิด (Table 1) ในน้ำมะพร้าวน้ำหอมพบสาร 6 ชนิด คือ nonanal, 2,3-butanediol, 1-heptanol, octadecanol, isopropyl palmitate และ methyl hexadecanoate น้ำซาวข้าวหอมมะลิพบสาร 8 ชนิด คือ ethyl butanoate, 1-butanol, butyl butanoate, hexyl 2-methyl propanoate, 1-heptanol, butanoic acid, 1-methylethyl ester tetradecanoic acid และ ethyl ester hexadecanoic acid น้ำแช่ข้าวหอมมะลิพบสาร 8 ชนิด คือ 1-hexanol, 2,6-dimethyl-7-octen-2-ol, 2-ethyl hexanol, benzaldehyde, 2-decanol, 6-methyl-3-heptanol, 2-nonadecanol และ decanoic acid ใบเตยพบสาร 6 ชนิด คือ acetaldehyde, ethyl acetate, ethyl-4-octenoate, hexadecanol, ethyl ester hexadecanoic acid และ 1-nonadecanol

สารหอมระเหยหลักในน้ำมะพร้าวน้ำหอม (figure 1A) คือ 2,3-butanediol ($2.38 \times 10^6$) และ methyl hexadecanoate ($1.83 \times 10^6$) ซึ่งให้กลิ่น fruity และ oily sweet ในน้ำซาวข้าวพบ (figure 1 B) butanoic acid ($1.10 \times 10^8$) และ ethyl butanoate ($1.53 \times 10^7$) ให้กลิ่น sour และ slightly floral ในน้ำแช่ข้าว (figure 1 C) มีสาร 2-ethyl hexanol ($1.60 \times 10^7$) และ benzaldehyde ($1.39 \times 10^7$) สำหรับใบเตยพบ (figure 1 D) ethyl acetate ($2.19 \times 10^7$) และ ethyl ester hexadecanoic acid ($1.14 \times 10^7$) ให้กลิ่น sweet และ waxy ตามลำดับ ในการวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้เทคนิค SPME/GC-MS ไม่พบสาร ACPY ซึ่งเป็น key volatile compound ของพืชทั้งสามชนิด แตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ ซึ่งระบุว่าพบ 2-acetyl-1-pyrroline ในน้ำมะพร้าวน้ำหอม อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของฤดูกาล พื้นที่ปลูก พันธุ์พืช และอายุของตัวอย่าง ส่งผลให้ปริมาณ ACPY มีปริมาณต่ำ (Wakte และคณะ, 2012) นอกจากนี้สภาวะของ SPME/GC-MS ดัดแปลงมาจากงานวิจัยในปี 2015 ของ Machi และคณะ เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์สารหอมระเหยจาก มะพร้าวน้ำหอม ข้าวหอมมะลิและใบเตย อาจยังไม่ใช่สภาวะที่เหมาะสมที่สุด ในงานวิจัยต่อจากนี้จะทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมต่อไป อย่างไรก็ตามการศึกษานี้น้ำซาวข้าวและน้ำแช่ข้าวมีสารหอมระเหยที่พบมากที่สุดแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ อาจเนื่องมาจากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์บางชนิดตามธรรมชาติ เช่น *Aspergillus oryzae* ซึ่งสามารถสร้างเอ็นไซม์ α-amylase เพื่อเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลและแอลกอฮอร์ตามลำดับ (Carlsen และคณะ, 1996) ซึ่งสัมพันธ์กับสารกลุ่มแอลกอฮอร์ที่พบมากในน้ำแช่ข้าว ได้แก่ 1-hexanol, 2,6-dimethyl-7-octen-2-ol, 2-ethyl hexanol, 2-decanol, 6-methyl-3-heptanol, 2-nonadecanol

## สรุปผล

สารหอมระเหยโดยธรรมชาติที่พบ คือ 2,3-butanediol, methyl hexadecanoate, butanoic acid, ethyl butanoate, 2-ethyl hexanol, benzaldehyde, ethyl acetate, และ ethyl ester hexadecanoic acid ให้กลิ่น fruity, oily,

sweet, sour, slightly floral, fruity, sweet และ waxy odour ตามลำดับ

**Table 1** Volatile compounds of Coconut water (Nam-Hom), KDML 105 rice solution, KDML 105 rice solution 6 hrs, and Pandan leaves

| R.T. | Compounds (m/z) | Abundant | Odour description |
|---|---|---|---|
| | Coconut water (Nam-Hom) | | |
| 23.12 | Nonanal | $2.26 \times 10^4$ | Fatty-floral-rose, waxy |
| 31.24 | 2,3-butanediol | $2.38 \times 10^6$ | Fruity |
| 35.37 | 1-Heptanol | $1.73 \times 10^4$ | Herb, Mushroom |
| 45.14 | Octadecanol | $7.07 \times 10^5$ | Waxy |
| 47.04 | Isopropyl palmitate | $3.85 \times 10^4$ | Waxy |
| 53.98 | Methyl hexadecanoate | $1.83 \times 10^6$ | Oily sweet |
| | KDML 105 rice solution | | |
| 7.41 | Ethyl butanoate | $1.53 \times 10^7$ | Slightly floral |
| 12.43 | 1-butanol | $1.45 \times 10^6$ | Alcohol-like, wine |
| 15.26 | Butyl butanoate | $2.64 \times 10^5$ | Fruity, pineapple |
| 24.24 | Hexyl 2-methyl propanoate | $2.58 \times 10^5$ | Fruity, spicy, herbal |
| 26.25 | 1-Heptanol | $1.72 \times 10^6$ | Herb, Mushroom |
| 33.08 | Butanoic acid | $1.10 \times 10^8$ | Sour |
| 48.94 | 1-methylethyl ester tetradecanoic acid | $2.12 \times 10^5$ | Rancid, fat |
| 54.78 | Ethyl ester hexadecanoic acid | $5.84 \times 10^4$ | Sweet-rancid |
| | KDML 105 rice solution 6 hrs | | |
| 21.79 | 1-hexanol | $2.26 \times 10^6$ | Resin, flower, green |
| 26.77 | 2,6-dimethyl-7-octen-2-ol | $8.30 \times 10^6$ | Fresh floral |
| 27.65 | 2-ethyl hexanol | $1.60 \times 10^7$ | Sweet, fatty, fruity |
| 28.54 | benzaldehyde | $1.39 \times 10^7$ | Almond, burnt sugar |
| 32.86 | 2-decanol | $2.94 \times 10^5$ | Fatty |
| 39.32 | 6-methyl-3-heptanol | $2.22 \times 10^5$ | Herbal |
| 48.61 | 2-nonadecanol | $1.79 \times 10^5$ | oily rather fruity |
| 55.32 | Decanoic acid | $1.59 \times 10^4$ | rancid, fat |
| | Pandan leaves | | |
| 1.72 | Acetaldehyde | $1.00 \times 10^4$ | fruity |
| 3.28 | Ethyl acetate | $2.19 \times 10^7$ | sweet |
| 19.85 | Ethyl-4-octenoate | $1.66 \times 10^6$ | sweet, fruity, fresh |
| 29.46 | Hexadecanol | $3.13 \times 10^6$ | flower, wax |
| 54.77 | ethyl ester hexadecanoic acid | $1.14 \times 10^7$ | waxy |
| 57.19 | 1-nonadecanol | $2.15 \times 10^5$ | Fatty |

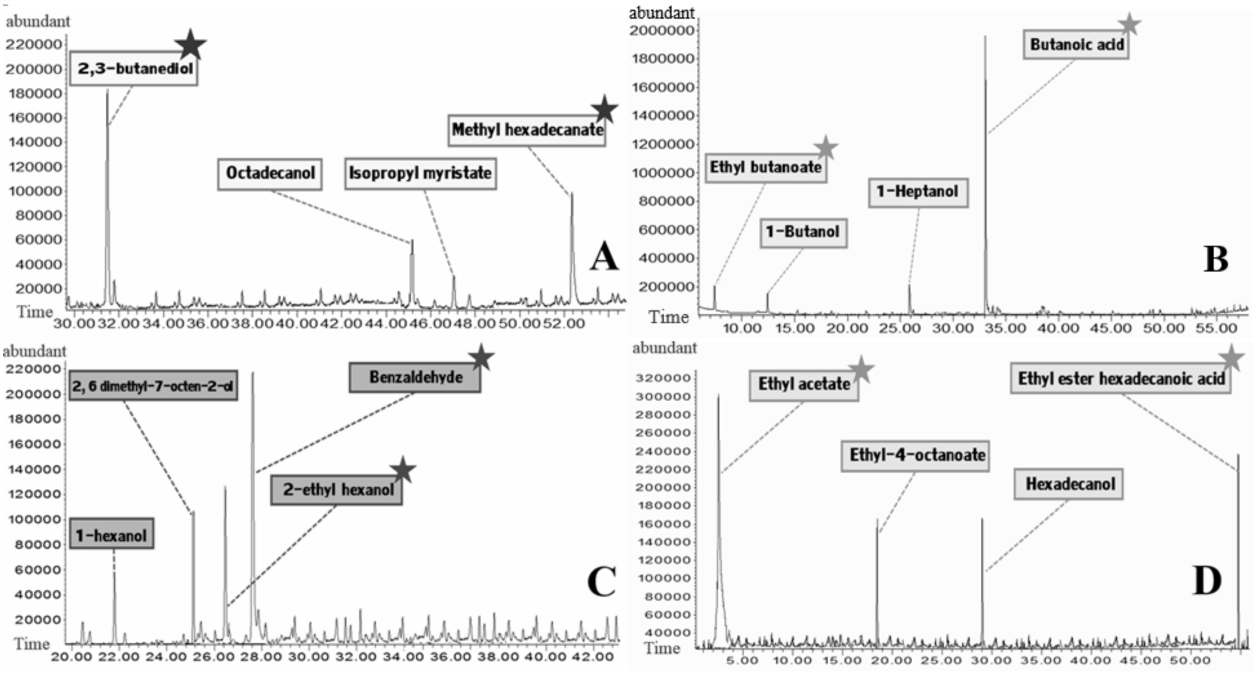



**Figure 1** Chromatogram of volatile compound extracted from, and (A) Coconut water (Nam-Hom), (B) KDML 105 rice solution (C) KDML 105 rice solution 6 hrs, and (D) Pandan leaves

## เอกสารอ้างอิง

Mahatheeranont, S., Keawsa-ard, S. and Dumri, K., 2001, Quantification of The Rice Aroma Compound, 2-Acetyl-1-Pyrroline, in Uncooked Khao Dawk Mali 105 Brown Rice, Journal Agricultural Food Chemistry, 49: 773-779.

Marchi, F.D., Aprea, E., Endrizzi, I., Charles, M., Betta, E., Corollaro, M.L., Cappelletti, M., Ferrentino, G., Spilimbergo, S. and Gasperi, F., 2015, Effects of Pasteurization on Volatile Compounds and Sensory Properties of Coconut (*Cocos nucifera* L.) Water: Thermal vs. High-Pressure Carbon Dioxide Pasteurization, Food Bioprocess Technology, 8: 1393-1404.

Wakte, K.V., Zanan, R.L., Thengane, R.J., Jawali, N. and Nadaf, A.B., 2012. Identification of Elite Population of *Pandanus amaryllifolius* Roxb. for Higher 2-Acetyl-1-pyrroline and Other Volatile Contents by HS-SPME/GC-FID from Peninsular India, Food Analytical Methods, 5: 1276-1288.

Carlsen, M., Nielsen, J. and Villadsen, J., 1996, Growth and α-Amylase Production by *Aspergillus oryzae* during Continuous Cultivations, Journal of Biotechnology, 45: 81-93.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 397-400 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 397-400 (2558)

# เปรียบเทียบปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ความชื้นในดิน และการเจริญเติบโตของทานตะวัน ที่ปลูกในดินเนื้อละเอียดที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

# Comparison of Relative Water Content, Soil Moisture and Growth of Sunflower Planted in Clay Soil at Different Growth Stages

**สายชล สุขญาณกิจ**[1] **และ ธนวรรณ พาณิชพัฒน์**[2]

Sukyankij, S.[1] and Panich-pat, T.[2]

## Abstract

This experiment aimed to study the effect of water deficit on relative water content (RWC), soil moisture and growth from vegetative stage to reproductive stage of sunflower. The experimental design was RCBD with 5 treatments and 3 replications; normal irrigation 2 days/time (control), water deficit at vegetative stage at 10-30 days after planting (DAP), water deficit before flowering stage at 20-40 DAP, water deficit at flowering stage about 35-55 DAP, and water deficit during seed development stage at 55-75 DAP. The result showed that water shortage at 55-75 DAP gave significantly the lowest of soil moisture, shoot and root biomass (DW) and yield. In contrast, normal irrigation resulted in the highest soil moisture, shoot and root biomass (DW) and yield. RWC in leaves showed that normal irrigation and water deficit were not significanly different at all development stages.

**Keywords:** relative water content (RWC), soil moisture, growth, sunflower

## บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการขาดน้ำของทานตะวันในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ความชื้นดิน และการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) 5 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย การให้น้ำอย่างสม่ำเสมอทุก 2 วัน (ควบคุม) การงดให้น้ำในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น 10-30 วันหลังปลูก (DAP) งดให้น้ำในช่วงก่อนออกดอกระยะ 20-40 DAP งดให้น้ำในช่วงออกดอก 35-55 DAP และ งดให้น้ำในช่วงระยะการติดเมล็ด 55-75 DAP ผลการทดลองพบว่า การงดการให้น้ำในระยะ 55-75 DAP มีความชื้นในดินต่ำที่สุด การสะสมน้ำหนักแห้งทั้งส่วนเหนือดิน ส่วนราก และปริมาณผลผลิตน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่การให้น้ำปกติมีความชื้นดิน น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ส่วนราก และปริมาณผลผลิตสูงที่สุด ด้านปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบพบว่า การให้น้ำปกติและการงดน้ำในแต่ละระยะการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

**คำสำคัญ**: ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ความชื้นดิน การเจริญเติบโต ทานตะวัน

## คำนำ

สถานการณ์ภัยแล้งของประเทศไทยในปัจจุบันที่ขยายวงกว้างส่งผลให้ปริมาณน้ำต้นทุนในปี 2557 ที่มีไว้เพื่อการทำการเกษตรเหลือปริมาณน้อย สถานการณ์น้ำในเขื่อนตกอยู่ในภาวะเสี่ยงต่อปัญหาการขาดแคลนน้ำ ในทางตรงกันข้ามช่วงเวลาดังกล่าว เกษตรกรโดยเฉพาะกลุ่มลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่ปลูกข้าวนาปรังในเขตพื้นที่ชลประทานเกินจากแผนไปถึง 119 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นรัฐบาลจึงมีนโยบายในการงดเว้นการเพาะปลูกข้าวนาปรังของเกษตรกรลงโดยจ่ายเงินทดแทนเกษตรกรในอัตราไร่ละ 1,000 บาท เพื่อป้องกันสถานการณ์ภัยแล้งในอนาคต (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2557) จากสาเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องหาพืชชนิดอื่นเพื่อปลูกทดแทนข้าวซึ่งเป็นพืชที่ใช้น้ำในการเจริญเติบโตสูง ทานตะวันเป็นพืชทางเลือกที่อาจปลูกทดแทนการปลูกข้าวได้ เพราะใช้น้ำน้อยเหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย และ

---

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[2] Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon pathom 73140

ทานตะวันยังเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตในเขตร้อนได้ดี อีกทั้งมีระบบรากที่แข็งแรง สามารถเจริญเติบโตได้ในดินหลายประเภท นอกจากนี้น้ำมันจากเมล็ดทานตะวันถือเป็นน้ำมันคุณภาพดี และจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยอีกชนิดหนึ่ง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการขาดน้ำของทานตะวันในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ความชื้นดิน และการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

## อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ทำในแปลงเกษตรกรอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ใช้เมล็ดทานตะวันพันธุ์อะควอรา 6 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) 5 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) ให้น้ำทานตะวันอย่างสม่ำเสมอทุกๆ 2 วัน (ควบคุม) 2) งดการให้น้ำในช่วงการเจริญทางลำต้นระยะ 10-30 วันหลังปลูก (10-30 DAP) 3) งดการให้น้ำในช่วงก่อนออกดอกระยะ 20-40 วันหลังปลูก (20-40 DAP) 4) งดการให้น้ำในช่วงออกดอก 35-55 วันหลังปลูก (35-55 DAP) และ 5) งดการให้น้ำในช่วงระยะการติดเมล็ด 55-75 วันหลังปลูก (55-75 DAP) โดยเตรียมแปลงขนาด 3x5 เมตร จำนวน 15 แปลง ระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร ใช้ระยะปลูก 40x50 เซนติเมตร โดยปลูกเป็นหลุม หลุมละ 3 เมล็ด หลังจากงอก 7 วัน ถอนให้เหลือ 1 ต้น/หลุม เก็บข้อมูลปริมาณน้ำสัมพัทธ์ตามวิธีการของ Turner (1981) ความชื้นดินตามวิธี Gravimetric method (สายันต์, 2537) และวัดการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักแห้ง ความสูง และปริมาณผลผลิตต่อไร่ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ดินเบื้องต้น พบว่าเนื้อดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินเหนียวทั้งดินบนและดินล่าง (ดินบน 0-30 ซม. Sand 14.69%, silt 34.31%, clay 51.00% และดินล่าง 30-60 ซม. Sand 11.85%, silt 28.91%, clay 59.24%) ซึ่งสามารถดูดซับน้ำได้ดี จากข้อมูลความชื้นดินที่ได้ (Figure 1A) พบว่า ที่ระดับความลึก 0-30 ซม. ความชื้นดินของแปลงทานตะวันที่ผ่านการงดน้ำที่ระยะต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการงดให้น้ำทานตะวันในช่วงวันที่ 55-75 วัน ส่งผลให้ระดับความชื้นดินลดต่ำลงมากที่สุด ส่วนการงดให้น้ำทานตะวันในช่วงวันที่ 10-30 วัน นั้นมีค่าความชื้นดินสูงที่สุด เนื่องจากในช่วงระยะ 10-30 วันหลังปลูกนั้น ทานตะวันอยู่ในระยะที่มีการพัฒนาทางลำต้น จำนวนใบและปริมาณปากใบยังมีน้อย การคายระเหยน้ำและการดูดน้ำจากดินจึงน้อย ส่งผลให้ปริมาณความชื้นในดินเหลือมากกว่า ทานตะวันที่เจริญถึงระยะ 55-75 วัน ซึ่งเป็นระยะที่มีการเจริญทางลำต้นเต็มที่จนถึงเข้าสู่ช่วงระยะเจริญพันธุ์ ซึ่งจะมีการคายระเหยน้ำและการดูดน้ำจากดินที่สูงกว่า (สายันต์, 2537) ขณะที่การให้น้ำอย่างสม่ำเสมอนั้นสามารถคงระดับความชื้นในดินไว้ได้ใกล้เคียงกันในทุกระยะของการเจริญเติบโต ซึ่งผลความชื้นที่ได้นี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับระดับความชื้นดินที่ระยะ 30-60 ซม. (Figure 1B) แต่ที่ระดับความลึก 30-60 ซม. มีความชื้นคงเหลือมากกว่าที่ระดับ 0-30 ซม. อันเนื่องจากการกระจายของรากพืชนั้นมีการกระจายในดินบนเป็นส่วนใหญ่ การดูดน้ำมาใช้จึงดูดจากดินบน ส่งผลให้ระดับความชื้นสะสมในดินบนลดลงมากกว่าดินชั้นล่าง (30-60 ซม.) โดยปกติแล้วหากดินที่ใช้ปลูกพืชมีเนื้อดินสม่ำเสมอจะสามารถแบ่งเขตการดูดใช้น้ำได้เป็น 4 ส่วน คือ ประมาณ 40% ของความชื้นที่พืชใช้ทั้งหมดมาจากดินในชั้นแรกนับจากผิวดินลงมา 30% มาจากดินในชั้นที่สอง 20% มาจากดินในชั้นที่สามและ 10% มาจากดินในชั้นที่สี่ตามลำดับ (กรมชลประทาน, 2554)

เมื่อพิจารณาจากปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (Relative water content, RWC) (Figure 1C) ที่ได้จากการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบทานตะวันที่ผ่านการงดน้ำเป็นเวลา 20 วัน ในทุกชุดการทดลอง และใบของทานตะวันที่มีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ที่ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของทานตะวันที่ให้น้ำสม่ำเสมอมีค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 75.73-91.03 เปอร์เซ็นต์ และทานตะวันที่ผ่านการงดน้ำในแต่ละชุดการทดลองมีค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 74.94-86.58 เปอร์เซ็นต์ จากค่าที่ได้นี้อาจกล่าวได้ว่า การขาดน้ำของทานตะวันที่ปลูกในดินเนื้อละเอียดในช่วงการเจริญเติบโตต่างๆ ไม่ส่งผลถึงระดับปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ เนื่องจากการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอและการงดเว้นการให้น้ำในบางช่วงของการเจริญเติบโตให้ผลปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบที่ไม่แตกต่าง

ด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของทานตะวันพบว่า น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งราก และปริมาณผลผลิตมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (Table 1) โดยทานตะวันที่ปลูกแบบให้น้ำอย่างสม่ำเสมอทุกๆ 2 วัน (ชุดควบคุม) มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งราก และปริมาณผลผลิตสูงที่สุด คือ 1135.6 กก./ไร่, 174.5

กก./ไร่ และ 371.65 กก./ไร่ ตามลำดับ สอดคล้องกับ ธีรชัย (2554) ซึ่งศึกษาผลของปัจจัยการผลิตระดับต่างๆ ต่อทานตะวัน พบว่าการให้น้ำทานตะวันทุกๆ 5 วัน ทำให้ทานตะวันมีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าการให้น้ำทุกๆ 10 วัน, 15 วัน และการให้น้ำเพียงเล็กน้อยแค่เพียงพอให้ทานตะวันไม่ตาย อย่างไรก็ตามพบว่า อัตราส่วนของส่วนเหนือดิน/ราก(shoot/root ratio) และความสูง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกชุดการทดลอง และเมื่อพิจารณาจากช่วงวันที่ทำการงดน้ำพบว่า การงดน้ำในช่วง 55-75 วัน (55-75 DAP) ทำให้ทานตะวันมีผลผลิตต่ำที่สุด ซึ่งอาจเพราะช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงสร้างเมล็ดและสะสมน้ำหนัก น้ำในดินเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยขนส่งสารอาหารต่างๆ จากส่วนสร้างอาหาร เช่น ใบ ไปยังส่วนที่รับอาหารคือ เมล็ด ดังนั้นเมื่อปริมาณน้ำลดลงการขนส่งสารอาหารก็ส่งถ่ายได้ไม่ดี ทำให้น้ำหนักของเมล็ดลดลง (สายันต์, 2537)

## สรุปผล

การให้น้ำทานตะวันทุกๆ 2 วัน จะทำให้มีความชื้นสะสมในดินมากที่สุด อีกทั้งมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ส่วนราก และปริมาณผลผลิตสูงที่สุด ขณะที่การงดให้น้ำในระยะ 55-75 วัน ส่งผลให้ความชื้นในดินลดต่ำลงมากที่สุด อีกทั้งมีการสะสมน้ำหนักแห้งทั้งส่วนเหนือดิน ส่วนราก และปริมาณผลผลิตน้อยที่สุด ด้านปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบพบว่า การให้น้ำปกติและการงดน้ำในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นการปลูกทานตะวันในดินเนื้อละเอียดควรหลีกเลี่ยงการขาดน้ำในช่วงระยะติดเมล็ดคือ 35-75 วันหลังปลูกเพื่อป้องกันผลผลิตที่อาจลดลงงดให้ได้ในช่วง 10–40 วันหลังปลูก ไม่มีผลต่อผลผลิต ซึ่งจะเป็นการประหยัดน้ำได้ และเป็นการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน, 2554, คู่มือการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและค่าสัมประสิทธิ์พืช, กรุงเทพฯ, 130 หน้า

ธีรชัย เชี่ยวชาญศิลป์, 2554, ผลของปัจจัยการผลิตระดับต่างๆ ต่อทานตะวัน, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2557, ภัยแล้ง ปี 2556/2557 [สืบค้น], http://www.thaiwater.net/current/drought57/drought57.html, [15/ December/ 14].

สายันต์ สดุดี, 2537, สภาวะขาดน้ำในการผลิตพืช, ภาควิชาพืชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 202 หน้า.

Turner, N.C, 1981, Technique and Experimental Approaches for the Measurement of Plant Water Status, Plant Soil, 58: 339-366.

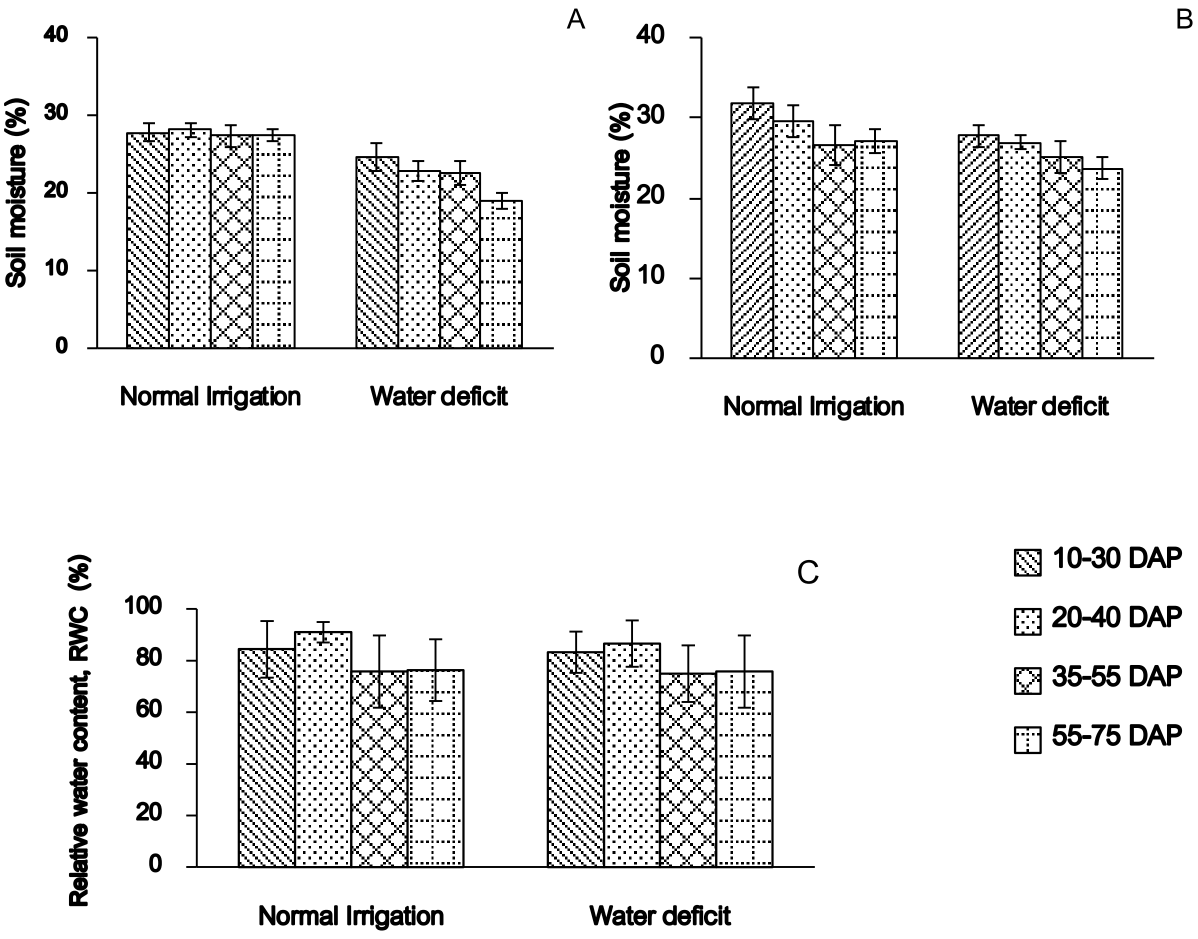



**Figure 1** Effect of normal irrigation and water deficit at different growth stages of sunflower on soil moisture depth 0-30 cm (A) soil moisture depth 30-60 cm (B) and relative water content, RWC (C)

**Table 1** Effect of water deficit at different growth stages of sunflower on shoot biomass, root biomass, shoot/root ratio, height and yield.

| Treatment | Shoot biomass (kg/rai) | Root biomass (kg/rai) | Shoot/Root ratio | Height (cm) | Yield (kg/rai) |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | 1,135.6 a[1/] | 174.5 a[1/] | 6.51[1/] | 147.33[1/] | 371.65 a[1/] |
| 10-30 DAP | 1,001.1 b | 138.4 b | 7.26 | 147.00 | 339.53 ab |
| 20-40 DAP | 927.3 c | 141.9 b | 6.54 | 146.00 | 308.11 b |
| 35-55 DAP | 902.2 cd | 134.5 b | 6.76 | 148.33 | 260.52 c |
| 55-75 DAP | 858.1 d | 140.1 b | 6.13 | 147.53 | 251.42 c |
| P-value | 0.001 | 0.009 | 0.14 | 0.92 | 0.001 |
| F-test | ** | ** | ns | ns | ** |
| CV (%) | 10.64 | 12.15 | 8.28 | 2.59 | 16.25 |

[1/] mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT,

** indicated significant difference at P<0.01, ns is not significant difference at P>0.05

# ความเหมาะสมเชิงกายภาพของพื้นที่ปลูกพริกจังหวัดแพร่

# Physical Suitability of Chili Cultivated Area in Phrae Province

**วาสนา วิรุญรัตน์**[1] **เฉลิมพล สำราญพงษ์** [2] **ถาวร อ่อนประไพ**[3] **และ จิราพร ต่อปัญญา**[3]
Wiroonrat, W.[1], Samranpong, C.[2], Onpraphai, T.[3] and Topanya, J.[3]

## Abstract

Physical Suitability of Chili Cultivated Area in Phrae Province was evaluated in order to evaluate the potential and limitation of such area at the present stage. The criteria and methodology for land evaluation were based on the criteria of Land Development Department which followed the land evaluation scheme of FAO. It was found that the agricultural area in Phrae province were mostly not suitable for chili cultivation. However the proportion of suitable land for chili cultivation would be increased it the farmers had proper nutritional management. Though Nong Muong Kai district was the large chili growing area but the proportion of suitable land for this crop was less than those for the other crops as comparing to Wang Chin and Long district. Poor drainage of the soils in Nong Muong Kai district was the important limitation.
**Keywords:** Physical Suitability, chili pepper, potential and limitation

## บทคัดย่อ

การประเมินความเหมาะสมเชิงกายภาพของการปลูกพริกในจังหวัดแพร่มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพและข้อจำกัดของพื้นที่ปลูกพริกในปัจจุบัน โดยได้กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการประเมินคุณภาพที่ดินตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งอาศัยกรอบการประเมินคุณภาพที่ดินของ FAO ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ทำการเกษตรจังหวัดแพร่ส่วนใหญ่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพริก แต่หากเกษตรกรมีจัดการความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารให้เหมาะสม จะทำให้สัดส่วนของพื้นที่ที่มีความเหมาะสมเพิ่มมากขึ้น ถึงแม้ว่าอำเภอหนองม่วงไข่จะเป็นแหล่งปลูกพริกแหล่งใหญ่ของจังหวัดแต่กลับมีสัดส่วนของพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยกว่าพื้นที่ปลูกพืชอื่นในอำเภอวังชิ้นและลอง เนื่องจากอำเภอหนองม่วงไข่มีสภาพดินที่มีการระบายน้ำเลวซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญ
**คำสำคัญ**: ความเหมาะสมเชิงกายภาพ พริก ศักยภาพและข้อจำกัด

## คำนำ

พริก ถือได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดแพร่ มีพื้นที่ปลูกมากถึง 9,662 ไร่ในปีการผลิต 2554/2555 พื้นที่ปลูกมากที่สุดที่อำเภอหนองม่วงไข่ และอำเภอลอง ผลผลิตเฉลี่ยของทั้งจังหวัดอยู่ที่ 1,529 กก./ไร่ เฉพาะในอำเภอหนองม่วงไข่ 1,068 กก./ไร่ และอำเภอสองมีผลผลิตเฉลี่ย 2,804 กก./ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกพริกผลใหญ่ เพื่อส่งโรงงานซอสพริก (วีระ, 2555) ปัจจุบันการปลูกพริกในอำเภอหนองม่วงไข่พบปัญหาปริมาณและคุณภาพของผลผลิตตกต่ำ เนื่องจากเกิดการระบาดของโรคและแมลงที่มีความรุนแรงขึ้นทุกปี อีกทั้งยังมีความหลากหลายของโรคมากขึ้น และแตกต่างกันในแต่ละปี จากรายงานของ ถาวร และคณะ (2557) ซึ่งได้เข้าไปสำรวจแปลงพริกและสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกพริกในพื้นที่อำเภอหนองม่วงไข่ พบว่า ในปีการผลิต 2555/56 มีการระบาดของโรคเหี่ยวเขียว แต่ในปีการผลิต 2556/57 กลับพบการระบาดของเหี่ยวเหลือง และแอนแทรกโนส อีกทั้งในการเข้าไปสำรวจยังพบโรค เน่าเปียก ใบหงิก ใบด่าง ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เพียง 1-2 ครั้งเท่านั้น อีกทั้งผลผลิตที่ได้ยังด้อยคุณภาพ หงิกงอ ขายไม่ได้ราคา แต่ในขณะเดียวกันยังมีเกษตรกรบางรายที่ยังสามารถผลิตพริกให้ได้คุณภาพตามที่ตลาดต้องการ ในแปลงปลูกมีการระบาดของโรคน้อย แสดงให้เห็นว่า ความแตกต่างเชิงกายภาพพื้นที่ และการจัดการของเกษตรกร น่าจะมีผลต่อ

[1] **หลักสูตรปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290**
[1] Soil science curricular, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290
[2] **ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200**
[2] Multiple Cropping Center (MCC), Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
[3] **สาขาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200**
[3] Soil Science and Conservation Dept., Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

ผลผลิตพริกของเกษตรกรที่จะได้รับ ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่จังหวัดแพร่ และวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพริกโดยใช้ระบบภูมิสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System ;GIS) และยึดหลักการประเมินที่ดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ FAO (1976) เพื่อเป็นแนวทางให้มีการส่งเสริมการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อพืชปลูกของเกษตรกรในพื้นที่

## อุปกรณ์และวิธีการ

(1) พัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับผลิตพริกในจังหวัดแพร่ เช่น ขอบเขตการปกครอง ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ คุณสมบัติของดิน และแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพริกโดยใช้โปรแกรม GIS และในการประเมินได้ใช้หน่วยแผนที่ดินที่ได้รับจากสถานีพัฒนาที่ดินแพร่ โดยเลือกข้อมูลเฉพาะพื้นที่ที่มีคุณสมบัติของดิน ซึ่งไม่รวมพื้นที่แหล่งน้ำ ชุมชน พื้นที่ความลาดชันเชิงซ้อน (slope complex) และพื้นที่ที่เป็นหิน (rock land) คิดเป็นเนื้อที่ 1,554,073 ไร่ หรือร้อยละ 38.34 ของพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัดแพร่

(2) สำรวจภาคสนาม โดยการวัดพิกัดแปลงพริกด้วยเครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) แบบสอบถามสัมภาษณ์ข้อมูลการผลิตพริกของเกษตรกร และสุ่มเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ ความเป็นกรดด่างของดิน (pH) เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ (%organic matter) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (available P) และปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) จำนวน 27 ตัวอย่าง เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงพื้นที่ของพื้นที่ปลูกพริกซึ่งจะนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์พื้นที่ปลูกพริก และความเหมาะสมเชิงกายภาพของการผลิตพริกในจังหวัดแพร่

(3) วิเคราะห์ความเหมาะสมทางกายภาพพื้นที่สำหรับการผลิตพริกในจังหวัดแพร่ โดยนำข้อมูลภาคสนามของการผลิตพริกในอำเภอหนองม่วงไข่ เนื่องจากเป็นแหล่งผลิตใหญ่ที่สุดในจังหวัดแพร่ พิจารณาร่วมกับฐานข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการผลิตพริกทั้งจังหวัดแพร่ เพื่อให้ได้ความเหมาะสมเชิงกายภาพสำหรับการผลิตพริก โดยอาศัยหลักการของ FAO (1976) 4 ระดับ ดังนี้ (1) ชั้นที่มีความเหมาะสมมาก (Highly suitable; S1) (2) ชั้นที่มีความเหมาะสมปานกลาง (Moderately suitable; S2) (3) ชั้นที่มีความเหมาะสมเล็กน้อย (Marginally suitable; S3) และ(4) ชั้นที่ไม่มีความเหมาะสม (Not suitable; N)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงกายภาพของพื้นที่ปลูกพริกในช่วงเดือนกรกฎาคมของจังหวัดแพร่ (Figure 1A ) พบว่า พื้นที่ทำการเกษตรของทุกอำเภอมีความเหมาะสมเพียง 2 ระดับ กล่าวคือ เหมาะสมน้อย (S3) และไม่เหมาะสม (N) เนื่องจากข้อจำกัดของสภาพการระบายน้ำเลวโดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ราบของอำเภอหนองม่วงไข่ อำเภอเมืองแพร่ และอำเภอสูงเม่น อีกทั้ง Available P และ Exchangeable K โดยกำเนิดค่อนข้างต่ำถึงต่ำมาก แต่หากเกษตรกรมีการจัดการที่ดีเพื่อแก้ไขข้อจำกัดเชิงกายภาพจะสามารถเพิ่มสัดส่วนความเหมาะสมของพื้นที่มากยิ่งขึ้น (Figure 1B) โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอลอง และวังชิ้น ด้วยวิธีการดังนี้ 1)ปรับสภาพการระบายน้ำในแปลงปลูกโดยการยกร่องสูงขึ้น และเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ ซึ่งจากการสัมภาษณ์พบว่า เกษตรกรยังให้ความสำคัญต่อการปรับปรุงโครงสร้างดินโดยการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอกค่อนข้างน้อย จากผลการวิเคราะห์ดินพบว่า %organic matter ร้อยละ 88.9 ของแปลงที่สุ่มเก็บตัวอย่าง อยู่ในระดับต่ำกว่า 1.5% 2) ยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้น ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่มีการใส่ปูนโดโลไมท์ในขั้นตอนการเตรียมดิน ทำให้ร้อยละ 66.7 ของแปลงที่สุ่มเก็บตัวอย่าง มี pH อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับปลูกพริก 3) มีการจัดการปุ๋ยตามผลการวิเคราะห์ดิน ซึ่งพบว่าร้อยละ 100 ของแปลงที่สุ่มเก็บตัวอย่าง มี Available P และ Exchangeable K ในระดับสูง-สูงมาก แตกต่างจากหน่วยแผนที่ดินของสถานีพัฒนาที่ดินแพร่ ซึ่งความไม่แน่นอน (uncertainty) ดังกล่าวเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ไม่ได้เกิดจากการทำงานผิดพลาดของหน่วยงาน แต่เกิดจากสมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนแปลงตามการจัดการดินและปุ๋ยของเกษตรกรได้ตลอดเวลาซึ่งอาจแตกต่างจาก Available P และ Exchangeable K ของดินโดยกำเนิดจากหน่วยแผนที่ดินได้ จากผลการวิเคราะห์ดินและการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกพริกแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้ปุ๋ยที่ไม่ถูกต้อง โดยมีการใช้ปุ๋ยสูตรเสมอมาอย่างยาวนาน ดังนั้นเกษตรกรควรมีการตรวจวิเคราะห์ดินทุกปี เพื่อติดตามปริมาณธาตุอาหารดังกล่าว ซึ่งหากมีอยู่ในปริมาณมากเกินพอ ในฤดูกาลเพราะปลูกถัดไปไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยที่ให้ธาตุดังกล่าว เนื่องจากในดินมีเกินอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการดูดใช้ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุของพริกได้ ซึ่งจากรายงานของ Brady และ Weil (2002) พบว่าหากมีปริมาณโพแทสเซียมและแมกนีเซียมในดินสูงกว่าแคลเซียม อาจทำให้พืชดูดใช้แคลเซียมได้น้อยลง ซึ่งแคลเซียมมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับพริกในช่วงติดผล

## สรุปผล

พื้นที่ทำการเกษตรในจังหวัดแพร่มีความเหมาะสมเชิงกายภาพในระดับน้อย (S3) และไม่เหมาะสม (N) สำหรับการปลูกพริก แต่หากมีการจัดการเพื่อแก้ไขข้อจำกัดเชิงกายภาพจะช่วยยกระดับความเหมาะสมเชิงกายภาพเพิ่มสูงขึ้นทุกอำเภอ โดยเฉพาะอำเภอลอง และวังชิ้น

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัยที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยมาโดยตลอด

## เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2556, เทคโนโลยีการผลิตพริกคุณภาพใน เขตภาคเหนือตอนบน, ดาราวรรณการพิมพ์, เชียงใหม่.

ถาวร อ่อนประไพ เฉลิมพล สำราญพงษ์ เทวินทร์ แก้วเมืองมูล วรวีรกรณ์ วีระจิตต์ และวาสนา วิรุญรัตน์, 2557, ศักยภาพเชิงพื้นที่; โอกาสและความเสี่ยงต่อทางเลือกในการผลิตทางเกษตรของจังหวัดแพร่, รายงานฉบับสมบูรณ์ภายใต้การสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย ปี พ.ศ. 2555-2557, 199 หน้า.

บัณฑิต ตัณศิริ และคำรณ ไทรฟัก, 2542, คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดิน (Qualitative Land Evaluation) สำหรับพืชเศรษฐกิจ (ฉบับปรับปรุง), เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 2/2535, กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพ.

วีระ ภาคอุทัย สิริกุล วะสี กรุง สีตะธนี และเยาวรัตน์ ศรีวรานันท์, 2555, คู่มือการจัดการห่วงโซ่อุปทานพริกสดปลอดภัย (ฉบับ พ.ศ. 2555), พิมพ์ครั้งที่ 6, ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, 87 หน้า.

Brady, N.C. and Weil, R.R., 2002, The Nature and Properties of Soils, 13th Edition. Prentice Hall, New Jersey, 960 p.

FAO, 1976, A Framework for Land Evaluation, Soils Bulletin 32 FAO Publication, Rome.

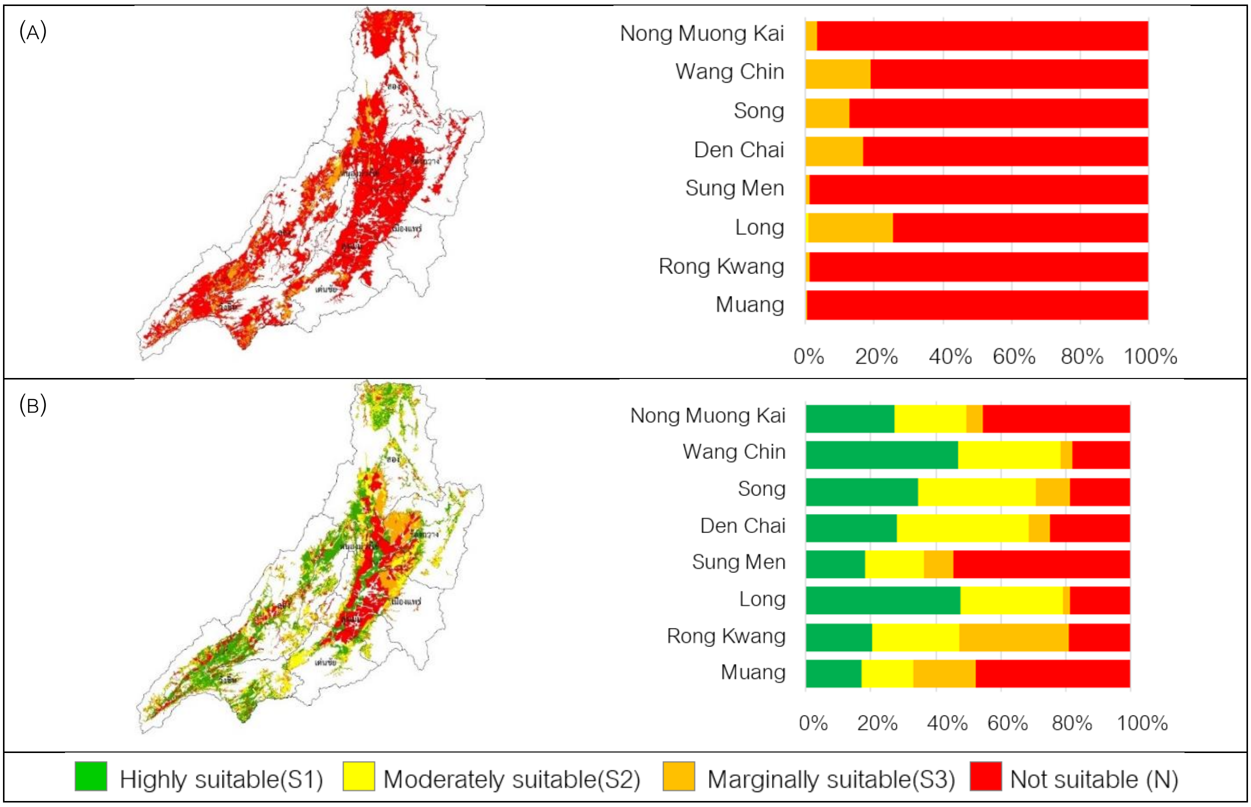



**Figure 1** Physical Suitability of Chili Cultivated Area (A) not improve nutrient availability and (B) improve nutrient availability

Table 1 Land quality and criterion standardization setting for Physical Suitability of Chili Cultivated Area

| Crop requirements | | | criterion standardization | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Land quality** | **Diagnostic factor** | **unit** | **S1** | **S2** | **S3** | **N** |
| Temperature Regime (t) | Mean temperature in growing period | C | 24-30 | 31-35<br>23-20 | 36-40<br>15-19 | > 40<br>< 15 |
| Moisture Availability (m) | Water requirement in growing period | mm. | 500-850 | 400-500 | 300-400 | < 300 |
| Oxygen Availability (o) | Soil Drainage* | Class | 5,6 | 4 | 3 | 1,2 |
| Nutrient Availability (s) | Available P | ppm | > 15 | 3-15 | <3 | |
| | Available K | ppm | > 60 | 30-60 | < 30 | |
| | Reaction (pH) | | 6.1-7.3 | 7.4-7.8<br>5.6-6.0 | 7.9-8.4<br>5.1-5.5 | > 8.4<br>< 5.1 |
| Nutrient Retention Capacity (n) | C.E.C. | meg/100g | > 15 | 5-15 | <5 | |
| | B.S. | % | > 50 | <50 | | |
| Potential for Mechanization (w) | Slope** | Class | ABC | D | E | > E |
| Erosion Hazard (e) | Slope** | Class | AB | C | D | > D |

**ที่มา:** ดัดแปลงจาก บัณฑิต และคำรณ (2542)

Remark* **Soil drainage class**: 1=Very poorly drained, 2= Poorly drained, 3= somewhat poorly drained, 4= moderately drained, 5= well drained และ 6= somewhat excessively drained

****Slope class**: A= flat or almost flat, B= slightly undulating, C= undulating, D= rolling, E= hilly, F=steep, G= very steep และ H= very high steep

# ผลของสารให้ความคงตัวต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง

## Effect of Stabilizers on the Physiochemical Properties of Soy Milk Ice Cream

พวงชมพู หงษ์ชัย[1] และ วรรณวิสา บุญชู[1]
Hongchai, P.[1] and Bunchoo, W.[1]

### Abstract

This research was aimed to study the effects of 3 different stabilizers on the physiochemical properties of soy milk ice cream. The 0.2% xanthan gum, CMC, and carrageenan were used as stabilizers and compared to the control. Physiochemical properties investigated were color, viscosity, melting rate, TSS, pH and sensory evaluation. Results indicated that all 4 samples showed different color L* a* b* and viscosity (p≤0.05). The sample with xanthan gum showed the highest viscosity at 915 ± 0.53 centipoints, and samples with CMC and carrageenan showed the highest % overrun at 39.88 ± 0.30 and 40.47 ± 0.36, respectively. In addition, both samples showed less melting rate compared to the control. In contrast, results indicated that all 4 samples did not differ (p>0.05) in TSS and pH. Finally, the sensory evaluation indicated that the most acceptable soy milk ice cream with a test score of 7.75 ± 0.78 was the sample with xanthan gum.
**Keywords:** soy milk ice cream, xanthan gum, carrageenan, CMC

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของสารให้ความคงตัวต่อสมบัติทางกายภาพ-เคมีของไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง โดยใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิด ได้แก่ แซนแทนกัม โซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) และคาราจีแนน ความเข้มข้น 0.2% เติมในสูตรของไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง แล้วทดสอบสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าสี L* a* b* และความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมทั้ง 4 สูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ(p ≤ 0.05) โดยสูตรที่เติมแซนแทนกัมมีความหนืดสูงสุด 915± 0.53 เซนติพอยส์ ทั้งสูตรที่เติม CMC และคาราจีแนน มีค่า %โอเวอร์รันสูงสุด 39.88 ± 0.30 และ40.47± 0.36 ตามลำดับ หลังจากนั้นวัดอัตราการละลายของไอศกรีม พบว่าสูตรที่เติม CMCและคาราจีแนน มีอัตราการละลายน้อยกว่าสูตรมาตรฐาน เมื่อนำไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลืองมาทดสอบสมบัติทางเคมีและด้านประสาทสัมผัส พบว่าค่าพีเอชและปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) และผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมสูงสุดในสูตรที่มีการเติมแซนแทนกัม เท่ากับ 7.75 ± 0.78
**คำสำคัญ**: ไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง แซนแทนกัม คาราจีแนน CMC

### คำนำ

ไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลืองเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ เนื่องจากไขมันในถั่วเหลืองมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว 85% ของปริมาณไขมันทั้งหมด (อภิพรรณ, 2546) ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่อการที่ไขมันอุดตันในหลอดเลือด และช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (สุพัฒน์, 2546) แต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป ปัจจุบันในอุตสาหกรรมผลิตไอศกรีมมีการใช้สารให้ความคงตัวหลายชนิดมาช่วยปรับปรุงคุณภาพของไอศกรีม เนื่องจากสารให้ความคงตัวทุกชนิดมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี เพิ่มความหนืดและความคงตัวให้กับไอศกรีม เพิ่มเนื้อให้ไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียน ลดการเกิดผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมขณะเก็บรักษาหรือระหว่างที่รอการจำหน่าย ทำให้ไอศกรีมเป็นเนื้อเดียวกัน และช่วยให้ไอศกรีมที่ผลิตได้มีการละลายช้าลง สารให้ความคงตัวที่ใช้ในไอศกรีมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ เช่น แซนแทนกัม (xanthan gum) คาราจีแนน(carrageenan) โซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (sodiumcarboxymethylcellulose : CMC) เจลาติน (gelatin) โซเดียมอัลจิเนต (sodium alginate) และอะราบิกกัม (gum arabic) เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณภาพของไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Programe of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University 13000.

## อุปกรณ์และวิธีการ

ไอศกรีมนมถั่วเหลือง เตรียมตามสูตรไอศกรีม (Table 1) โดยใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิด คือ แซนแทนกัม โซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) และคาราจีแนน ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.2

**Table 1** Ingredients of soy milk ice cream

| % Ingredients | sample 1 (control) | sample 2 with xanthan gum | sample 3 with CMC | sample 4 with carrageenan |
|---|---|---|---|---|
| soy milk | 75 | 75 | 75 | 75 |
| vegetable oil | 10 | 10 | 10 | 10 |
| sugar | 15 | 15 | 15 | 15 |
| yolk | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| stabilizer | 0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| vanilla | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |

ไอศกรีมนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้ ทั้ง 4 สูตร นำมาทดสอบสมบัติทางด้านกายภาพของไอศกรีม ได้แก่ ความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม ค่าสี ค่าโอเวอร์รันและอัตราการละลาย หลังจากนั้นมาทดสอบสมบัติทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดและค่าพีเอช และทดสอบด้านประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ด้วยวิธี 9 – Point hedonic scales

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวัดสีของไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง พบว่า ค่า L* a*และb* ของทุกสูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องมาจากสีของสารให้ความคงตัว มีสีเข้ม จึงส่งผลให้ไอศกรีมทั้ง 3 สูตร ที่เติมสารให้ความคงตัวมีระดับสีเข้มมากกว่าสูตรมาตรฐาน

**Table 2** Color of soy milk ice cream

| Sample | Color | | |
|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* |
| sample 1(control) | $73.35^{ab} \pm 0.56$ | $2.75^{a} \pm 0.02$ | $16.55^{a} \pm 0.01$ |
| sample 2 with xanthan gum | $73.47^{ab} \pm 3.53$ | $2.26^{c} \pm 0.05$ | $14.92^{b} \pm 0.62$ |
| sample 3 with CMC | $70.31^{b} \pm 1.45$ | $2.52^{b} \pm 0.00$ | $15.56^{ab} \pm 0.22$ |
| sample 4 with carrageenan | $77.71^{a} \pm 0.51$ | $2.54^{b} \pm 0.02$ | $16.69^{a} \pm 0.62$ |

Mean in the same column with difference letters are significantly difference ($p \leq 0.05$).

ความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่มีการเติมแซนแทนกัมจะมีความหนืดสูงสุดเท่ากับ 915 ± 0.53 เซนติพอยส์ เนื่องจากสารให้ความคงตัวที่เติมในไอศกรีมเป็นสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ สามารถจับกับน้ำเกิดโครงสร้างเป็นเจลจึงส่งผลให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น และการขึ้นฟูของไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลืองมีค่าอยู่ในช่วง 35.96-40.47% โดยสูตรที่มีการเติม CMC และคาราจีแนน จะมีค่าร้อยละโอเวอร์รันสูงสุด เท่ากับ 39.88 ± 0.30 และ 40.47 ± 0.36 ตามลำดับ

**Table 3** Viscosity and overrun of soy milk ice cream

| Sample | Viscosity (cP) | Overrun (%) |
|---|---|---|
| sample 1(control) | 156.20 [d] ± 0.55 | 36.03 [b] ± 0.14 |
| sample 2 with xanthan gum | 915.32 [a] ± 0.53 | 35.96 [b] ± 0.05 |
| sample 3 with CMC | 823.95 [b] ± 0.49 | 39.88 [a] ± 0.30 |
| sample 4 with carrageenan | 644.18 [c] ± 1.39 | 40.47 [a] ± 0.36 |

Mean in the same column with difference letters are significantly difference ($p \leq 0.05$).

อัตราการละลายของไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลืองที่เวลา 10 นาทีแรก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อผ่านไป 20 นาที อัตราการละลายของสูตรที่ 2 และ 3 น้อยกว่าสูตรที่ 1 ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 1 หลังจากเวลาผ่านไป 30 และ 40 นาที สูตรที่ 3และ 4 มีอัตราการละลายน้อยกว่าสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากอัตราการละลายมีความสัมพันธ์กับความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม หากมีความหนืดสูง จะส่งผลให้อัตราการละลายช้าลง สอดคล้องกับ ปฐมพร (2548) กล่าวว่า ความหนืดทำให้โครงสร้างของไอศกรีมเกาะตัวกัน มีผลทำให้ไอศกรีมละลายช้าลง

**Table 4** Melting rate of soy milk ice cream

| Sample | Melting rate (g/min) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 10 min | 20 min | 30 min | 40 min |
| sample 1(control) | 1.52 [ns] ± 0.01 | 1.30 [a] ± 0.01 | 0.86 [a] ± 0.12 | 0.47 [a] ± 0.04 |
| sample 2 with xanthan gum | 1.26 [ns] ± 0.01 | 0.99 [b] ± 0.01 | 0.69 [ab] ± 0.01 | 0.58 [a] ± 0.02 |
| sample 3 with CMC | 1.31 [ns] ± 0.24 | 1.07 [b] ± 0.14 | 0.83 [ab] ± 0.04 | 0.45 [ab] ± 0.01 |
| sample 4 with carrageenan | 1.53 [ns] ± 0.07 | 1.12 [ab] ± 0.01 | 0.64 [b] ± 0.03 | 0.31 [b] ± 0.09 |

Mean in the same column with difference letters are significantly difference ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลืองมาทดสอบสมบัติทางเคมี พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของไอศกรีมทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) คือมีค่าอยู่ในช่วง 31.51 - 33.75 % แต่ไอศกรีมทั่วไปจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 35 - 37% ซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมดมีผลทำให้ไอศกรีมมีเนื้อเนียน มี body ที่ดี (วรรณา และวิบูลย์ศักดิ์, 2531) และค่าพีเอชของไอศครีมทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) คือมีค่าอยู่ในช่วง 6.75 - 6.80 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนันทินา (2544) ที่กล่าวว่าสารให้ความคงตัวต่างชนิดกันไม่มีผลต่อค่าพีเอชของไอศกรีมกะทิ

**Table 5** TSS and pH of soy milk ice cream

| Sample | % TSS | pH |
|---|---|---|
| sample 1(control) | 32.72 [ns] ± 0.36 | 6.80 [ns] ± 0.00 |
| sample 2 with xanthan gum | 33.75 [ns] ± 0.57 | 6.75 [ns] ± 0.07 |
| sample 3 with CMC | 31.51 [ns] ± 1.13 | 6.80 [ns] ± 0.00 |
| sample 4 with carrageenan | 32.76 [ns] ± 1.80 | 6.80 [ns] ± 0.00 |

ns-not significant

**Table 6** Sensory score of soy milk ice cream

| Attribute | Sensory score | | | |
|---|---|---|---|---|
| | sample 1 (control) | sample 2 with xanthan gum | sample 3 with CMC | sample 4 with carrageenan |
| color | 7.35 $^{ns}$ ± 1.22 | 7.35 $^{ns}$ ± 0.81 | 7.15 $^{ns}$ ± 1.66 | 7.10 $^{ns}$ ± 1.65 |
| sweet | 7.00 $^{ns}$ ± 1.12 | 7.15 $^{ns}$ ± 1.03 | 7.20 $^{ns}$ ± 1.28 | 7.25 $^{ns}$ ± 1.29 |
| oiliness | 7.10 $^{ns}$ ± 0.96 | 7.10 $^{ns}$ ± 1.20 | 6.85 $^{ns}$ ± 1.03 | 7.03 $^{ns}$ ± 1.44 |
| soy flavor | 7.20 $^{ns}$ ± 1.19 | 7.25 $^{ns}$ ± 1.58 | 6.80 $^{ns}$ ± 1.39 | 7.25 $^{ns}$ ± 1.06 |
| smooth | 6.15 $^{ns}$ ± 1.63 | 6.95 $^{ns}$ ± 1.50 | 6.55 $^{ns}$ ± 1.43 | 6.40 $^{ns}$ ± 1.46 |
| melting in the mouth | 6.90 $^{ns}$ ± 1.37 | 7.40 $^{ns}$ ± 1.35 | 6.85 $^{ns}$ ± 1.78 | 6.75 $^{ns}$ ± 1.11 |
| gumminess | 6.25 $^{ns}$ ± 1.99 | 7.10 $^{ns}$ ± 1.11 | 6.70 $^{ns}$ ± 1.59 | 6.25 $^{ns}$ ± 1.55 |
| overall acceptable | 6.50 $^{b}$ ± 1.93 | 7.75 $^{a}$ ± 0.78 | 7.05 $^{ab}$ ± 1.60 | 6.85 $^{ab}$ ± 1.30 |

Mean in the same row with difference letters are significantly difference ($p \leq 0.05$).

ns-not significant

จาก Table 6 พบว่า คะแนนความชอบของสีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน กลิ่นรสถั่วเหลือง ความเรียบเนียน การละลายในปาก และความเหนียวหนืด ของทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมสูงสุดในสูตรที่มีการเติมแซนแทนกัม เท่ากับ 7.75 ± 0.78

## สรุปผล

การใช้สารให้ความคงตัวทั้ง 3 ชนิดในไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง มีผลต่อค่าสี L*, a* ,b* ไอศกรีมมีสีขาวนวล และความหนืดของสูตรที่มีการเติมแซนแทนกัมให้ความหนืดสูงสุด 915± 0.53 เซนติพอยส์ ขณะที่สูตรที่มีการเติม CMC และคาราจีแนน จะมีค่า %โอเวอร์รันสูงสุด 39.88 ± 0.30 และ40.47± 0.36 ตามลำดับ หลังจากนั้นวัดอัตราการละลายของไอศกรีม พบว่าสูตรที่เติม CMCและคาราจีแนน มีอัตราการละลายน้อยกว่าสูตรมาตรฐาน เมื่อนำไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลืองมาทดสอบด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมสูงสุดในสูตรที่มีการเติมแซนแทนกัม เท่ากับ 7.75 ± 0.78 (ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง)

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์การทดลองในการทำวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

นันทินา เที่ยงธรรม, 2544, การใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ปฐมพร เช้าเจริญ, 2548, ผลของการใช้แป้งบุกเป็นสารคงตัวในไอศกรีม, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ, 2531, นมและผลิตภัณฑ์นม, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สุพัฒน์ ใต้เวชศาสตร์, 2546, ผลของอิมัลซิไฟเออร์และสารให้ความคงตัวที่มีต่อคุณภาพของไอศกรีมถั่วเหลือง, วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อภิพรรณ พุกภักดี, 2546, ถั่วเหลือง: พืชทองของไทย, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

# ผลของการใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงต่อคุณภาพของขนมปัง

Effect of Replacement of Milk Powder with Soy Milk Powder on Bread Quality

สิรินาถ ตัณฑเกษม[1] และ สุภางค์ เรืองฉาย[1]

Tantakasem, S.[1] and Ruangchai, S.[1]

## Abstract

Soy Milk has about the same amount of protein as cow's milk and has essential fatty acid, vitamins and minerals for health benefit. The objective of this research was to study the effect of replacement of milk powder with soy milk powder on bread quality. Bread was prepared by replacing milk powder with soy milk powder at different levels viz. 0, 25, 50, 75 and 100% by weight of milk powder in the control formulation. The results indicated that the bread with soy milk powder at level 75 and 100% had lower specific volume and water activity but had higher chroma value and hue angle in crumb and crust color than the control. The bread with soy milk powder had no significant differences in texture profile (hardness, cohesiveness, gumminess and chewiness) from the control bread. The results showed that 100 % soy milk powder was used as milk powder replacer, there were no significant differences in color, flavor, appearance, texture, taste and overall sensory acceptance compared to the control bread (p>0.05).

**Keywords:** bread, soy milk powder, milk powder

## บทคัดย่อ

นมถั่วเหลืองมีโปรตีนเทียบเท่านมวัวมีกรดไขมันที่มีประโยชน์รวมทั้งมีวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงที่มีต่อคุณภาพของขนมปัง โดยแปรปริมาณนมถั่วเหลืองผงในขนมปังสูตรควบคุมเป็น 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักของนมผง) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของขนมปัง พบว่าขนมปังที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงในปริมาณ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าปริมาตรจำเพาะและค่าวอเตอร์แอคติวิตีลดลง มีค่าความเข้มสี และ hue angle ของเนื้อและเปลือกขนมปังสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ขนมปังที่ใช้นมถั่วเหลืองผงมีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่ศึกษาโดยวิธี Texture Profile Analysis ในด้าน hardness, cohesiveness, gumminess และ chewiness ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าสามารถใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงได้ในปริมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยขนมปังมีผลความชอบทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่นรส ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

**คำสำคัญ:** ขนมปัง นมถั่วเหลืองผง นมผง

## คำนำ

ในปัจจุบันมีผู้นิยมบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มาจากผักผลไม้หรือธัญพืชมากขึ้น จึงมีผู้บริโภคบางกลุ่มที่เปลี่ยนมาบริโภคนมถั่วเหลืองแทนนมวัว เนื่องจากนมถั่วเหลืองมีสารสำคัญช่วยเสริมสร้างระบบประสาท เพิ่มความจำ มีส่วนช่วยลดการเกาะตัวของไขมันและคอเลสเตอรอลในหลอดเลือด ช่วยลดความเสี่ยงของโรคกระดูกเสื่อม และยังไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้เหมือนนมวัว เพราะไม่มีแลคโตส งานวิจัยนี้จึงได้มีการนำนมถั่วเหลืองผงมาใช้ทดแทนนมผงในการผลิตขนมปัง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งสาลี น้ำตาล เกลือ ยีสต์ นมผง และไขมัน เป็นวัตถุดิบหลัก ถั่วเหลืองผงผลิตจากเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการอบ กะเทาะเปลือก และบดละเอียดทั้งเมล็ดรวมจมูกถั่วเหลือง ทำให้มีคุณค่าของสารอาหารทั้งจากจมูกถั่วเหลือง และเมล็ดถั่วเหลืองคงอยู่อย่างครบถ้วน สารอาหารที่มีประโยชน์ในถั่วเหลือง เช่น ไอโซฟลาโวนส์ (Isoflavones) ลิกนิน (Lignins) ซาโปนิน (Saponins) ไฟติก แอซิด (Phytic acid) ไฟโตเอสโตรเจน (Phytoestrogen) และไฟโตสเตอรอล (Phytoesterol) เป็นต้น งานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาเกี่ยวกับการนำแป้งชนิดอื่นมาเสริมหรือทดแทนแป้งสาลีในขนมปัง เช่น

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ10400

[1] Department of Food Science and Technology, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, 10400

Greene และ Bovell-Benjamin (2004) ศึกษาการนำแป้งมันเทศมาเสริมในขนมปังโฮลวีทเพื่อเพิ่มปริมาณเบต้าแคโรทีนในขนมปัง Mastromatteo และคณะ (2014) ศึกษาผลของสายพันธุ์ durum wheat ที่มีต่อคุณภาพของขนมปัง Ryan และคณะ (2002) ศึกษาการใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีในขนมปังพบว่าสามารถใช้ทดแทนได้ 12 % โดยมีผลทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงขนมปังสูตรควบคุม เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำนมถั่วเหลืองผงมาใช้ทดแทนนมผง โดยศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงในปริมาณต่างๆ เพื่อหาปริมาณการทดแทนที่เหมาะสมที่ผู้บริโภคยอมรับ

## อุปกรณ์และวิธีการ

**1. การผลิตขนมปังสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผง**

1.1 ผลิตขนมปังสูตรควบคุม

โดยมีส่วนผสมของแป้งขนมปัง (แป้งสาลี บริษัทยูไนเต็ด ฟลาวมิลล์ จำกัด) น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล) นมผง (ตราสวนดุสิต) เนยขาว (ตราคริสโก) เกลือ (ตราปรุงทิพย์) ยีสต์แห้ง (ตราเฟอร์มิพัน เรด) และน้ำ เป็น 53.0 2.7 5.0 5.5 0.8 0.5 และ 32.5% (โดยน้ำหนักรวม) ตามลำดับ ผลิตขนมปังแบบขั้นตอนเดียว (Straight dough method) จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 400 $^{O}$F เป็นเวลาประมาณ 35 นาที

1.2 ผลิตขนมปังสูตรที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผง

นำนมถั่วเหลืองผง (ตราดอยคำ) มาใช้ทดแทนนมผงในขนมปังสูตรควบคุม โดยแปรปริมาณการทดแทนเป็น 5 ระดับ คือ 0 25 50 75 และ 100% (โดยน้ำหนักนมผง) ผลิตขนมปังเช่นเดียวกับสูตรควบคุม ในข้อ 1.1

**2. ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของขนมปังที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผง**

2.1 ศึกษาค่าปริมาตรจำเพาะ (specific volume) ตามวิธี The Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000)

2.2 ศึกษาค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Aw) ตามวิธี The Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000)

2.3 ศึกษาค่าสีของขนมปัง

วัดค่าสีของเนื้อและเปลือกขนมปังโดยใช้เครื่อง HunterLab Digital Color Difference Meter รุ่น DP-9000 แสดงผลเป็นค่า L*, a* และ b* คำนวณค่า chroma และ hue angle (H$^{O}$) จากสูตร Chroma = $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ และ H$^{O}$ = $\tan^{-1}(b^*/a^*)$

2.4 ทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis, TPA)

ทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปัง โดยใช้เครื่อง Texture Analyser รุ่น LRX ใช้โปรแกรม NEXYGEN

**3. ประเมินผลทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผง**

นำขนมปังที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงในปริมาณ 0 25 50 75 และ 100% (โดยน้ำหนักนมผง) มาประเมินผลความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 50 คน

**4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ**

วิเคราะห์ข้อมูลการทดลองทางสถิติแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับสมบัติทางเคมีกายภาพและแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**1. ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของขนมปังที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผง**

จากการนำนมถั่วเหลืองผงมาทดแทนนมผงพบว่า ปริมาณนมถั่วเหลืองผงที่มากขึ้นส่งผลให้ขนมปังมีค่า water activity ลดลง ส่วนค่าปริมาตรจำเพาะพบว่าการทดแทนนมผงด้วยนมถั่วเหลืองผงในปริมาณ 75 และ 100% มีผลให้ขนมปังมีค่าปริมาตรจำเพาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ดังแสดงใน Table 1

การวัดค่าสีของขนมปัง พบว่าค่าความสว่าง ( L*) ของเนื้อขนมปังมีค่าลดลงเมื่อใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงในปริมาณ 50 75 และ 100% (Table 1) และจากการนำค่า a* และ b* มาคำนวณค่า chroma และ hue angle (0$^{O}$ or 360$^{O}$ = red; 90$^{O}$ = yellow; 180$^{O}$ = green; 270$^{O}$ = blue) (Shan และคณะ, 2013) พบว่าทั้งเนื้อและเปลือกขนมปังที่มีการทดแทนด้วยนมถั่วเหลืองผงในระดับ 75 และ 100% มีค่า chroma และ hue angle สูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ดังแสดงใน Figure 1 และ 2 ขนมปังมีค่าความเข้มสีมากขึ้น และมีสีค่อนข้างไปทางสีเหลืองมากขึ้น

เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนนมผงด้วยนมถั่วเหลืองผง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nilufer และคณะ (2008) ที่ได้ศึกษาสมบัติหน้าที่ของโปรตีนถั่วเหลืองที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังถั่วเหลือง พบว่าการเพิ่มปริมาณนมถั่วเหลืองทำให้ปริมาตรของขนมปังลดลง และเปลือกขนมปังมีสีเข้มขึ้น

จากการศึกษาด้านเนื้อสัมผัสของขนมปังโดยใช้ Texture Profile Analysis (TPA) (Table 2) พบว่าขนมปังที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผง 25 50 75 และ 100% มีค่า hardness, cohesiveness, gumminess และ chewiness ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าสามารถใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงได้ 100% โดยไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปัง

**2. ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผง**

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงในระดับต่างๆ (Table 3) พบว่าสามารถใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงได้ถึง 100% โดยมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นรส ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างจากขนมปังสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ 7.27 อยู่ในระดับชอบปานกลาง

**Table 1** Specific volume, water activity and L* of bread prepared by replacing milk powder with soy milk powder.

| Replacement level (%) | Specific volume ($cm^3$/g) | Water activity (Aw) | L* |
|---|---|---|---|
| 0 | $3.03^{a}\pm0.53$ | $0.84^{a}\pm0.03$ | $76.60^{a}\pm0.18$ |
| 25 | $3.00^{a}\pm0.77$ | $0.83^{b}\pm0.03$ | $76.66^{a}\pm0.35$ |
| 50 | $2.93^{ab}\pm0.65$ | $0.82^{c}\pm0.01$ | $75.76^{b}\pm0.61$ |
| 75 | $2.76^{b}\pm0.21$ | $0.81^{d}\pm0.02$ | $75.27^{b}\pm0.33$ |
| 100 | $2.86^{b}\pm0.78$ | $0.81^{d}\pm0.01$ | $74.71^{c}\pm0.18$ |

Mean in the same column followed by different superscript letters differs significantly ($P$ < 0.05).

**Table 2** TPA textural properties of bread prepared by replacing milk powder with soy milk powder.

| Replacement level (%) | Hardness (kgf) | Cohesiveness | Gumminess (kgf) | Chewiness (kgf) |
|---|---|---|---|---|
| 0 | $0.89^{ab}\pm0.33$ | $0.59^{a}\pm0.10$ | $0.42^{a}\pm0.07$ | $1.50^{a}\pm0.14$ |
| 25 | $0.99^{a}\pm0.21$ | $0.48^{a}\pm0.12$ | $0.34^{a}\pm0.01$ | $1.37^{a}\pm0.26$ |
| 50 | $0.84^{ab}\pm0.55$ | $0.33^{a}\pm0.05$ | $0.26^{a}\pm0.01$ | $1.21^{a}\pm0.17$ |
| 75 | $0.78^{ab}\pm0.13$ | $0.39^{a}\pm0.02$ | $0.25^{a}\pm0.13$ | $1.05^{a}\pm0.09$ |
| 100 | $0.60^{b}\pm0.30$ | $0.36^{a}\pm0.17$ | $0.23^{a}\pm0.17$ | $1.02^{a}\pm0.21$ |

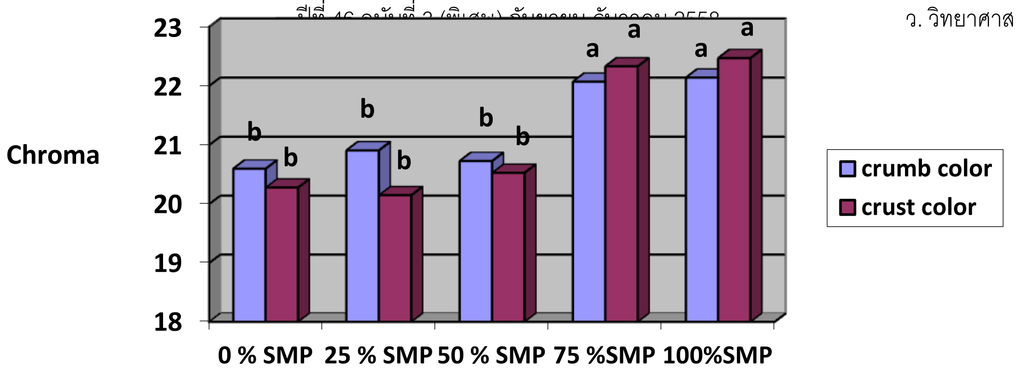
Mean in the same column followed by different superscript letters differs significantly ($P$ < 0.05).

**Table 3** Mean sensory score of bread prepared by replacing milk powder with soy milk powder.

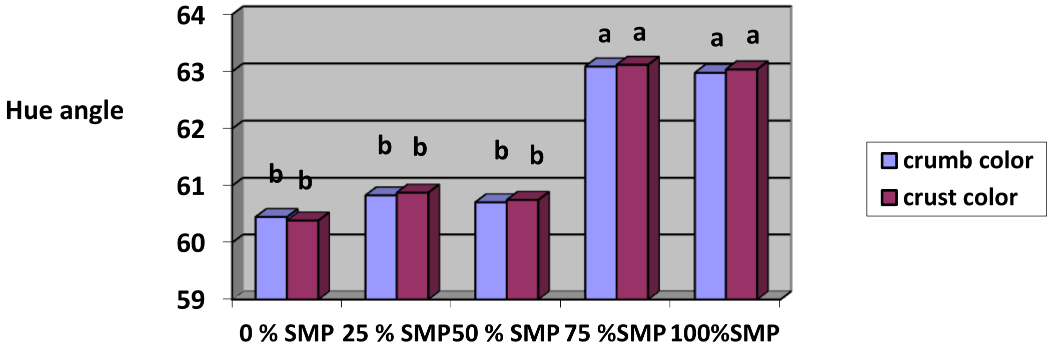
| Replacement level (%) | Sensory score | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Color | Flavor | Appearance | Texture | Taste | Overall Acceptability |
| 0 | $7.40^{a}\pm1.07$ | $6.70^{ab}\pm1.02$ | $7.10^{b}\pm1.18$ | $7.03^{ab}\pm1.20$ | $7.03^{a}\pm1.32$ | $7.13^{a}\pm1.23$ |
| 25 | $7.47^{a}\pm1.25$ | $7.00^{a}\pm1.26$ | $7.33^{ab}\pm1.09$ | $7.57^{a}\pm1.07$ | $7.33^{a}\pm1.21$ | $7.30^{a}\pm1.18$ |
| 50 | $7.47^{a}\pm1.14$ | $7.10^{a}\pm1.24$ | $7.53^{a}\pm0.86$ | $7.33^{a}\pm1.15$ | $7.40^{a}\pm1.33$ | $7.37^{a}\pm1.16$ |
| 75 | $7.05^{b}\pm1.30$ | $6.43^{b}\pm1.52$ | $7.10^{b}\pm1.09$ | $6.80^{b}\pm1.00$ | $6.97^{a}\pm1.22$ | $7.07^{a}\pm1.11$ |
| 100 | $7.17^{ab}\pm0.99$ | $6.83^{a}\pm1.39$ | $7.03^{b}\pm0.99$ | $7.13^{ab}\pm1.11$ | $7.07^{a}\pm1.23$ | $7.17^{a}\pm0.99$ |

Mean in the same column followed by different superscript letters differs significantly ($P$ < 0.05).

Sensory scores based on 9-point hedonic scale (9 = extremely like, 1 = extremely dislike).




Figures 1 Chroma value of bread prepared by replacing milk powder with soy milk powder (SMP).




Figures 2 Hue angle of bread prepared by replacing milk powder with soy milk powder (SMP).

## สรุปผล

ขนมปังที่ใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงในปริมาณ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี ปริมาตรจำเพาะ และค่าความสว่าง (L*) ของเนื้อขนมปังลดลง มีค่า chroma และ hue angle ของเนื้อและเปลือกขนมปังมากขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าสามารถใช้นมถั่วเหลืองผงทดแทนนมผงในปริมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยขนมปังมีผลความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม และมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ศึกษาโดยวิธี Texture Profile Analysis ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

## เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, Official Method of Analysis. 16 th ed. Washington Dc, The Association of Official Analytical Chemists.

Greene, J.L. and Bovell-Benjamin, A.C., 2004, Macroscopic and Sensory Evaluation of Bread Supplemented with Sweet-potato Flour, Journal of Food Science, 69: 167-173.

Mastromatteo, M., DanZa, A., Lecce, L., Spinelli, S., Lampignano, V. and Laverse, J., 2014, Effect of Durum WheatVarieties on Bread Quality, International Journal of Food Science and Technology, 49: 72-81.

Nilufer, D., Boyacioglu, D. and Vodovotz, Y., 2008, Functionality of Soymilk Powder and Its Components in Fresh Soy Bread, Journal of Food Science, 73: 275-281.

Ryan, K.J., Homco-Ryan, C.L., Jenson, J., Robbins, K.L., Prestat, C. and Brewer, M.S., 2002, Effect of Lipid Extraction Process on Performance of Texturized Soy Flour Added Wheat Bread, Journal of Food Science, 67: 2385-2390.

Shan, S., Zhu, K., Peng, W. and Zhou, H., 2013, Physicochemical Properties and Salted Noodle-Making Quality of Purple Sweet Potato Flour and Wheat Flour Blends, Journal of Food Processing and Preservation, 37: 709-716.

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากมังคุด

## Development of Drinking Yoghurt from Mangosteen

**พีรพล ศรีชู[1] ภิญญดา แก้วเสถียร[1] วัลลา ตั้งรักษาสัตย์[2*] ปริ่มเฉนียน มุ่งการดี[3] จันทร์เพ็ญ วิวัฒน์[3] วิมล ศรีศุข[2] และ อรสา สุริยาพันธ์[2]**

Srichoo, P.[1], Kaewsatian, P.[1], Tungrugsasut, W.[2*], Moongkarndi, P.[3], Wiwat, C.[3], Srisukh, V.[2] and Suriyaphan, O.[2]

### Abstract

This study aimed to develop drinking yoghurts with more health benefits for consumers by adding mangosteen as essential ingredient. Three drinking yoghurts have been developed, formula 1 (mangosteen 50%w/w), formula 2 (mangosteen 45%w/w) and formula 3 (mangosteen 40%w/w). Sensory evaluation was carried out, using 9-point Hedonic scale method, among 80 panelists. According to Analysis of Variance (ANOVA), the mean scores of these formulas were significantly different ($p < 0.05$). Formula 2 received the highest mean score of 7.39 (like moderately to like very much). Antioxidant activity reported in terms of $IC_{50}$ of formula 1, 2 and 3 on day 0 were 219.12 mg/mL, 239.01 mg/mL and 247.16 mg/mL, respectively. The study of bacterial survival in formula 1, 2 and 3 on day 28 were 2.0 X$10^{11}$ cfu/g, 3.5X$10^{11}$ cfu/g, 4.6X$10^{11}$ cfu/g and percentage of survival rate 10.93, 17.07 and 19.41, respectively.

**Keywords:** drinking yoghurt, mangosteen, antioxidant, $IC_{50}$

### บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มให้มีคุณประโยชน์เพิ่มมากขึ้นโดยการใช้มังคุดมาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มที่พัฒนาขึ้นมี 3 สูตร ได้แก่ สูตร 1 (ปริมาณมังคุด 50%w/w), สูตร 2 (ปริมาณมังคุด 45%w/w) และสูตร 3 (ปริมาณมังคุด 40%w/w) จากการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point Hedonic scale โดยใช้ผู้ประเมินจำนวน 80 คน และ วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Analysis of Variance พบว่าทั้ง 3 สูตรได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสูตร 2 ได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบสูงสุด คือ 7.39 (ชอบปานกลาง ถึง ชอบมาก) เมื่อทำการตรวจสอบหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging capacity assay ในรูปของ $IC_{50}$ of antioxidant activity ของสูตร 1, 2 และ 3 ในวันที่ 0 เท่ากับ 219.12 mg/mL, 239.01 mg/mL และ 247.16 mg/mL ตามลำดับ ส่วนปริมาณเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตคงเหลือที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ของสูตร 1, 2 และ 3 ในวันที่ 28 เท่ากับ 2.0×$10^{11}$cfu/g, 3.5×$10^{11}$cfu/g และ 4.6×$10^{11}$cfu/g ตามลำดับ และอัตราการรอดของเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตของสูตร 1, 2 และ 3 ในวันที่ 28 เท่ากับ 10.93%, 17.07% และ 19.41% ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** โยเกิร์ตพร้อมดื่ม มังคุด สารต้านอนุมูลอิสระ

### คำนำ

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่ม หรือ นมเปรี้ยว จัดเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมมากทั้งในเด็กวัยรุ่นและในผู้ใหญ่ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556 เรื่องนมเปรี้ยวได้ระบุว่าชนิดของนมเปรี้ยวที่เรียกว่า โยเกิร์ต (yoghurt) หมายถึง นมเปรี้ยวที่ได้จากการหมักด้วยแบคทีเรียสเตรปโทค็อกคัส เทอร์โมฟิลัส (*Streptococcus thermophilus*) และแล็กโทบาซิลลัส เดลบรึคคิไอ ซับสปีชีส์บัลแกริคัส (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. bulgaricus) หรือแล็กโทบาซิลลัสซับสปีชีส์อื่น

โยเกิร์ตพร้อมดื่มจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเนื่องจากมีสารอาหารที่ร่างกายสามารถย่อยได้ดี ช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในร่างกาย ช่วยปรับระบบย่อยอาหารของร่างกายให้เป็นปกติ ทำให้อาการของผู้ที่เป็น

---

[1] **คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล**

[1] Faculty of Pharmacy, Mahidol University

[2] **ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล**

[2] Department of Food Chemistry, Faculty of Pharmacy, Mahidol University

[3] **ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล**

[3] Department of Microbiology, Faculty of Pharmacy, Mahidol University

lactose intolerance ดีขึ้น ซึ่งหากมีการเพิ่มส่วนประกอบที่มีรสชาติที่ดีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากยิ่งขึ้นโดยนำเนื้อและเมล็ดมังคุดซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญก็จะทำให้มีคุณประโยชน์และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การเตรียมโยเกิร์ตด้วยวิธี Homemade**

ทำการคัดเลือก plain yoghurt ที่มีความหวาน ความเปรี้ยว ความเนียนและกลิ่นรสที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้เป็นหัวเชื้อ (starter culture) สำหรับการเตรียมโยเกิร์ตด้วยวิธี Homemade ได้แก่โยเกิร์ตยี่ห้อดัชชี่® รสธรรมชาติ เตรียมโยเกิร์ตโดยการชั่งนมสดปริมาณร้อยละ 98 โดยน้ำหนัก พาสเจอร์ไรซ์ที่ 90-95 °C เป็นเวลา 5 นาทีตั้งทิ้งให้อุณหภูมิลดลงที่ 43 °C เติมโยเกิร์ตที่ใช้เป็นหัวเชื้อปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 43 °C เป็นเวลา 5, 6 และ 7 ชั่วโมง

**การพัฒนาสูตรโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากมังคุด**

จากกฎหมายควบคุมคุณภาพหรือมาตรฐานของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่ม ระบุว่านมเปรี้ยวที่ปรุงแต่งต้องมีนมเป็นส่วนผสมในปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนัก (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับ 353, 2556) ดังนั้นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มที่ทำการวิจัย จึงมีปริมาณโยเกิร์ตในแต่ละสูตรคงที่ร้อยละ 50 ส่วนปริมาณเนื้อและเมล็ดมังคุดรวมกันจะต้องไม่เกินปริมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ สูตร 1, 2 และ 3 มีเนื้อและเมล็ดมังคุดในปริมาณร้อยละ 50, 45 และ 40 ตามลำดับ ลักษณะผลิตภัณฑ์ดังแสดงใน Table 1

**การประเมินการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส**

นำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากมังคุดทั้ง 3 สูตร มาประเมินทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ประเมินซึ่งเป็นนักศึกษาและบุคลากรในคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลจำนวน 80 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale

**การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากมังคุดด้วยวิธี DPPH radical scavenging capacity assay**

นำโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร มาทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ระยะเวลาที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 11, 14, 21 และ 28 วัน เพื่อดูแนวโน้มของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากมังคุด

**การทดสอบอัตราการรอดของจุลินทรีย์โยเกิร์ต**

ศึกษาอัตราการรอดชีวิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร ในระยะเวลาที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 11, 14, 21 และ 28 วัน

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**การเตรียมโยเกิร์ตด้วยวิธี Homemade**

จากการทดลองพบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มโยเกิร์ต 6 ชั่วโมง จะทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีรสเปรี้ยวพอดี มีเนื้อที่เนียนน่ารับประทาน และ ความหนืดที่พอเหมาะที่จะนำมาเตรียมพัฒนาเป็นโยเกิร์ตพร้อมดื่มมังคุด

**การพัฒนาสูตรตำรับโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากมังคุด**

จาก Table 1 พบว่าโยเกิร์ตพร้อมดื่มมังคุดสูตรที่ 2 (ปริมาณมังคุดและเมล็ดร้อยละ 45 โดยน้ำหนัก) มีลักษณะสีกลิ่นและรสชาติที่เหมาะสมดีกว่าสูตร 1 และสูตร 3

**Table 1** Attributes of mangosteen drinking yoghurts

| Attributes | Colour | Odor | Sourness | Sweetness | Appearance |
|---|---|---|---|---|---|
| Formula 1 | brown | strong | strong | mild | viscous |
| Formula 2 | beige | optimal | optimal | optimal | optimal |
| Formula 3 | beige | mild | mild | strong | optimal |

**การประเมินการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส**

โยเกิร์ตพร้อมดื่มสูตร 2 ซึ่งมีปริมาณเนื้อและเมล็ดมังคุดร้อยละ 45 ได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบสูงที่สุดมากกว่าสูตร 1 ซึ่งมีปริมาณเนื้อและเมล็ดมังคุด ร้อยละ 50 และสูตร 3 ซึ่งมีปริมาณเนื้อและเมล็ดมังคุดร้อยละ 40

Table 2 Mean scores of mangosteen drinking yoghurts

| Mangosteen drinking yoghurt | Score |
|---|---|
| Formula 1 | 6.03 C |
| Formula 2 | 7.39 A |
| Formula 3 | 6.74 B |

A, B, C Means not sharing letter in common differ significantly ($P<0.05$) as determined by Duncan's Multiple Range test.

**การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากมังคุดด้วยวิธี DPPH radical scavenging capacity assay**

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากมังคุดทั้ง 3 สูตร พบว่า สูตรที่1 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด รองลงมาคือสูตร 2 และสูตร 3 ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดเนื่องจากสูตร 1 มีปริมาณของเนื้อและเมล็ดมังคุดปั่นมากที่สุด โดยเฉพาะส่วนของเมล็ดมังคุดนั้นมีสารประกอบหลัก คือสารในกลุ่ม Xanthones ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี

ในวันแรกของการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรจะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และฤทธิ์จะลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาผ่านไปจนถึงวันที่ 28 ของการศึกษา

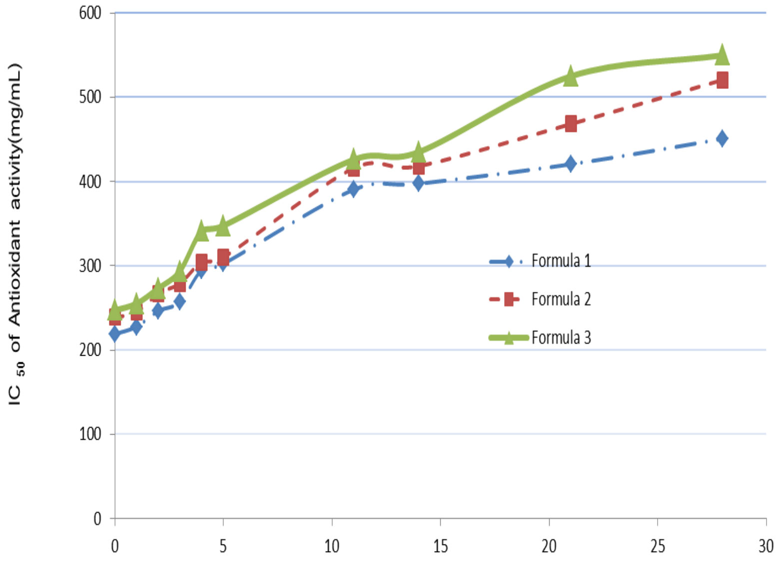



Figure 1 $IC_{50}$ of Antioxidant activity of mangosteen drinking yoghurt (3 Formulae) at different day of storage

**การทดสอบอัตราการรอดของเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากมังคุด**

เมื่อนำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากมังคุดมาศึกษาอัตราการรอดของเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตเป็นระยะเวลา 28 วัน พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์สูตร 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ$1.83\times10^{12}$cfu/g, $2.05\times10^{12}$cfu/g และ $2.37\times10^{12}$cfu/g ตามลำดับ และปริมาณเชื้อจะค่อยๆลดลงเหลือในวันที่ 28 ในผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ $2.0\times10^{11}$ cfu/g, $3.5\times10^{11}$ cfu/g และ $4.6\times10^{11}$ cfu/g ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 2 จะเห็นว่าสูตร 1 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดทำให้อัตราการรอดของเชื้อต่ำที่สุด

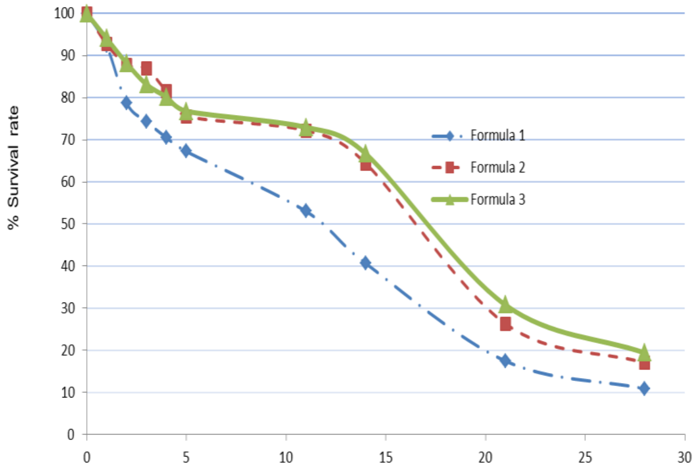



**Figure 2** Percentage of survival rate of total lactic acid bacteria in mangosteen drinking yoghurt (3 Formulae) at different day of storage

## สรุปผล

จากการพัฒนาโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากมังคุด พบว่าสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดเท่ากับ 7.40 (ชอบปานกลาง-ชอบมาก) คือ สูตร 2 ซึ่งมีปริมาณเนื้อและเมล็ดมังคุด 45 % แต่เมื่อพิจารณาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า สูตร 1 ซึ่งมีปริมาณเนื้อและเมล็ดมังคุดร้อยละ 50 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ส่วนอัตราการรอดชีวิตของเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า สูตร 3 ซึ่งมีฤทธ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำสุดมีอัตราการรอดชีวิตของเชื้อสูงสุด รองลงมา คือ สูตร 2 และ สูตร 1 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปริมาณเชื้อในวันที่ 28 ของทั้ง 3 สูตรยังอยู่ในเกณฑ์ที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด คือให้มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียไม่น้อยกว่า 1x $10^7$ cfu/g

## เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับ 353) พ.ศ. 2556, 2556, เรื่องนมเปรี้ยว [สืบค้น], http://www.fda.morp.go.th/www_fda/newweb/view_news.php?Submit=Clear&Fetch&Field=ID_Op_intternal_Depart&Value=4# [12/ August/ 14]

Ibrahim, M.Y., Hashim, N.M., Mariod, A.A., Mohan, S., Abdulla, M.A., Abdelwahab, S.I. and Arbab, I.A., 2014, α-Mangostin from *Garcinia mangostana* Linn: an Updated Review of its Pharmacological Properties, Arabian journal of Chemistry.

Tamine, A., 2012, Fermented Milks, 20 th ed. London: Blackwell Publishing.

# ผลของรังสีแกมมาต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการอยู่รอดของแพงพวยฝรั่ง

## Effects of Gamma Radiation to Growth Rate and Survival Rate of Madagascar periwinkle

**วุฒิพงษ์ แปงใจ**[1]
Pangjai, W.[1]

### Abstract

Thai native Madagascar periwinkle (Vinca) is disease resistant and drought tolerant plant. However, it is not popular in gardening business because of its tall shape and lack of color diversity. In order to discover the basis for Vinca breeding by acute gamma irradiation, the Vinca seeds with a moisture of about 12 percent was radiated at 0 (control), 100, 300, 500 and 700 gray before examination. The radiation dose that reduces the growth rate by half in 7 days ($GR_{50(7)}$) and reduce survival rate by half in 21 days ($LD_{50(21)}$) revealed nearly the same value as is 420 and 361 gray, respectively. Moreover, seeds exposed to more irradiation dose showed longer dormancy period but the surviving plants from each treatment decrease their growth rate when irradiated with higher dose. However, irradiation at 100 gray stimulates 15 percent higher germination rate over the control plant.

**Keywords**: Madagascar periwinkle, gamma irradiation, 50% growth rate ($GR_{50}$), 50% lethal dose ($LD_{50}$)

### บทคัดย่อ

แพงพวยพันธุ์พื้นเมืองไทย มีความต้านทานต่อโรคและทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี แต่ไม่เป็นที่นิยมของธุรกิจจัดสวนเพราะต้นสูงและสีดอกขาดความหลากหลาย เพื่อให้ทราบข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ในการปรับปรุงพันธุ์แพงพวยด้วยการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน จึงนำเมล็ดแพงพวยที่มีความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ ไปฉายรังสีที่ 0 (ชุดควบคุม), 100, 300, 500 และ 700 เกรย์ เมื่อนำไปตรวจสอบ พบปริมาณรังสีแกมมาที่ทำให้เกิดอัตราการเจริญเติบโตลดลงครึ่งหนึ่งในวันที่ 7 ($GR_{50(7)}$) และปริมาณรังสีแกมมาแกมมาที่ทำให้เกิดอัตราการตายครึ่งหนึ่งในวันที่ 21 ($LD_{50(21)}$) มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 420 และ 361 เกรย์ ตามลำดับ นอกจากนี้พบระยะเวลาพักตัวของเมล็ดสูงขึ้นเมื่อได้รับปริมาณรังสีมากขึ้น แต่พบว่าต้นที่รอดตายหลังการฉายรังสีจากแต่ละชุดการทดลองมีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อระดับรังสีเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณรังสีแกมมาที่ 100 เกรย์ กลับส่งเสริมให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าชุดควบคุมร้อยละ 15

**คำสำคัญ**: แพงพวย การฉายรังสีแกมมา อัตราการเจริญเติบโตร้อยละ 50 ($GR_{50}$) อัตราการตายร้อยละ 50 ($LD_{50}$)

### คำนำ

แพงพวย (*Catharanthus roseus* (L.) Don) เป็นพืชพื้นเมืองของหมู่เกาะมาดากาสกา มีถิ่นกำเนิดอยู่ในอเมริกากลางต่อมาได้แพร่กระจายเข้าสู่ยุโรปและประเทศในเขตร้อนตามลำดับ (Taylor และ Farmsworth, 1975) ปัจจุบันแพงพวยที่ขายเป็นการค้ามักอ่อนแอต่อโรคและไม่ทนต่อความแห้งแล้ง แตกต่างจากพันธุ์พื้นเมืองของไทยที่สามารถปรับตัวและทนต่อสภาพแวดล้อมที่รุนแรงได้ดี (ปานศิริ, 2552) แต่มีลักษณะด้อยคือ ต้นสูงและดอกมีเพียงสีชมพูอมม่วง เพื่อให้สามารถนำแพงพวยพันธุ์พื้นเมืองไปใช้เป็นคู่ผสมสำหรับปรับปรุงพันธุ์แพงพวยที่ขายเป็นการค้าให้มีความทนต่อโรคและทนต่อความแห้งแล้งได้สูงขึ้น จึงต้องพัฒนาพันธุ์พื้นเมืองให้มีคุณลักษณะที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การลดความสูงของต้น การเพิ่มความกว้างทรงพุ่ม การเพิ่มความหลากหลายของสี ขนาดของดอก และจำนวนดอกต่อยอด เนื่องจากการฉายรังสีแกมมาเพื่อสร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรมก่อนนำไปคัดเลือกพันธุ์ เป็นการปรับปรุงพันธุ์อีกทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูง แต่จำเป็นต้องประเมินผลการทบจากการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ต่อแพงพวย เพื่อหาปริมาณรังสีที่มีความเหมาะสมสำหรับการปรังปรุงพันธุ์แพงพวย ซึ่งปริมาณรังสีแกมมาที่แนะนำให้ใช้สำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืชอยู่ระหว่าง $LD_{30}$-$LD_{50}$ (อรุณี, 2550)

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Program in Plant Production Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดแพงพวยพันธุ์พื้นเมืองของไทย มาปรับความชื้นให้มีความชื้นร้อยละ 12 โดยวางเมล็ดในโถดูดความชื้น ที่มีสารละลายกลีเซอรอลร้อยละ 70 โดยปริมาตร ที่อุณภูมิห้อง นาน 4 วัน จากนั้นนำเมล็ดแพงพวยไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมามาร์ค-วัน (Gamma Mark I irradiator) ซึ่งมีซีเซียม-137 (Cs-137) เป็นต้นกำเนิดรังสี ที่ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยแบ่งเมล็ดแพงพวยออกเป็น 5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วย 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมี 100 เมล็ด แล้วฉายรังสีแกมมาปริมาณ 100, 300, 500 และ 700 เกรย์ และชุดควบคุมซึ่งไม่ฉายรังสี จากนั้นนำไปปลูกในกระบะที่บรรจุพีทมอส ให้น้ำวันละ 2 ครั้ง และทำการบันทึก (1) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) ในวันที่ 7 โดยวัดความสูงของต้นแล้วเปรียบเทียบเป็นร้อยละของความสูงของแต่ละชุดทดลองกับความสูงของชุดควบคุมในแต่ละซ้ำ (2) อัตราการอยู่รอดในวันที่ 21 โดยนับต้นที่เจริญแล้วคำนวณหาร้อยละของต้นที่อยู่รอดเทียบกับต้นกล้าทั้งหมดที่งอกในแต่ละซ้ำ เพื่อใช้หาปริมาณรังสีที่ทำให้ตายร้อยละ 50 ($LD_{50}$) (3) ตรวจสอบอัตราการงอก (germination rate) ทำโดยนำเมล็ดที่ผ่านการฉายรังสีมาทดสอบด้วยวิธี TP (Top of paper) จากนั้นนับเมล็ดที่มีการงอกรากและลำต้นที่มีใบเลี้ยงสมบูรณ์ทุกวัน แล้วหาร้อยละเทียบกับจำนวนเมล็ดทั้งหมดที่ปลูกในแต่ซ้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไป หาค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SD) ของแต่ละสิ่งทดลอง พร้อมสร้างแผนภูมิด้วยโปรแกรม Microsoft excel รุ่น 2016

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การฉายรังสีแกมมาที่ 100 เกรย์ ทำให้อัตราการงอกมีค่าสูงที่สุดคือร้อยละ 77.84 และทำให้ดัชนีการงอกสูงที่สุด โดยพบการงอกในวันที่ 3 ซึ่งเร็วกว่าชุดควบคุมและชุดการทุดลองที่ระดับรังสีสูงกว่าที่พบการงอกในวันที่ 4 หรือ 5 ผลการทดลองที่ได้นี้อาจเกิดจากคุณสมบัติของรังสีแกมมาที่มีผลต่อเซลล์ส่วนนอกของพืช จึงอาจทำให้เปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) บางส่วนถูกทำลาย แล้วทำให้เกิดการงอกที่เร็วกว่าปกติ (Kovács และ Keresztes, 2002) และผลการทดลองนี้ยังสอดคล้องกับผลการทดลองของ Hameed (2008) ที่อัตราการงอกของถั่ว chickpea สายพันธุ์ Kabuli มีอัตราการงอกสูงขึ้นเมื่อได้รับการฉายรังสี 100 และ 700 เกรย์ เมื่อนำอัตราการงอกไปสร้างสมการเส้นแนวโน้มได้ $y = -0.0523x + 76.252$ และหาปริมาณรังสีที่ทำให้อัตราการงอกลดลงเหลือร้อยละ 50 ได้เท่ากับ 502 เกรย์ (Figure 1B) เมื่อวัดอัตราการเจริญเติบโต (growth rate) จากความสูงของต้นกล้าในวันที่ 7 พบลักษณะของต้นเจริญเติบโตเป็นปกติในชุดควบคุม แต่ความสูงลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มมากขึ้นเป็น 100 และ 300 เกรย์ ในขณะที่การฉายรังสีปริมาณรังที่ 500 เกรย์ พบลักษณะต้นอ่อนรากสั้นและใบเลี้ยงไม่สามารถหลุดจากเปลือกหุ้มเมล็ดแล้วจึงตายในที่สุด ส่วนการฉายรังสีที่ 700 เกรย์ พบรากหยุดการเพิ่มความยาวและยอดสั้น เพราะการหลุดร่วงของใบเลี้ยง ซึ่งเริ่มสังเกตได้เมื่ออายุครบ 1 สัปดาห์ (Figure 1D) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นผลจากสารพันธุกรรมถูกทำลาย รวมทั้งมีการสร้างสารอนุมูลอิสระซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารภายในเซลล์ ซึ่งมีผลทางสรีรวิทยาและกระบวนการทางชีวเคมีของพืช (Marcu และคณะ, 2013) และยังสอดคล้องกับการทดสอบของ ณัฏฐา (2558) ที่พบว่าเมื่อให้รังสีแก่แพงพวยในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง และความสูงของพืชจะลดลงเมื่อได้รับปริมาณรังสีสูงขึ้น และให้ผลเช่นเดียวกับ *Curcuma alismatifolia* (Abdullah และคณะ, 2009) เมื่อนำอัตราการเจริญเติบโตไปสร้างสมการเส้นแนวโน้มได้ $y = -0.1175x + 99.329$ และคำณวนหาปริมาณรังสีที่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลงเหลือร้อยละ 50 ($GR_{50(7)}$) ได้ค่าเท่ากับ 420 เกรย์ (Figure 1B) หลังจากนั้นตรวจสอบอัตราการอยู่รอดของต้นกล้าในวันที่ 21 พบต้นกล้าสามารถเจริญเติบโตในชุดการทดลองที่ฉายรังสี 100 และ 300 เกรย์ แต่ชุดการทดลองอื่นการเจริญเติบโตถูกยังยั้ง พบต้นกล้าเน่าตายเพราะกระบวนการทางชีวเคมีภายในรากและใบไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากเกิดการทำลายทางสรีระ (physical damage) อย่างรุนแรง ซึ่งมักทำให้เกิดการหหยุดแบ่งเซลล์บริเวณตายอดหรือปลายราก (อรุณี, 2550) และเริ่มมีอาการแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในวันที่ 14 ลักษณะที่เกิดขึ้นเหล่านี้หากเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับยีนภายนอกนิวเคลียสจะไม่สามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกได้ (อรุณี, 2550) และเมื่อนำข้อมูลการอยู่รอดไปเขียนกราฟสามารถสร้างสมการแนวโน้มคือ $y = -0.1667x + 110.26$ และคำณวนหาปริมาณรังสีที่ทำให้การตายลดลงเหลือร้อยละ 50 ($LD_{50(21)}$) ได้เท่ากับ 361 เกรย์ (Figure 1C)

## สรุปผล

แพงพวยไทยตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมาในระดับน้อยมาก ค่อนข้างน้อย มาก และมากที่สุด เมื่อได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันปริมาณ 100, 300, 500 และ 700 เกรย์ ตามลำดับ และคาดว่าที่ 400 เกรย์ แพงพวยจะตอบสนองในระดับปานกลาง เมื่อประเมินจากค่า $GR_{(50)}$ และ $LD_{(50)}$ ที่มีค่าเท่ากับ 420 และ 361 เกรย์ ตามลำดับ ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์แพงพวยด้วยการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันควรใช้ปริมาณรังสีในช่วง $LD_{30}$-$LD_{50}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 242-361 เกรย์

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

## เอกสารอ้างอิง

ณัฏฐา ผดุงศิลป์ ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์ และณัฐพงศ์ จันจุฬา, 2558, การชักนำให้เกิดการกลายในต้นแพงพวยโดยการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน, Thai Journal of Science and Technology, 4(1): 96-103.

ปานศิริ นิบุญธรรม, 2552, การปรับปรุงพันธุ์แพงพวยเลื้อย (*Catharanthus Roseus* L. Don) เพื่อให้ทนโรครากเน่าที่เกิดจาก *Phytophthora parasitica*, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), 66 หน้า

อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์, 2550, การกลายพันธุ์: เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช, กรุงเทพมหานครฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 279 หน้า.

Abdullah, T.L., Endan, J. and Nazir, B.M., 2009, Changes in Flower Development, Chlorophyll Mutation and Alteration in Plant Morphology of *Curcuma alismatifolia* by Gamma Irradiation, American Journal of Applied Sciences, 4(7): 1436-1439.

Hameed, A., Shah, T.M., Atta, B.M., Ahsanul Haq, M. and Sayed, H., 2008, Gamma Irradiation Effects on Seed Germination and Growth, Protein Content, Peroxidase and Protease Activity, Lipid Peroxidation in Desi and Kabuli Chickpea, Pakistan Journal of Botany, 40(3): 1033-1041.

Kovács, E. and Keresztes, A., 2002, Effect of Gamma and UV-B/C Radiation on Plant Cells, Micron, 33(2): 199–210.

Marcu, D., Damian G., Cosma, C. and Cristea, V., 2013, Gamma Radiation Effects on Seed Germination, Growth and Pigment Content, and ESR Study of Induced Free Radicals in Maize (*Zea mays*), Journal of Biological Physics, 39(4): 625-634.

Taylor, W.L. and Farmsworth, N.R., 1975, The Catharantus Alkaloids, Marcel Dekker, New York, 323p.

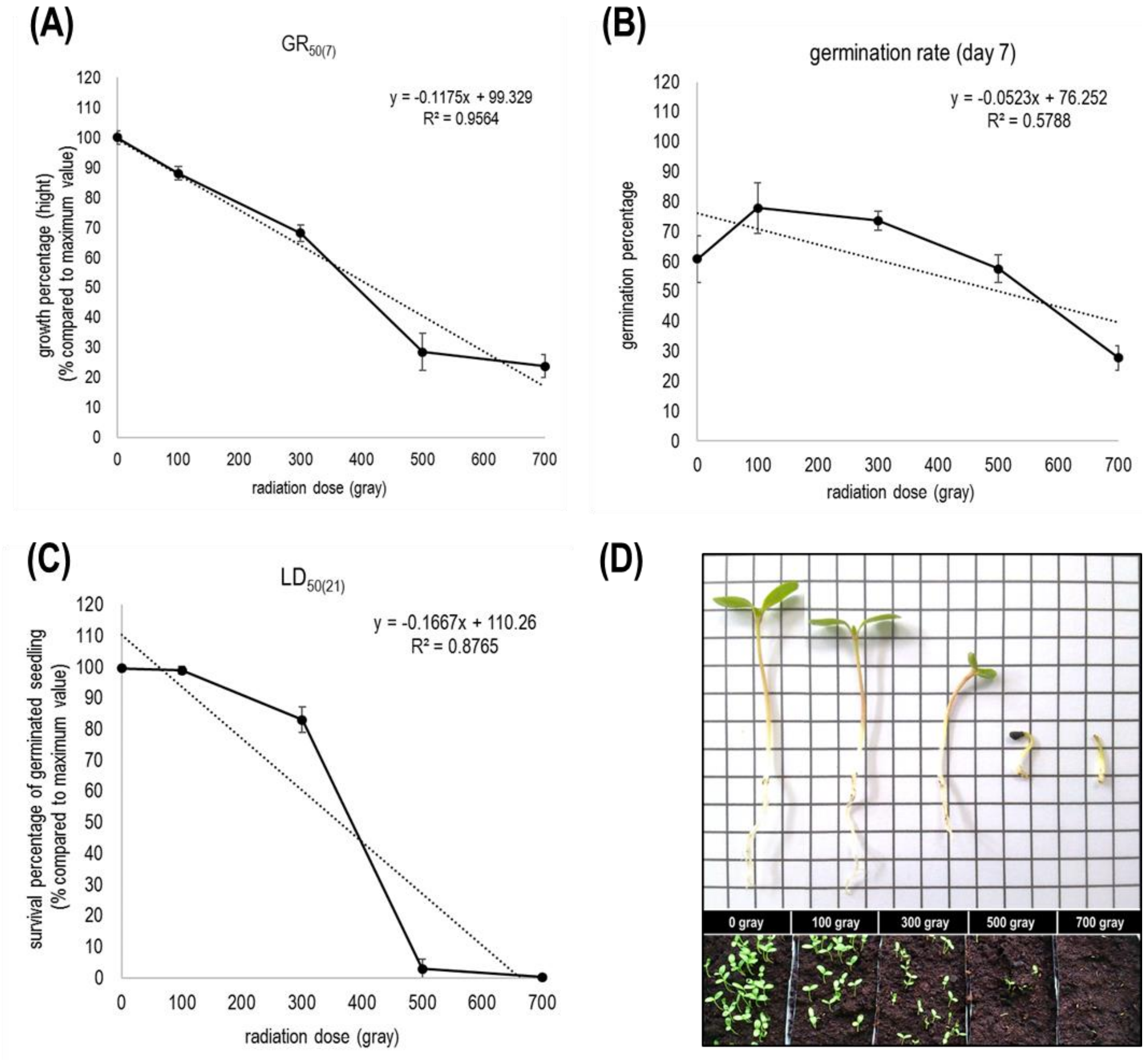



**Figure 1** Effects of gamma rays on growth rate in day 7 (A), germination percentage in day 7 (B), survival percentage in day 21 (C), and seedling in day 7 (D) after exposed to difference levels of gamma ray.

# ผลของระดับฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ควินัว 2 พันธุ์

# Effect of Phosphorus Levels on Growth Yield and Seed Quality of Quinoa Cultivar

**พีรพล แก้วสุวรรณ**[1] **ปิติพงษ์ โตบันลือภพ**[1,*] **นพ ตัณมุขยกุล**[1] **พัชรียา บุญกอแก้ว**[2] **ปริญญา การสมเจตน์**[1]
**ปิ่นปินัทธ์ จันทร์แหง**[1] **ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์**[3,4] **และ** Iván Matus T.[5]
Kaewsuwan, P.[1], Thobunluepop, P.[1,*], Tonmukayakul, N.[1], Boonkorkaew, P.[2], Kansomjet, P.[1],
Junhaeng, P.[1], Pipattanawong, N.[3,4] and Iván Matus T.[5]

## Abstract

The experiment was aimed to evaluate the possibility of quinoa production and study the effect of phosphorus levels on growth, yield and seed quality. The experimental design was a split-plot design with 4 replications with main-plots as phosphorus levels (0, 15, 30, and 50 kg.P.rai$^{-1}$) and sub-plot two quinoa cultivars (Moradas and Verdes). The experiment was conducted at the Pha-bad-huay-tom research station, Lamphun, from December 2014 to March 2015. Results showed that the control and phosphorus application rate at 15 kg.P.rai$^{-1}$ resulted in greater grain yield than that phosphorus application rate of 30 and 50 kg.rai$^{-1}$ (6.85, 6.92 g.plant$^{-1}$, respectively). Moreover, the phosphorus application rate of 15 kg.P.rai$^{-1}$ resulted in greater seed germination (97 %) than phosphorus application rate of 50 kg.rai$^{-1}$. The 1,000 seed weight (3 grams) of the control was higher than phosphorus application rate of 15 and 30 kg.P.rai$^{-1}$, and the Moradas cultivar produced higher seed weight than the Verdes cultivar.

**Keywords:** quinoa, phosphorus, growth, seed quality

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการผลิตควินัวในประเทศไทย และศึกษาการตอบสนองของระดับธาตุฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ควินัว วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลักคือ ปุ๋ยฟอสฟอรัส ได้แก่ 0, 15, 30 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ปัจจัยรองคือ พันธุ์ ได้แก่ Moradas and Verdes ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงพระบาทห้วยต้ม อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน ระหว่างเดือนธันวาคม 2557 ถึงเดือนมีนาคม 2558 พบว่า การไม่ใช้ และการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิต 6.85 และ 6.92 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สูงกว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 30 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ด้านคุณภาพเมล็ดพันธุ์การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ดมีความงอก 97 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีผลทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดมีค่าเท่ากับ 3 กรัม ซึ่งสูงกว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 15 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ และควินัวพันธุ์ Moradas มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงกว่าพันธุ์ Verdes

**คำสำคัญ**: ควินัว ฟอสฟอรัส การเจริญเติบโต คุณภาพเมล็ดพันธุ์

[1] **ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900**
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[2] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900**
[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[3] **ศูนย์นานาชาติสิรินธรเพื่อการวิจัย พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900**
[3] Princess Sirindhorn International Center for Research, Development and Technology Transfer, Kasetsart University, Bangkok 10900
[4] **มูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่ 50200**
[4] Royal Project Foundation, Chiangmai, Thailand 50200
[5] **สถาบันแหล่งพันธุกรรมแห่งชาติชิลี สาธารณรัฐชิลี**
[5] The National Genetic Resource, Republic of Chile

## คำนำ

ด้วยจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ความต้องการอาหารเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (FAO, 2002) โดยเฉพาะพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ ได้เลือกให้ควินัวเป็นพืชเป้าหมายสำหรับความมั่นคงทางอาหารในศตวรรษ เนื่องจากเมล็ดควินัวจัดเป็นธัญพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด อาทิเช่น ทริปโตเฟน ทรีโอนีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมไทโอนีน คริสตีน ฟีนิลอะลานีน และไทโอซีน เป็นต้น (Escuredo และคณะ, 2014) แต่สำหรับประเทศไทยยังไม่พบข้อมูลการผลิตควินัว และการจัดการธาตุอาหารเพื่อการผลิตควินัวในประเทศไทย

การเจริญเติบโตของพืชต้องอาศัยปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) ธาตุฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญที่เกี่ยวข้องกับพลังงานในพืช เช่น เป็นองค์ประกอบของ ADP และ ATP (adenosine di-and triphosphate), NAD, NADPH มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับหน่วยของพันธุกรรม (DNA, RNA) รวมทั้งเนื้อเยื่อของเซลล์ (เฉลิมพล, 2542) นอกจากนี้ยังช่วยในการเจริญเติบโตของราก จำเป็นสำหรับการออกดอก ติดเมล็ด และการพัฒนาของเมล็ดหรือผล (สุวพันธ์, 2543) Olofintoye และคณะ (2011) ทดลองผลของระดับฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดผักโขม ซึ่งเป็นพืชใกล้เคียงกับควินัว พบว่าการใช้ฟอสฟอรัสที่ระดับ 100 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ทำให้ความสูงของต้น น้ำหนักแห้งที่ 45 วันหลังการปลูกและผลผลิตมีค่าสูงที่สุด Chakwizira และคณะ (2009) ทดลองแสดงผลของระดับฟอสฟอรัสที่แตกต่างกันต่อดัชนีพื้นใบ ในวันที่ 38 และ 59 วันหลังงอกในพืชวงศ์กะหล่ำ พบว่าการให้ฟอสฟอรัสมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของดัชนีพื้นที่ใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการไม่ให้ปุ๋ยฟอสฟอรัส ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ควินัว

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาวางแผนการทดลองแบบ Split plot in Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลักคือ ปุ๋ยฟอสฟอรัส ได้แก่การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 0, 15, 30 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ปัจจัยรองคือ พันธุ์ ได้แก่ Moradas และ Verdes ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงพระบาทห้วยต้ม อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน ระหว่างเดือนธันวาคม 2557 ถึงเดือนมีนาคม 2558 แปลงขนาด 5 ตารางเมตร กำหนดระยะปลูกที่ 10x50 เซนติเมตร เมื่อพืชมีอายุ 20, 40 และ 60 วันหลังการปลูก ให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 0, 15, 30 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับให้ปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ บันทึกการเจริญเติบโตที่อายุ 25 45 65 และ 80 วันหลังการปลูก โดยเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา (ความสูง น้ำหนักแห้ง พื้นที่ใบ) เก็บเกี่ยวที่อายุ 90 วันหลังการปลูก (น้ำหนักผลผลิตต่อต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด) นำผลผลิตมาวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ เปอร์เซ็นต์ความงอก ดัชนีการงอก ตามวิธีการของ ISTA (2011) ค่าเวลางอกเฉลี่ยคำนวณค่าเวลางอกเฉลี่ยตามสูตรของ Demir และคณะ (2008) จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ $P < 0.05$ ด้วยโปรแกรม SX version 8 (Analytical Software, USA)

## ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ค่าการเจริญเติบโตต้นควินัว พบว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสทั้ง 4 ระดับ และพันธุ์ของควินัว 2 พันธุ์ ให้ค่าการเจริญเติบโตได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) การกระจายตัวของใบในต้นพืช (LAR) ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสุทธิ (NAR) อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ (CGR) และ อัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งของต้น (RGR) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

การไม่ใช้ และการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิต 6.85 และ 6.92 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สูงกว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 30 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ด้านคุณภาพเมล็ดพันธุ์การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ดมีความงอก 97 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างกับการไม่ใส่ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีผลทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดมีค่าเท่ากับ 3 กรัม ซึ่งสูงกว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 15 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ และควินัวพันธุ์ Moradas มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (2.97 กรัม) สูงกว่าพันธุ์ Verdes (Table 2)

**Table 1** Effect of phosphorus levels and cultivars on Leaf area index (LAI), Leaf area ratio (LAR), Net Assimilation Rate (NAR), Crop Growth Rate (CGR) and Relative growth rate (RGR) of quinoa.

| Treatment | | LAI | LAR ($cm^2.g^{-1}$) | NAR ($g.cm^{2-1)}$) | CGR ($g.m^{-1}.day^{-1}$) | RGR ($g.g^{-1}.day^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Phosphorus levels ($kg.P.rai^{-1}$) | 0 | 0.4564 | 10.399 | 0.0031 | 0.0014 | 0.0250 |
| | 15 | 0.5800 | 14.051 | 0.0024 | 0.0013 | 0.0302 |
| | 30 | 0.3920 | 15.903 | 0.0030 | 0.0010 | 0.0243 |
| | 50 | 0.4542 | 12.859 | 0.0024 | 0.0011 | 0.0284 |
| LSD 0.05 | | ns | ns | ns | ns | ns |
| Cultivars | Moradas | 0.4458 | 12.518 | 0.0028 | 0.0010 | 0.0242 |
| | Verdes | 0.4955 | 14.088 | 0.0027 | 0.0013 | 0.0297 |
| LSD 0.05 | | ns | ns | ns | ns | ns |
| CV% (rep*rate*var) | | 55.25 | 41.92 | 101.41 | 75.13 | 54.27 |

Mean within a column followed by the same letter do not significantly different to LSD at P < 0.05

**Table 2** Effect of phosphorus levels and cultivars on percent germination, germination index (GI), 1,000 seed weight, Mean Germination Time (MGT) and Yield of quinoa.

| Treatment | | Germination % | GI | 1,000 seed weight (g) | MGT (day) | Yield ($g.plant^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Phosphorus levels ($kg.P.rai^{-1}$) | 0 | 93ab | 7.43 | 3.00a | 3.19 | 6.85a |
| | 15 | 97a | 7.85 | 2.82c | 3.13 | 6.92a |
| | 30 | 98ab | 7.54 | 2.90bc | 3.22 | 4.99b |
| | 50 | 90b | 7.14 | 2.92ab | 3.23 | 4.62b |
| LSD 0.05 | | * | ns | * | ns | * |
| Cultivars | Moradas | 92.75 | 7.37 | 2.97a | 3.23 | 5.34 |
| | Verdes | 94.75 | 7.61 | 2.86b | 3.16 | 6.35 |
| LSD 0.05 | | ns | ns | * | ns | ns |
| CV% (rep*rate*var) | | 7.88 | 8.11 | 3.87 | 4.26 | 22.70 |

Mean within a column followed by the same letter do not significantly different to LSD at P < 0.05

## วิจารณ์ผล

การเจริญเติบโตต้นควินัวที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสในระดับต่างๆ มีค่าการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากธาตุอาหารหลักที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นของพืชคือธาตุไนโตรเจน ซึ่งต้นควินัวในแต่ละทรีทเมนต์ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เท่ากันคือ 30 กิโลกรัมต่อไร่ จึงทำให้ค่าวิเคราะห์การเจริญเติบโตต้นควินัวไม่แตกต่างกัน

การใช้ฟอสฟอรัสอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผลผลิตและค่าเปอร์เซ็นต์การงอก (percent germination) เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาผลของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และปุ๋ยชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของควินัว พบว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 38 กิโลกรัมของแคลเซียมซุปเปอร์ฟอสเฟตต่อไร่ ร่วมกับการให้ phosphorin ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตได้ (Elham, 2013) ด้านน้ำหนัก 1,000 เมล็ด พบว่าการไม่ให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้ได้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการไม่ได้รับฟอสฟอรัสทำให้ต้นมีการแตกกิ่ง และติดเมล็ดน้อยกว่าทรีทเมนต์ที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัส ในขณะที่ปริมาณ source (แหล่งสร้างอาหาร) ในแต่ละทรีทเมนต์ไม่แตกต่างกัน (พิจารณาจากค่าการเจริญเติบโต) แต่ต้นที่ไม่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสมีปริมาณ sink (เมล็ด) ที่น้อยกว่า ทำให้เกิดการลำเลียงสารสังเคราะห์ (photosynthate) จาก source ถูกนำไปเก็บสะสมใน sink หรือเมล็ดควินัวได้อย่างเต็มที่ ทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส สอดคล้องกับงานทดลองความหนาแน่นของถั่วมะแฮะ ภายใต้ระดับฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน พบว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสจะเพิ่มจำนวนก้าน และผลผลิตของถั่วมะแฮะ (Ahlawat และ Saraf, 1981)

## สรุปผล

การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่จะช่วยเพิ่มผลผลิตและค่าเปอร์เซ็นต์การงอก (percent germination) ของควินัวได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ การไม่ใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและการใช้ควินัวพันธุ์ Moradas ทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของควินัวมีค่ามากที่สุด

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ The National Genetic Resource, Republic of Chile สถานทูตชิลีประจำประเทศไทย เป็นอย่างยิ่งที่อนุเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ควินัวเพื่อการศึกษาทดลอง ศูนย์นานาชาติสิรินธรเพื่อการวิจัยพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับเงินทุนวิจัย มูลนิธิโครงการหลวง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการปลูกตลอดจนการดูแลรักษา และคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน) สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์สำหรับการวิจัยเพื่อให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง

## เอกสารอ้างอิง

เฉลิมพล แซมเพชร, 2542, สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่, โครงการตำรามหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 276 หน้า.

สุวพันธ์ รัตนะรัต, 2543, ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช, กรมวิชาการเกษตร กองปฐพีวิทยา, กรุงเทพฯ, 119 หน้า.

Ahlawat, I.P.S. and Saraf, C.S., 1981, Response of Pigeon Pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) to Plant Density and Phosphorus Fertilizer under Dryland Conditions, The Journal of Agricultural Science, 97(01): 119-124.

Chakwizira, E., Moot, D., Scott, W. and Fletcher, A., 2009, Effect of Rate and Method of Phosphorus Application on the Growth and development of 'Pasja' Crops, Proceedings of the New Zealand Grassland Association, New Zealand, pp. 101-106.

Demir, I., Ermis, S., Mavi, K. and Matthews, S., 2008. Mean Germination Time of Pepper Seed Lots (*Capsicum annuum* L.) Predicts Size and Uniformity of Seedlings in Germination Tests and Transplant Modules, Seed Science and Technology, 36(1): 21-30.

Elham, G.F, 2013, Effect of Nitrogen Phosphorus and Biofertilizers on Quinoa Plant, Journal of Applied Sciences Research, 9(8): 5210-5222.

Escuredo, O., Martín, M.I.G., Moncada, G.W., Fischer, S. and Hierro, J.M.H., 2014. Amino Acid Profile of the Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using Near Infrared Spectroscopy and Chemometric Techniques, Journal of Cereal Science, 60(1); 67-74.

FAO, 2002, Overview of world feed protein needs and supply [Online], Available: http://www.fao.org/docrep/007/y5019e/y5019e05.htm [October 30, 2014].

International Seed Testing Association (ISTA), 2011, International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology, The International Seed Testing Association, Bassersdof, Switzerland. 540 p.

Olofintoye, J.A., Adeniyi, H.A. and Adetula, O.A., 2011, Effects of Phosphorus Fertilizer and Intra-row Spacing on the Growth and Yield of Grain Amaranth (*Amaranthus cruentus*), Agricultural Journal, 6(6): 366-368.

# ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและพันธุ์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ควินัว

## Effect of Nitrogen Rate and Cultivars on Growth, Yield and Seed Quality of Quinoa

ปริญญา การสมเจตน์[1] ปิติพงษ์ โตบันลือภพ[1,*] นพ ตัณมุขยกุล[1] พัชรียา บุญกอแก้ว[2] พีรพล แก้วสุวรรณ[1]
ปิ่นปินัทธ์ จันทร์แหง[1] พูนผล เล็กไม่น้อย[4] มาริษา สุขปานแก้ว[4] ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์[3,4] และ Iván Matus T.[5]
Kansomjet, P.[1], Thobunluepop, P.[1,*], Tonmukayakul, N.[1], Boonkorkaew, P.[2], Kaewsuwan, P.[1],
Junhaeng, P.[1], Lekmainoi, P.[4], Sukpankeaw, M.[4], Pipattanawong, N.[3,4] and Iván Matus, T.[5]

### Abstract

The aim of study was to evaluate the effect of nitrogen application rate on growth, yield and seed qualities of quinoa cultivars. The experimental design was a split plot in RCBD with 4 replications. Main plots were nitrogen application rate (0, 15, 30 and 50 kg.N.rai$^{-1}$). Sub plots were quinoa cultivars (Moradas and Verdes). Growth, yield and seed qualities were evaluated. The study found that the nitrogen application rate of 0 and 30 kg.N.rai$^{-1}$ resulted in higher of Net Assimilation Rate (NAR) compared to the 50 kg.N.rai$^{-1}$ rate. On the other hand the rate of 30 kg.N.rai$^{-1}$ resulted in a higher Relative Growth Rate (RGR) and Crop Growth Rate (CGR) compared to the 50 kg.N.rai$^{-1}$rate and the control. It could be concluded that the nitrogen application rate of 30 kg.N.rai$^{-1}$ was the best and that the Verdes cultivar was more productive than the Moradas cultivar.
**Keywords:** nitrogen, growth, seed quality, quinoa

### บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และพันธุ์ควินัวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot in Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลักคือ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 15, 30 และ 50 kg.N.rai$^{-1}$ และปัจจัยรองคือพันธุ์ควินัวได้แก่ พันธุ์ Moradasและ Verdes ประเมินการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาของพืช ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ผลการศึกษา พบว่า การปลูกควินัวโดยการให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0 และ 30 kg.N.rai$^{-1}$ ให้ค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง (NAR) สูงกว่าที่อัตรา 50 kg.N.rai$^{-1}$ และที่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 kg.N.rai$^{-1}$ ให้ค่าอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งของต้นพืช (RGR) และมีการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ (CGR) สูงกว่าที่อัตรา 0 และ 50 kg.N.rai$^{-1}$ รวมถึงการให้น้ำหนักผลผลิตเมล็ดสูงสุดที่ 7.8 กรัมต่อต้น และมีน้ำหนัก 1000 เมล็ดสูงสุดที่ 3.0259 กรัม ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงสรุปได้ว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกควินัวทั้งสองพันธุ์ คือ 30 kg.N.rai$^{-1}$ และควินัวพันธุ์ Verdes ให้ผลผลิตเมล็ดต่อต้นสูงกว่าพันธุ์ Moradas
**คำสำคัญ**: ไนโตรเจน การเจริญเติบโต คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ควินัว

### คำนำ

ควินัวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Chenopodium quinoa* willd เป็นพืชพื้นเมืองในเขตเทือกเขาแอนดิส ในทวีปอเมริกาใต้ และมีการเพาะปลูกเป็นเวลายาวนานกว่า 3-4 พันปีมาแล้ว ปัจจุบันมีการให้ความสนใจเพาะปลูกในพื้นที่อื่นๆ เช่น อเมริกา ยุโรป และเอเชีย ควินัวยังได้รับเลือกจากองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[3] ศูนย์นานาชาติสิรินธรเพื่อการวิจัย พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[3] Princess Sirindhorn International Center for Research, Development and Technology Transfer, Kasetsart University, Bangkok 10900
[4] มูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่ 50200
[4] Royal Project Foundation, Chiangmai, Thailand 50200
[5] สถาบันแหล่งพันธุกรรมแห่งชาติชิลี สาธารณรัฐชิลี
[5] The National Genetic Resource, Republic of Chile
* Corresponding author, e-mail: fagrppt@ku.ac.th

Agriculture Organisation; FAO) ให้เป็นพืชเป้าหมายสำหรับความมั่นคงทางอาหารในศตวรรษ เนื่องจากเมล็ดของควินัวมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด และมีโปรตีนปริมาณมากถึง 16 – 24% ซึ่งสูงกว่าธัญพืชอื่นๆ ถึง 2 เท่า (Shams, 2011)

ธาตุอาหารมีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ จากรายงานของ Kaul และคณะ (2005) พบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 80 และ 120 kg.N.ha$^{-1}$ ทำให้มีน้ำหนักผลผลิตเมล็ดควินัวสูงสุดที่ 3,083 และ 3,495 kg.ha$^{-1}$ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เช่นเดียวกับ Oelke (1992) รายงานว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ มีผลต่อปริมาณผลผลิตของเมล็ดควินัว นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในพืชวงศ์ Amaranthaceae เช่น Ainika และคณะ (2011) พบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 150 kg.ha$^{-1}$ ทำให้มีดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ที่ 18.1 ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม และที่อัตราปุ๋ย 100 kg.ha$^{-1}$ มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เท่ากับ 32.8 g/m$^{2}$/week ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม และที่อัตราปุ๋ย 50 และ 100 kg.ha$^{-1}$ ให้ผลผลิตเมล็ดสูงที่สุดที่ 1,497 และ 1,449 kg.ha$^{-1}$ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Pospisil และคณะ (2006) รายงานว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจน ที่อัตรา 50 และ 100 kg.N.ha$^{-1}$ ให้น้ำหนักผลผลิตสูงที่สุดที่ 1,434 และ 1,525 kg.ha$^{-1}$ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม อีกทั้งยังมีน้ำหนัก 1000 เมล็ดสูงที่สุดที่ 0.747 และ 0.750 กรัมตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา ระดับปุ๋ยที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังจากการเก็บเกี่ยวนั้นยังไม่มีการศึกษาอย่างแน่ชัดในประเทศไทย ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และพันธุ์ควินัวต่อการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์

## อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ split plot in Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลักคือ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับ ได้แก่ 0 15 30 และ 50 kg.N.rai$^{-1}$ และปัจจัยรองคือพันธุ์ควินัวได้แก่ พันธุ์ Moradas และ Verdes ทำการศึกษาที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงพระบาทห้วยต้ม ตำบลนาทราย อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 โดยปลูกควินัวทั้ง 2 พันธุ์ ในแปลงย่อยขนาด 5 ตารางเมตร ให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ และในแต่ละแปลงย่อยให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในอัตราที่เท่ากันคือ 30 kg.rai$^{-1}$ บันทึกค่าวิเคราะห์การเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา น้ำหนักผลผลิตต่อต้น น้ำหนัก 1000 เมล็ด และตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดังนี้ เปอร์เซ็นต์ความงอก ดัชนีการงอก ตามวิธีการของ ISTA (2014) และค่าเวลางอกเฉลี่ย โดยคำนวณค่าเวลางอกเฉลี่ยตามสูตรของ Demir และคณะ (2008) จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ $P < 0.05$ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SX version 8 (Analytical Software, USA)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ พบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ ไม่ทำให้ควินัวทั้ง 2 พันธุ์มีดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) การกระจายตัวของใบในต้นพืช (LAR) แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในขณะเดียวกันปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง (NAR) สูงกว่าที่อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และที่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ค่าอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งของต้นพืช (RGR) และมีการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ (CGR) สูงกว่าที่อัตรา 0 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 1) รวมถึงการให้น้ำหนักผลผลิตเมล็ดสูงสุดที่ 7.8 กรัมต่อต้นซึ่งสูงกว่าอัตราอื่นๆ ซึ่งเป็นผลมาจากความสามารถของต้นพืชในการสังเคราะห์แสง และการสะสมน้ำหนักแห้ง และพันธุ์ Verdes ให้ผลผลิตเมล็ด สูงกว่าพันธุ์ Moradas ทั้งนี้เป็นผลมาจากปัจจัยทางด้านพันธุกรรมของพืช และเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ พบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนัก 1000 เมล็ดสูงสุดที่ 3.0259 กรัม แต่การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ ไม่ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การงอก ดัชนีการงอก และเวลาในการงอกเฉลี่ยของเมล็ดควินัวทั้ง 2 พันธุ์ แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

จากการศึกษาถึงสหสัมพันธ์ทางสรีรวิทยา (Figure 1) พบว่า ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) เพิ่มมากขึ้นทำให้มีการกระจายตัวของใบมากขึ้น (LAR) (Figure 1A) เนื่องจากมีการปกคลุมของใบในหน่วยพื้นที่มากขึ้น ทำให้ใบมีการกระจายตัวในต้นพืชมากขึ้น จาก Figure 1B และ 1C พบว่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) เพิ่มมากขึ้นจะทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ (CGR) มากขึ้น และค่าอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งของต้นพืช (RGR) สูงขึ้น เนื่องจากพืชมีการสร้างพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นส่งผลให้พืชสร้างอาหารได้เพิ่มขึ้น และนำอาหารไปใช้ในกระบวนการสร้างอวัยวะต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามพื้นที่ใบที่มากขึ้นอาจไม่ทำให้ผล

ผลิตเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ดัง Figure 1D ทั้งนี้เนื่องมาจากเกิดการบดบังแสงกันระหว่างใบมากขึ้น ใบที่ถูกบดบังแสงไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ทำให้สารอาหารที่สังเคราะห์ได้ถูกขนส่งไปยังใบที่ถูกบดบังแสง จึงส่งผลให้น้ำหนักผลผลิตลดลง

## สรุปผล

อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกควินัวทั้งสองพันธุ์ คือ 30 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยา ผลผลิต และน้ำหนัก 1000 เมล็ดสูงกว่าอัตราอื่นๆ และควินัวพันธุ์ Verdes ให้ผลผลิตเมล็ดต่อต้นสูงกว่าพันธุ์ Moradas

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ The National Genetic Resource, Republic of Chile เป็นอย่างยิ่งที่อนุเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ควินัวทั้ง 2 พันธุ์สำหรับใช้ในการศึกษาทดลอง ขอขอบคุณศูนย์นานาชาติสิรินธรเพื่อการวิจัยพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้แหล่งทุนสนับสนุนเพื่อใช้ในการทำวิจัย ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการจัดการแปลงปลูก ตลอดจนการดูแลรักษา และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์สำหรับการทำวิจัย เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จ

**Table 1** Effect of nitrogen rates and cultivars on Leaf Area Index (LAI), Leaf Area Ratio (LAR), Net Assimilation Rate (NAR), Crop Growth Rate (CGR), and Relative Growth rate (RGR) of quinoa

| Treatments | LAI | LAR ($cm^2.g^{-1}$) | NAR ($g.cm^{2-1}$) | CGR ($g.m^{-1}.day^{-1}$) | RGR ($g.g^{-1}.day^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| nitrogen rates ($kg.N.rai^{-1}$) | | | | | |
| 0 | 0.24 | 10.22 | 0.0030a | 0.0006c | 0.0213bc |
| 15 | 0.62 | 15.21 | 0.0024ab | 0.0015ab | 0.0340ab |
| 30 | 0.66 | 12.10 | 0.0035a | 0.0019a | 0.0350a |
| 50 | 0.47 | 13.36 | 0.0014b | 0.0009bc | 0.0179c |
| cultivars | | | | | |
| Moradas | 0.50 | 13.14 | 0.0028 | 0.0010 | 0.0258 |
| Verdes | 0.52 | 12.30 | 0.0023 | 0.0014 | 0.0283 |

a,b; Mean within a column followed by the same letter do not significantly different to LSD at $P < 0.05$

**Table 2** Effect of nitrogen rates and cultivars on yield, 1000 seed weight, germination percentage, Germination Index (GI) and Mean Germination Time (MGT) of quinoa

| Treatments | Yield ($g.plant^{-1}$) | 1000 seed weight (g) | Germination percentage (%) | GI | MGT (days) |
|---|---|---|---|---|---|
| nitrogen rates ($kg.N.rai^{-1}$) | | | | | |
| 0 | 3.15d | 2.7793b | 98 | 7.87 | 3.14 |
| 15 | 5.26c | 2.7922b | 96 | 7.81 | 3.12 |
| 30 | 7.80a | 3.0259a | 97 | 7.98 | 3.07 |
| 50 | 6.60b | 2.9211ab | 97 | 7.77 | 3.15 |
| cultivars | | | | | |
| Moradas | 5.20b | 2.9085 | 96 | 7.74 | 3.13 |
| Verdes | 6.21a | 2.8527 | 98 | 7.98 | 3.11 |

a,b; Mean within a column followed by the same letter do not significantly different to LSD at $P < 0.05$

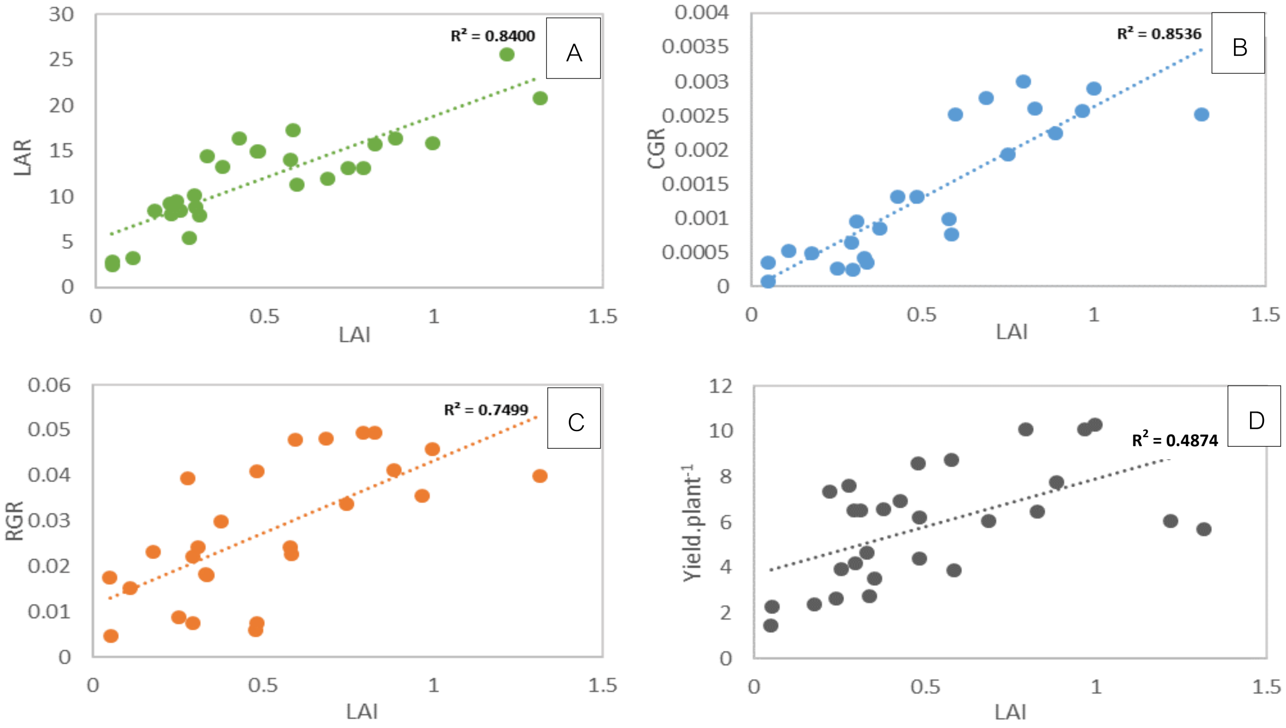



Figure 1 Correlation of LAI on LAR (A), CGR (B), RGR (C), and yield (D)

## เอกสารอ้างอิง


เฉลิมพล แซมเพชร, 2542, สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่, โครงการตำรา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 276 หน้า

Ainika, J.N., Auwalu, B.M. and Yusuf, A.U., 2011, Response of Grain Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) to Nitrogen and Farmyard Manure Rates in Northern Guinea and Sudan Savanna Ecological Zones of Nigeria, World Journal of Engineering and Pure & Applied Sciences, 1(2): 46-49.

Demir, I., Ermis, S., Mavi, K. and Matthews, S., 2008, Mean Germination Time of Pepper Seed Lots (*Capsicum annuum* L.) Predicts Size and Uniformity of Seedlings in Germination Tests and Transplant Modules, Seed Science and Technology, 36(1): 21-30.

Kaul, H.P., Kruse, M. and Aufhammer, W., 2005, Yield and Nitrogen Utilization Efficiency of the Pseudocereals Amaranth, Quinoa, and Buckwheat under Differing Nitrogen Fertilization, European journal of agronomy, 22(1): 95-100.

International Seed Testing Association (ISTA), 2014, International Rules for Seed Testing, Seed Science and Technology, The International Seed Testing Association, Bassersdof, Switzerland, 540 p.

Oelke E.A., Putnam, D.H., Teynor, T.M. and Oplinger, E.S., 1992, Alternative Field Crops Manual [Online], Available: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/quinoa.html, [April 10, 2015].

Pospisil, A., Pospisil, M., Varga, B. and Svecnjak, Z., 2006, Grain Yield and Protein Concentration of Two Amaranth Species (Amaranthus spp.) as Influenced by the Nitrogen Fertilization, European Journal of Agronomy, 25: 250-253.

Shams, A., 2011, Combat Degradation in Rain Fed Areas by Introducing New Drought Tolerant Crops in Egypt, International Journal of Water Resources and Environmental, 1: 318-325.

# ผลของสารก่อโฟมต่อคุณลักษณะของกล้วยหอมอบแห้งแบบโฟม-แมท

# Effect of Foaming Agent on Characterization of Banana (Kluay Hom Tong) by Foam-Mat Drying

**สรศักดิ์ งามสง่า**[1] **ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์**[1] **และ อรพิน เกิดชูชื่น**[1]
Ngamsanga, S.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

## Abstract

The aim of study was to determine the effect of foaming agent concentration on characteristics of banana foam-mat drying. Carboxymethyl cellulose (CMC) was used as foaming agent at concentrations of 0.1-0.5 (% w/v) and whipping time at 20-30 min. Results showed that banana foam from CMC at 0.3 (% w/v) for 25 min had low foam density but high overrun values of 0.30 g/cm$^3$ and 272.25%, respectively. Then, after drying at 60ºC for 1.5 h gave L*, b*, Chroma and Hue angle values of 68.45, 36.10, 37.26 and 75.70, respectively. Moreover, banana foam-mat drying had moisture content (MC), water solubility index (WSI) and water absorption index (WAI) at 4.68%, 80.71% and 0.18, respectively.

**Keywords:** banana (Kluay Hom Tong), carboxymethyl cellulose, foam-mat drying

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาความเข้มข้นของสารก่อโฟมต่อคุณลักษณะของกล้วยหอมอบแห้งแบบโฟม-แมท โดยใช้คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสเป็นสารก่อโฟมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1-0.5 แปรเวลาในการตีปั่น 20-30 นาที พบว่า โฟมกล้วยหอมที่ได้จากการที่ใช้คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้นร้อยละ 0.3 เวลาในการตีปั่น 25 นาที มีความหนาแน่นต่ำ แต่มีอัตราการขึ้นฟูสูงมีค่าเท่ากับ 0.30 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 272.25% ตามลำดับ เมื่อนำโฟมกล้วยหอมมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 1.5 ชั่วโมง ได้กล้วยหอมอบแห้งแบบโฟม-แมท มีค่าความสว่าง(L$^*$) ค่าสีเหลือง (b*) ความเข้มสี(chroma) และ เฉดสี (hue angle) เท่ากับ 68.45, 36.10, 37.26 และ 75.70 ตามลำดับ อีกทั้งมีค่าความชื้น ดัชนีการละลาย และดัชนีการอุ้มน้ำ เท่ากับ 5.68%, 80.71% และ 0.18 ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: กล้วยหอมทอง คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส การทำแห้งแบบโฟม-แมท

## คำนำ

กล้วยหอมทอง (*Musa acuminate* AAA group 'Gros Michel') เป็นผลไม้ที่มีกลิ่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เกิดจากสารระเหยที่ประกอบไปด้วยเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น Isoamyl acetate, 2-pentanol acetate และisoamyl butanoate (Thuwapanichayanan และคณะ, 2011) ซึ่งสารหอมระเหยเหล่านี้มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ระเหยง่าย และมักถูกทำลายระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษา มีรายงานวิจัยนำกล้วยหอมมาผลิต เป็นสารแต่งกลิ่นธรรมชาติโดยโดยเทคนิคการทำแห้งหลายวิธี แต่บางวิธีต้นทุนในการผลิตสูงและเครื่องมือมีราคาแพง หรือบางวิธีใช้เครื่องมือที่หาง่ายราคาถูก แต่ประสิทธิภาพในการผลิตผงแห้งต่ำ ต้องใช้ระยะเวลานาน และทำให้สูญเสียคุณภาพของสารอาหาร กลิ่นรสและสี จึงมีการพัฒนานำเทคนิคการทำแห้งแบบโฟม-แมท (foam-mat drying) มาใช้เป็นวิธีทำแห้งซึ่งมีต้นทุนในการผลิตต่ำ ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก (Karim และ Wai, 1999) โดยนำของเหลวหรือของกึ่งเหลวมาตีให้ผลิตภัณฑ์เกิดโฟม และใช้ความร้อนจากลมร้อนเป็นตัวระเหยความชื้นที่แทรกอยู่บนโฟมออกไปทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้น และช่วยลดการสูญเสียสารให้กลิ่นรสระหว่างกระบวนการผลผลิต (Ratiya และคณะ, 2008) เนื่องจากทำให้เกิดโฟมก่อนการทำแห้งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสอากาศร้อน อย่างไรก็ตามลักษณะโฟมที่พึงประสงค์ต้องมีความคงตัวดี ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโฟมและความคงตัวขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารก่อโฟม (foaming agents) (Thuwapanichayanan และคณะ, 2011) โดยสารก่อโฟมที่นิยมใช้ คือสารในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ เนื่องจากสามารถเพิ่มความคงตัวของโฟมระหว่างขั้นตอนการตีโฟมและป้องกันการยุบตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการทำแห้ง ได้แก่ คาร์บอกซีเมททิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose) แซนแทนกัม (xanthangum) และกัมอารบิก (gum arabic) มีรายงานวิจัยผลิตผลไม้ชนิดผงสำเร็จรูปด้วยวิธีทำ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

แห้งแบบโฟม-แมท เช่น ส้ม (Bissett และคณะ, 1963), มะม่วงโชคอนันต์ (Thaisong และ Rojanakorn, 2011), มะเฟือง (Karim และ Wai, 1999) และมะละกอ (Kandasamy และคณะ, 2012) เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารก่อโฟม เวลาในการตีโฟม และอุณหภูมิในการทำแห้ง ต่อคุณสมบัติของโฟมกล้วย และลักษณะทางกายภาพของสารแต่งกลิ่นรสกล้วยหอม

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การเตรียมสารสกัดกล้วยหอมทอง** นำกล้วยหอมทองแก่ร้อยละ 80 ที่ผ่านการเร่งสุกที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน มาสกัดสารให้กลิ่นรสกล้วยหอมด้วยน้ำ ใช้อัตราส่วนเนื้อกล้วยต่อน้ำ เท่ากับ 2:1 สกัดนาน 10 นาที

**ศึกษาความเข้มข้นของสารก่อโฟมต่อคุณสมบัติของโฟมกล้วยหอมทอง** โดยผสมสารก่อโฟม(คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส) ที่เตรียมในรูปสารละลายความเข้มข้นเริ่มต้นร้อยละ 2 ลงในสารสกัดกล้วยหอม โดยแปรให้มีความเข้มข้นสุดท้ายร้อยละ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ตามลำดับ เติมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 เพื่อเพิ่มความคงตัวของโฟม ตีให้เกิด โฟมด้วยเครื่องผสมอาหาร (kit chen aid mixer) ความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 20, 25 และ 30 นาที ศึกษาคุณสมบัติของโฟม กล้วยหอมทอง ได้แก่ ความหนาแน่น และอัตราการฟูตัวตามวิธี Kirj และ Sawyer (1991)วางแผนการทดลองแบบ 5x3 Factorial in Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

**ศึกษาอุณหภูมิอบแห้งต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของโฟมกล้วยหอมทอง** โดยนำโฟมกล้วยหอมทองที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดเทลงในถาดสแตนเลสให้มีความหนา 5 มิลลิเมตร นำเข้าอบในตู้อบแห้งแบบถาด โดยควบอุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส นาน 1.5, 3 และ 4.5 ชั่วโมง นำโฟมกล้วยหอมทองอบแห้งที่ได้มาบดและร่อนโดยใช้ชุดตะแกรงมาตรฐาน (80 mesh) และวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าสี โดยใช้ค่า L*, chroma (c*) และ hue angle (h°) ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta color reader รุ่น CR-10), ปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (2000), ดัชนีการละลายและดัชนีการอุ้มน้ำตามวิธี Anderson และคณะ (1969) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาคุณสมบัติของโฟมกล้วย พบว่าความเข้มข้นของสารก่อโฟมและเวลาในการตีปั่นมีอิทธิพลร่วมกันต่อความหนาแน่นและอัตราการขึ้นฟูของโฟมกล้วยหอม ($p \leq 0.05$) (Figure 1) พบว่าโฟมกล้วยหอมทองที่ใช้คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้นร้อยละ 0.3 และเวลาในการตีปั่น 25 นาที มีค่าความหนาแน่นของโฟมกล้วยหอมทองต่ำ แต่อัตราการขึ้นฟูสูงสุด เท่ากับ 0.30 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 272.25% ตามลำดับ เนื่องจากฟิล์มของโฟมที่ห่อหุ้มอากาศมีความแข็งแรง สามารถกักเก็บอากาศได้ดี มีฟองอากาศที่ละเอียดสม่ำเสมอ และช่วยพยุงโครงสร้างของโฟมไม่ให้เกิดการยุบตัว (Karim และ Wai, 1999) ซึ่งไม่แตกต่างจากการตีปั่นที่เวลา 30 นาที แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสจากร้อยละ 0.3 เป็น 0.4 และ 0.5 ตามลำดับ ทำให้ค่าความหนาแน่นของโฟมกล้วยหอมทองเพิ่มขึ้น แต่ค่าอัตราการขึ้นฟูกลับลดลง ทั้งนี้เนื่องจากส่วนผสมมีความหนืดมากขึ้นจึงเกิดการขัดขวางการสร้างฟิล์มของโฟมในการกักเก็บอากาศในขณะตีปั่น ทำให้ไม่สามารถขยายปริมาตรของโฟมกล้วยหอมทองได้ (Devries, 1958; Prin, 1998)

เมื่อนำโฟมกล้วยหอมทองมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 1.5, 3 และ 4.5 ชั่วโมง พบว่าเวลาในการอบแห้งมีอิทธิพลต่อค่าสี และปริมาณความชื้นของกล้วยหอมทองอบแห้งแบบโฟม-แมท ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อดัชนีการละลายและดัชนีการอุ้มน้ำ ($p > 0.05$) (Table 1) โดยโฟมกล้วยหอมทองที่ผ่านการอบแห้งนาน 1.5 ชั่วโมง มีลักษณะทางเคมีกายภาพเหมาะสมที่สุดได้โฟมกล้วยหอมทองอบแห้งแบบโฟม-แมทมีสีเหลือง มีค่า L* (ค่าความสว่าง) 68.45, b* (ค่าสีเหลือง) 36.12, c*(ค่าความเข้มสี) 37.26 และ h°(ค่าเฉดสี) 75.50 แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการอบแห้งนานขึ้น พบว่าทำให้กล้วยหอมทองอบแห้งแบบโฟม-แมท มีสีเหลืองเข้มขึ้นมี h° อยู่ในช่วง (66.08-67.87) เนื่องจากเนื้อกล้วยหอมทองสุกมีปริมาณน้ำตาลสูงเมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูงและเวลานานเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งเกิดจากหมู่คาร์บอนิลในโครงสร้างน้ำตาลทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนจนเกิดสีน้ำตาล (Fennema, 1996) นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้โฟมกล้วยหอมทองอบแห้งแบบโฟม-แมท มีปริมาณความชื้นลดลง เนื่องจากเวลาในการอบแห้งนานขึ้นทำให้อัตราการถ่ายเท

ความร้อนได้ดี เกิดการระเหยของน้ำหรือปริมาณความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ได้เร็ว (Jittanit และคณะ, 2010) โดยโฟมกล้วยหอมทองอบแห้งแบบโฟม-แมททั้ง 3 สภาวะ มีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 3.45-5.68 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ทั่วไปของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง (Potter, 1978) สำหรับดัชนีการละลาย และดัชนีการอุ้มน้ำพบว่า เวลาในการอบแห้งไม่มีอิทธิพลต่อดัชนีการละลาย และดัชนีการอุ้มน้ำ ($p>0.05$) (Table 1) มีค่าอยู่ในช่วง (80.71-83.05%) และ (0.18-0.19) ตามลำดับ เนื่องจากโฟมกล้วยหอมอบแห้งทุกสภาวะมีโครงสร้างภายในที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ในปริมาณมาก จึงสามารถส่งผ่านความชื้นระหว่างรูพรุนที่อยู่ข้างเคียงได้อย่างรวดเร็ว (Prakotmak และคณะ, 2010)

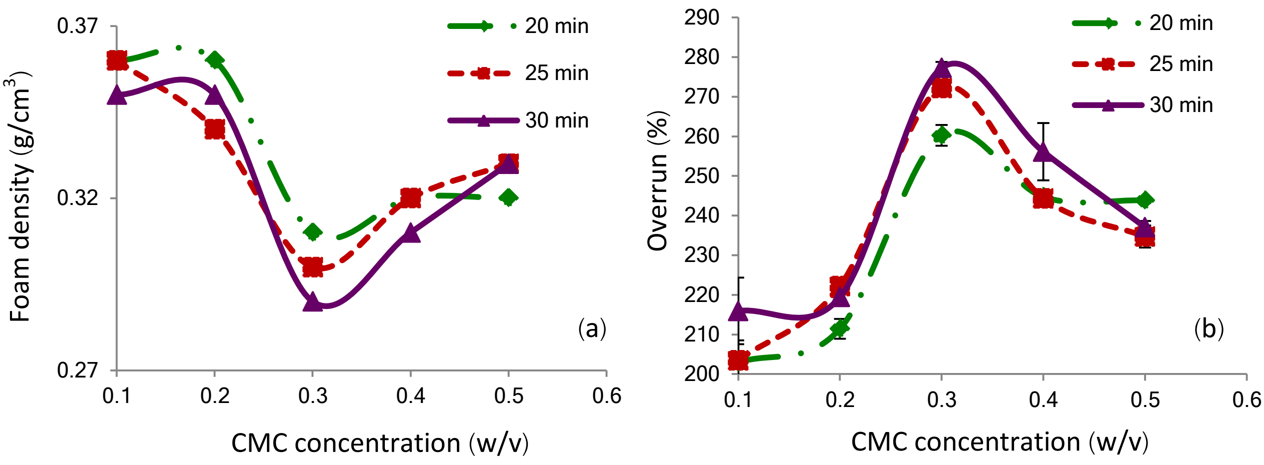



**Figure 1** a) Foam density (g/cm$^3$) b) Overrun (%) of banana foam

**Table1** Physicochemical properties of banana foam-mat drying at 60°C

| Drying Times (h) | Color L* | Color b* | Color c* | Color h° | Moisture content (%) | WSI | WAI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.5 | 68.45±0.11$^a$ | 36.10±0.01$^a$ | 37.26±0.01$^a$ | 75.70±0.02$^a$ | 5.68±0.04$^a$ | 80.71±0.62$^b$ | 0.18±0.01$^a$ |
| 3 | 63.02±0.16$^b$ | 32.50±0.12$^b$ | 35.08±0.13$^b$ | 67.87±0.01$^b$ | 3.52±0.18$^b$ | 81.93±0.87$^{ab}$ | 0.18±0.01$^a$ |
| 4.5 | 62.28±0.47$^c$ | 33.22±0.54$^b$ | 36.34±0.64$^a$ | 66.08±0.16$^c$ | 3.45±0.20$^b$ | 83.05±1.21$^a$ | 0.19±0.01$^a$ |
| F-test | ** | ** | ** | ** | ** | ns | ns |
| LSD | 0.44 | 0.81 | 0.95 | 0.23 | 0.29 | 2.11 | 0.02 |
| C.V.% | 0.30 | 1.05 | 1.16 | 0.14 | 3.03 | 1.14 | 5.47 |

ns mean in the same column are significant difference ($p>0.05$)

** mean the letters in the same column are significant difference ($p\leq0.05$)

$^{a,b,c,}$ …means within a column with different superscripts are significant difference ($p\leq0.05$)

## สรุปผล

โฟมกล้วยหอมทองที่ใช้คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้นร้อยละ 0.3 เวลาในการตีปั่น 25 นาที ที่อุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส นาน 1.5 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ทำให้ได้กล้วยหอมทองอบแห้งแบบโฟม-แมทมีสีเหลือง มีค่าความชื้น ดัชนีการละลาย และดัชนีการอุ้มน้ำ เท่ากับ 5.68%, 80.71% และ 0.18 ตามลำดับ

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการทุนวิจัยสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (ITAP) บริษัท แดรี่โฮม จำกัด โครงการส่งเสริมงานวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## เอกสารอ้างอิง

Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L., 1969, Gelatinization of Corn Grits by Roll and Extrusion Cooking, Cereal Science Today, 14(1): 11–20.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA

Bissett, O.W., Tatum, J.H., Wagner, C.J., Veldhuis, M.K., Graham, R.P. and Morgan, A.I., 1963, Foam-mat Dried Orange Juice. I. Time-temperature Drying Studies, Food Technology, 17(2): 92-95.

Fennema, O.R., 1996, Water and Ice. In Food chemistry. (Fennema, R., ed.). p. 17-94. Marcel Dekker. New York

Hart, M.R., Graham, R.P., Ginnette, I.F. and Morgan, A.I., 1963, Foams for Foam-mat Drying, Food Technology, 17(10): 90-92.

Jittanit, W., Niti-Att, S. and Tachanuntachaikul, O., 2010, Study of Spray of Pineapple Juice using Maltodextrin as an Adjunct, Chiang Mai Journal Science, 37(3): 498-506.

Kandasamy, P., Varadharaju, N. and Kalemullah, S., 2012, Foam-mat Drying of Papaya (*Carica Papaya* L.) using Glycerol monostearate as Foaming Agent, Food Science and Quality Management , 9: 17-27.

Karim, A.A. and Wai, C.C., 1999, Characteristics of Foam Prepared from Star Fruit (*Averrhoa carambola* L.) Puree by using Methyl Cellulose, Food Hydrocolloids, 13: 203-210.

Kirj, S. and Sawyer, R., 1991, Pearson's Composition and Analysis of Food, $9^{th}$ ed. New York:John Wiley and Sons, Inc

Kudra, T. and Ratti, C., 2006, Foam-mat Drying: Energy and Cost Analyses, Canadian Biosystems Engineering, 48: 3.27-3.32.

Labelle, R. L., 1966, Characterization of Foams for Foam-Mat Drying, Food Technology, 20(8): 1065-1070.

Potter, N.N., 1978, Food Science, $3^{rd}$ ed., The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut, 238-259.

Rajkumar, P., Kailappan, R., Viswanathan, R. and Raghavan, G.S.V., 2007, Drying Characteristics of Foamed Alphonso Mango Pulp in a Continuous Type Foam mat Dryer, Journal of Food Engineering, 79: 1452–1459.

Ratiya, T., Somkiat, P. and Somchart, S., 2008, Drying Characteristics and Quality of Banana Foam mat, Journal of Food Engineering, 86: 573-583.

Sankat, C.K. and Castaigne, F., 2004, Foaming and Drying Behaviour of Ripe Bananas, Lebensmittel-Wissenshaft und-Technologie, 37: 517-525.

Thuwapanichayanan, R., Prachawarakorn, S. and Soponronnarit, S., 2012, Effects of Foaming Agents and Foam density on Drying Characteristics and Textural Property of Banana foams, Food Science and Technology, 47: 348-357.

# การปรับตัวลักษณะฟีโนไทป์ของต้นกาแฟโรบัสต้าภายใต้สวนไม้ผลผสมผสาน

## Phenotypic Plasticity in Robusta Coffee Trees in a Mixed Orchard System

ระวี เจียรวิภา[1*] และ ชนินทร์ ศิริขันตยกุล[2]

Chiarawipa, R.[1] and Sirikantayakul, C.[2]

### Abstract

Robusta coffee has been grown under shade of a mixed cropping system. The purpose of this study was to observe the adaptation in leaf traits, canopy characteristics and yield between the shaded and unshaded of robusta coffee trees (*Coffea canephora*). The mixed orchard system with ten-years-old trees of coffee in Satun province was chosen. Results showed that chlorophyll concentration and chlorophyll per leaf dry mass in shaded leaves tended to be higher than in unshaded leaves. Although shaded trees had a larger leaf area than the fully-sunlight grown trees, chlorophyll per leaf area was slightly lower. However, the specific leaf area and leaf mass per area increased significantly with increasing light intensity. Unshaded leaves had greater leaf nitrogen per leaf area and leaf dry mass than shaded leaves. In addition, light intensity affected canopy structure resulting in yield reduction. These results indicate that light intensity plays an important role in coffee adaption grown under a mixed orchard system.

**Keywords:** robusta coffee, leaf traits, leaf morphology, ecophysiology, adaptation

### บทคัดย่อ

กาแฟโรบัสต้าเป็นไม้ผลที่ปลูกในสวนแบบผสมผสาน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างลักษณะทางสรีรวิทยาของใบ ลักษณะโครงสร้างทรงพุ่ม และผลผลิตระหว่างต้นกาแฟที่ปลูกภายใต้สภาพกลางแจ้งและสภาพร่มเงาของสวนไม้ผลผสมผสาน โดยศึกษาจากต้นกาแฟโรบัสต้าอายุ 10 ปี ในสวนไม้ผลของเกษตรกรบริเวณจังหวัดสตูล พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อมวลแห้งใบในสภาพร่มเงามีปริมาณสูงกว่าในใบสภาพกลางแจ้ง ซึ่งสภาพร่มเงาทำให้ใบมีขนาดพื้นที่ใบมากกว่าใบกลางแจ้งแต่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อพื้นที่ใบน้อยกว่าเพียงเล็กน้อย และค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะและมวลแห้งต่อพื้นที่ใบมีค่ามากในใบกลางแจ้ง แต่ปริมาณไนโตรเจนต่อพื้นที่ใบและปริมาณไนโตรเจนต่อมวลแห้งใบที่อยู่ในสภาพร่มเงามีค่าน้อยกว่า นอกจากนี้ความเข้มแสงบริเวณทรงพุ่มยังมีบทบาทสำคัญต่อลักษณะทรงพุ่มของต้นกาแฟ โดยต้นภายใต้สภาพร่มเงามีปริมาณผลผลิตลดน้อยลงอย่างชัดเจน การศึกษานี้จึงแสดงให้เห็นว่า ความผันแปรของระดับความเข้มแสงภายใต้สภาพแวดล้อมในสวนไม้ผลผสมผสานเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อลักษณะการปรับตัวของใบและทรงพุ่มต้นกาแฟโรบัสต้า

**คำสำคัญ**: กาแฟโรบัสต้า ลักษณะสรีรวิทยาของใบ ลักษณะสัณฐานวิทยาของใบ นิเวศสรีรวิทยา การปรับตัว

### บทนำ

กาแฟโรบัสต้าสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย โดยธรรมชาติของต้นกาแฟโรบัสต้านั้น สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพกลางแจ้ง รวมถึงภายใต้สภาพร่มเงาที่มีการปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นอื่นๆ (สุรีรัตน์ และคณะ, 2554) อย่างไรก็ตาม ในสภาพสวนไม้ผลผสมผสานจะมีพืชปลูกหลายชนิด และมักมีระยะปลูกค่อนข้างชิดหรือมีการบดบังของทรงพุ่มระหว่างพืชปลูก พืชปลูกจึงมีการตอบสนองทางนิเวศสรีรวิทยาภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นกลไกอย่างหนึ่งที่พืชปลูกพยายามปรับตัวให้สามารถเจริญเติบโตต่อไป (DaMatta, 2004) ภายใต้สภาพที่มีปัจจัยจำกัดของแสง จึงทำให้ต้นกาแฟมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาเพื่อปรับตัวและแสดงออกทางสรีรวิทยาได้แตกต่างกันหลายลักษณะ เช่น การลดประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง การลดประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Restrepo-Díaz และคณะ, 2010) การเปลี่ยนแปลงของลักษณะสัณฐานวิทยาของใบ (anatomical plasticity) และการปรับตัวของลักษณะโครงสร้าง

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา

[1] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla

[2] กลุ่มวิชาการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 กรมวิชาการเกษตร จ.สงขลา

[2] Office of Agricultural Research and Development Region 8, Department of Agriculture, Songkhla

ทรงพุ่ม (Jaramillo-Botero และคณะ, 2010) เป็นต้น ดังนั้น ในสภาพสวนไม้ผลผสมผสานของเกษตรกรบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งมีการปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นหลากหลายชนิด ต้นกาแฟโรบัสต้าซึ่งเป็นพืชที่มีขนาดทรงพุ่มเตี้ยกว่าไม้ผลและไม้ยืนต้นอื่นๆ อาจได้รับความเข้มแสงไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตภายใต้สภาพแวดล้อมดังกล่าว จึงศึกษาความสามารถในการปรับตัวด้านการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต โดยใช้ลักษณะทางฟีโนไทป์ของต้นกาแฟโรบัสต้า เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเปรียบเทียบระหว่างต้นกาแฟที่เจริญเติบโตในสภาพร่มเงาและกลางแจ้ง

## อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาในสวนกาแฟโรบัสต้าอายุ 10 ปี บริเวณ อ.ควนโดน จ.สตูล วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งกลุ่มต้นกาแฟโรบัสต้า 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ปลูกร่วมกับสวนไม้ผลผสมผสาน และกลุ่มที่ปลูกเฉพาะกาแฟหรือไม่มีร่มเงาไม้ผลอื่นๆ บดบังแสง จำนวนกลุ่มละ 6 ต้น (1 ต้นต่อซ้ำ) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างต้นกาแฟโรบัสต้าทั้ง 2 กลุ่ม (t-test) โดยบันทึกข้อมูล สภาพแวดล้อมในสวนไม้ผล ได้แก่ ความเข้มแสง ($\mu$mol m$^{-2}$ s$^{-1}$) ด้วยเครื่องวัดแสง (light meter) และอุณหภูมิ (°C) ผิวใบและผิวดิน ด้วย infrared thermometer บันทึกลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและการให้ผลผลิต ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงลำต้น (ซม.) ขนาดทรงพุ่ม (ม.) ความสูง (ม.) จำนวนกิ่งหลัก และลักษณะโครงสร้างทรงพุ่ม รวมทั้งสุ่มตัวอย่างผลผลิตสดทั้งต้น นอกจากนี้ วัดค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดโดยใช้กล้องถ่ายภาพเลนส์ fish eye (hemispherical photography technique) จำนวน 5 ซ้ำ เพื่อวิเคราะห์ภาพถ่ายเป็นดัชนีพื้นที่ใบ (*LAI*) และเปรียบเทียบความหนาแน่นทรงพุ่มระหว่าง 2 กลุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้บริเวณร่มเงาจะวัดรวมทั้งทรงพุ่มกาแฟและไม้ผลอื่นๆ ส่วนลักษณะทางสรีรวิทยาของใบ (leaf traits) ประเมินจากค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะ (*SLA*) มวลแห้งต่อพื้นที่ใบ (*LMA*) และปริมาณไนโตรเจนต่อพื้นที่ใบ ($N_a$) และมวลแห้งใบ ($N_m$) จากจำนวนตัวอย่าง 4 ซ้ำต่อต้น โดยใช้คู่ใบเพสลาดบริเวณรอบทรงพุ่ม พร้อมกับวัดค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบโดยสกัดด้วย *N,N*-dimethylformamide (DMF) และวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่น 647 และ 664 น.ม. ด้วยเครื่อง Spectrophotometer และคำนวณค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบ (total *Chl*) (มก./ตร.ซม.) ร่วมกับการเปรียบเทียบความสัมพันธ์จากค่า SPAD reading (leaf greenness) ซึ่งวัดด้วยเครื่อง portable chlorophyll meter (SPAD-502 Plus, Konica Minolta, Japan) เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อพื้นที่ใบ (*Chl/area*) และปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อมวลแห้งใบ (*Chl/DW*) จำนวนตัวอย่าง 4 ซ้ำต่อต้น โดยทุกตัวอย่างใบจะวัดขนาดพื้นที่ใบด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ (leaf area meter) และชั่งน้ำหนักแห้งหลังการอบที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl method) เพื่อหาความสัมพันธ์ของพื้นที่ใบ น้ำหนักใบ และปริมาณไนโตรเจนในใบกาแฟด้วยสมการเชิงเส้น

## ผลการทดลอง

ต้นกาแฟโรบัสต้าเจริญเติบโตอยู่ระหว่างต้นไม้ผลต่างๆ เช่น ลองกอง ขนุน และทุเรียน บริเวณทรงพุ่มมีการบดบังด้วยทรงพุ่มไม้ผลข้างเคียง สภาพกลางแจ้งมีค่าความเข้มแสงอยู่ในช่วง 953.47-1,355.73 $\mu$mol m$^{-2}$ s$^{-1}$ ซึ่งสูงกว่าสภาพร่มเงาบริเวณทรงพุ่มของต้นกาแฟโรบัสต้าตลอดทั้งวัน โดยมีความเข้มแสงสูงกว่าอยู่ในช่วง 78.61-90.82% (Figure 1a) ส่วนอุณหภูมิบริเวณทรงพุ่มต้นกาแฟโรบัสต้าและดินบริเวณโคนต้น พบว่า สภาพกลางแจ้งมีค่าเท่ากับ 41.39 และ 33.78°C ส่วนในสภาพร่มเงามีค่าเท่ากับ 30.18 และ 23.66 °C ตามลำดับ (Figure 1b) ต้นกาแฟโรบัสต้าในสภาพร่มเงามีค่าการเจริญเติบโตต่ำกว่าสภาพกลางแจ้ง ทั้งความสูง (2.84 ม.) ความกว้างทรงพุ่ม (2.52 ม.) เส้นรอบวงลำต้น (17.60 ซม.) และจำนวนกิ่ง (6.60 กิ่ง) รวมถึงปริมาณผลผลิต (152.52 กรัม/ต้น) ส่วนดรรชนีพื้นที่ใบในสภาพร่มเงา (2.45) ซึ่งประเมินจากทรงพุ่มต้นกาแฟโรบัสต้าและไม้ผลต่างๆ รวมกัน พบว่า มีค่าสูงกว่าดรรชนีพื้นที่ใบต้นกาแฟโรบัสต้าสภาพกลางแจ้ง (Table 1) สภาพร่มเงามีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (23.12 มก./ตร.ซม.) และปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อมวลแห้งใบ (*Chl/DW*) (23.75) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แม้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อพื้นที่ใบ (*Chl/area*) ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนต่อพื้นที่ใบ ($N_a$) (0.98 ก./ตร.ม.) น้ำหนักใบต่อพื้นที่ (*LMA*) (35.78) และค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะ (*SLA*) (0.004) มีค่าต่ำแตกต่างทางสถิติกับสภาพกลางแจ้ง ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนต่อน้ำหนักแห้งใบ ($N_m$) (0.96 ก./น้ำหนักแห้ง) (Table 2) นอกจากนี้ จากการเปรียบเทียบค่า SPAD reading กับปริมาณคลอโรฟิลล์รวม คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ในใบ พบว่า มีความสัมพันธ์ดังสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง คือ $y = 0.5406x - 7.7164$ ($r^2 = 0.76$) $y = 0.3267x - 3.2544$ ($r^2 = 0.72$) และ $y = 0.2136x - 4.4679$ ($r^2 = 0.71$) ตามลำดับ (Figure 2a) ส่วนพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งใบ มีความสัมพันธ์ดังสมการ $y = 0.005x^2 + 0.0128x - 0.1503$ ($r^2 = 0.77$) (Figure 2b)

## วิจารณ์ผล

ในสภาพสวนไม้ผลผสมผสานแม้ต้นกาแฟโรบัสต้าสามารถเจริญเติบโต และให้ผลผลิตภายใต้สภาพความเข้มแสงต่ำและมีร่มเงาทึบบดบังแสงจากทรงพุ่มต้นลองกอง ขนุน ทุเรียน เงาะ และมังคุด ทำให้มีค่าดรรชนีพื้นที่ใบสูงกว่าอย่างชัดเจน ต้นกาแฟโรบัสต้าจึงพยายามปรับตัวโดยเอนเอียงลำต้นเข้าหาแสงมากขึ้น และมีการแตกกิ่งแขนง (secondary branch) บริเวณกิ่งหลัก (primary branch) มากขึ้น จึงทำให้มีขนาดโครงสร้างต้นและทรงพุ่มเล็กกว่าต้นกาแฟโรบัสต้าในสภาพกลางแจ้ง และยังส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตลดลงและแตกต่างกัน นอกจากนี้ จากลักษณะของแผ่นใบถึงแม้ต้นกาแฟโรบัสต้าในสภาพร่มเงามีลักษณะสีเขียวเข้มและมีใบขนาดใหญ่ แต่กลับมีน้ำหนักน้อยกว่าสภาพกลางแจ้ง ขณะเดียวกัน ยังส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนต่อพื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญด้วย โดยในสภาพระดับความเข้มแสงต่ำต่อเนื่องจะทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในใบลดลง และส่งผลให้มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนเพื่อการสังเคราะห์แสงของต้นกาแฟลดลงได้ (Baliza และคณะ, 2012) ลักษณะเช่นนี้ ทำให้ต้นกาแฟมีการปรับตัวด้านลักษณะสัณฐานวิทยาของใบ เช่น การมีแผ่นใบบางลงเพื่อลดการบดบังแสงในทรงพุ่ม หรือการขยายขนาดแผ่นใบเพื่อให้สามารถได้รับแสงมากขึ้น เป็นต้น (Jaramillo-Botero และคณะ, 2010) จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ต้นกาแฟโรบัสต้ามีความสามารถในการปรับตัวให้สามารถมีชีวิตรอดภายใต้สภาพร่มเงาสวนไม้ผลผสมผสานได้ ซึ่งการที่เกษตรกรให้ความสนใจขยายพื้นที่ปลูกกาแฟโรบัสต้ามากขึ้น ทั้งการปลูกร่วมในสวนไม้ผล สวนยางพารา หรือไม้ยืนต้นอื่นๆ ที่อาจมีสภาพร่มเงาทึบแตกต่างกัน การศึกษาลักษณะการปรับตัวทางฟีโนไทป์จึงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของต้นกาแฟโรบัสต้าภายใต้สภาพแวดล้อมดังกล่าวได้ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการจัดการสวนกาแฟโรบัสต้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

## สรุปผล

ต้นกาแฟโรบัสต้ามีลักษณะการปรับตัวทางฟีโนไทป์แตกต่างกันระหว่างในสภาพร่มเงาและกลางแจ้ง ทั้งการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต ลักษณะทางสรีรวิทยาของใบ และโครงสร้างทรงพุ่ม เนื่องจาก ในสภาพร่มเงามีการซ้อนทับของทรงพุ่มไม้ผลอื่นๆ หนาแน่น และบดบังแสง ทำให้ระดับความเข้มแสงต่ำตลอดวัน

## คำขอบคุณ

ผลงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่อง "การปรับตัวลักษณะทางฟีโนไทป์และศักยภาพการเจริญเติบโตของต้นกาแฟโรบัสต้าที่ปลูกร่วมสวนยางพาราในจังหวัดสตูล" ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ NAT580919S ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2558 และขอขอบคุณเจ้าของสวนกาแฟโรบัสต้าที่ให้ความอนุเคราะห์ทำงานวิจัย รวมทั้งนักศึกษาปริญญาโท น.ส.อนุธิดา ชูแก้ว และ น.ส.วรัญญู ขวดหรีม ที่มีส่วนช่วยบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

## เอกสารอ้างอิง

สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ ปานหทัย นพชินวงศ์ และศุภรัฐ เลี้ยงเจี้ยง, 2554, เอกสารแนะนำ กาแฟโรบัสต้าพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร, ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

Baliza, D.P., Cunha, R.L., Guimarães, R.J., Barbosa, J.P.R.A.D., Ávila, F.W. and Passos, A.M.A., 2012, Physiological Characteristics and Development of Coffee Plants under Different Shading Levels, Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 7: 37-43.

Da Matta, F.M., 2004, Ecophysiological Constraints on the Production of Shaded and Unshaded Coffee: a Review, Field Crops Research, 86: 99-114.

Jaramillo-Botero, C., Santos, R.H.S., Martinez, H.E.P., Cecon, P.R. and Fardin, M.P., 2010, Production and Vegetative Growth of Coffee Trees under Fertilization and Shade Levels, Scientia Agricola. (Piracicaba, Braz.), 67: 639-645.

Restrepo-Díaz, H., Melgar, J.C. and Lombardini, L., 2010, Ecophysiology of Horticultural Crops: an Overview, Agronomía Colombiana, 28(1): 71-79.

**Table 1** Comparative growth and production of coffee robusta trees between shaded and unshaded conditions.

| Trees | Height (m) | Canopy width (m) | Trunk girth (cm) | No. of branch | Yield (g tree$^{-1}$) | LAI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Shade | 2.84±0.54 | 2.52±0.76 | 17.60±3.78 | 6.60±2.07 | 152.52±26.56 | 2.45±0.16[1/] |
| Unshade | 3.10±0.57 | 2.77±0.49 | 18.40±3.21 | 9.80±2.86 | 637.79±274.66 | 1.38±0.32 |
| t-test | ns | ns | ns | ns | * | ** |

**Table 2** Comparative leaf traits of coffee robusta trees between shaded and unshaded conditions.

| Trees | Total *Chl* (mg cm$^{-2}$) | *Chl/area* | *Chl/Dw* | $N_m$ (g Dw$^{-1}$) | $N_a$ (g m$^{-2}$) | *SLA* | *LMA* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Shade | 23.12±1.89 | 0.08±0.02 | 23.75±4.52 | 0.96±0.11 | 0.98±0.15 | 0.004±0.001 | 35.78±3.16 |
| Unshade | 19.04±4.40 | 0.09±0.03 | 14.98±3.73 | 1.31±0.16 | 1.21±0.21 | 0.006±0.001 | 56.52±5.86 |
| t-test | ** | ns | ** | ns | * | ** | ** |

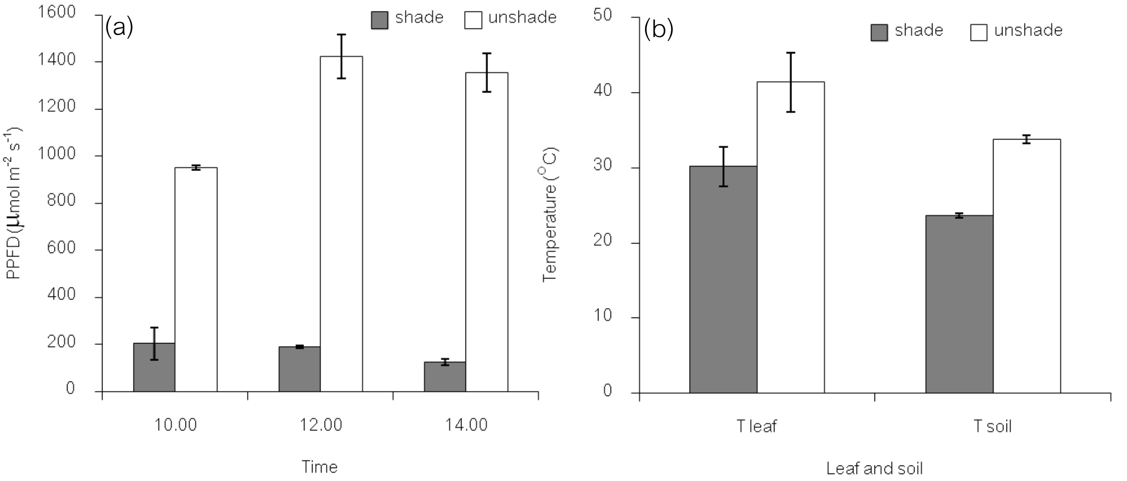



**Figure 1** Trends of light intensity (PPFD) (a), robusta coffee leaf temperature and soil temperature (b) under shaded and unshaded conditions.

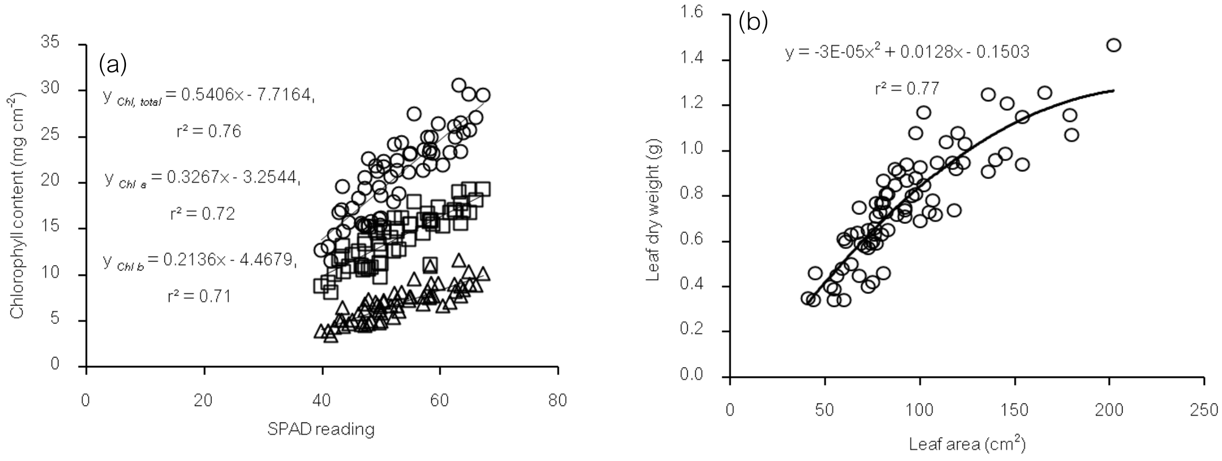



**Figure 2** The relationship between leaf greenness (SPAD reading) and leaf chlorophyll content (total *Chl* (O), *Chl a* (□) and *Chl b* (Δ)) (a) and relationship between leaf area and leaf dry weight (b) in robusta coffee leaves.

# ปัจจัยจำกัดของอุณหภูมิใบต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในใบองุ่น

# Limitations to Photosynthetic Efficiency at Different Temperatures in the Leaves of Grapevine

ระวี เจียรวิภา[1] และ Zhen Hai Han[2]

Chiarawipa, R.[1] and Han, Z.H.[2]

Abstract

Temperature is an important environmental factor determining net photosynthesis rate of plants. The diurnal and seasonal changes in temperature were simulated to estimate the leaf photosynthetic capacity in five years old grapevines (*Vitis vinifera* L. x *Vitis labrusca* L. 'Kyoho'). The maximum carbon assimilation rate ($A_{max}$) reached a maximum of 20.00 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$ at 25ºC, while dark respiration (*R*d) increased with temperature from 0.32 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$ at 15ºC to 1.54 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$ at 40ºC. When leaf temperature was exposed to 45°C, fluorescence parameters ($F_v/F_m$ and $\Phi_{PSII}$) decreased significantly. Meanwhile, the maximum rates of carboxylation ($V_{c,max}$) and the maximum rates of electron transport ($J_{max}$) exhibited a maximum value at 25ºC. On the basis of these considerations, seasonal trends of simulated daily net photosynthesis in grape leaves may be predicted, using growing season temperature.

**Keywords:** carbon dynamics, photosynthetic model, season change, vineyard

**บทคัดย่อ**

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของใบพืช จึงศึกษาความผันแปรของอุณหภูมิในรอบวันและฤดูกาลเพื่อประเมินประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในใบองุ่นพันธุ์ 'Kyoho' (*Vitis vinifera* L. x *Vitis labrusca* L.) อายุ 5 ปี ผลการทดลองพบว่า ใบองุ่นมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสูงสุด ($A_{max}$) 20 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ ที่อุณหภูมิใบ 25 องศาเซลเซียส แต่มีอัตราการหายใจในที่มืด ($R_d$) สูงขึ้นตามระดับอุณหภูมิใบตั้งแต่ 15-40 องศาเซลเซียส โดยมีค่าในช่วง 0.32 -1.54 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ ส่วนประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนต์ ($F_v/F_m$ และ $\Phi_{PSII}$) พบว่า ลดต่ำลงชัดเจนที่ระดับอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ขณะเดียวกัน จากการประเมินศักยภาพการตรึงคาร์บอนสูงสุด ($V_{c,max}$) และอัตราการถ่ายทอดอิเล็กตรอนสูงสุด ($J_{max}$) พบว่า มีค่าสูงสุดที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลการศึกษานี้ จึงสามารถนำไปคาดคะเนพลวัตการสังเคราะห์แสงสุทธิรอบวันในใบองุ่นตามความผันแปรของอุณหภูมิในรอบฤดูกาลได้

**คำสำคัญ**: พลวัตของคาร์บอน แบบจำลองการสังเคราะห์แสง การเปลี่ยนแปลงในรอบฤดูกาล สวนองุ่น

## คำนำ

ประสิทธิภาพในการตรึงคาร์บอน (carbon fixation) ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของใบพืช มีบทบาทสำคัญต่อการเก็บสะสมปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของต้นพืช แบบจำลองการสังเคราะห์แสงจัดเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการประเมินศักยภาพการตรึงคาร์บอนของพืชปลูก ทั้งนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงมักมีความผันแปรตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศบริเวณใบ เช่น ปริมาณความเข้มแสง อุณหภูมิ และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) จึงมักส่งผลให้กระบวนการตรึงคาร์บอนในใบแตกต่างกันได้ตามปัจจัยที่พืชปลูกได้รับในรอบฤดูกาลหรือรอบปี (Lambers และคณะ, 2008) เพื่อปรับปรุงการประเมินประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสุทธิในใบตามความผันแปรของสภาพอากาศในสวนองุ่น จึงใช้แบบจำลองการสังเคราะห์แสงในใบองุ่นประเมินประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของใบองุ่นร่วมกับการพิจารณาปัจจัยจำกัดของอุณหภูมิใบ ซึ่งเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์ในใบองุ่นตลอดช่วงฤดูกาลผลิต

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[1] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Thailand

[2] Institute for Horticultural Plants, College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing, China

## อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาภายใต้สภาพสวนองุ่นซึ่งปลูกเป็นทางการค้า บริเวณเขตต้าซิง (Daxing) ปักกิ่ง (Beijing) ประเทศจีน ในช่วงฤดูกาลผลิตเดือน มีนาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2554 ทดลองโดยใช้สายพันธุ์องุ่นสำหรับนิยมบริโภคสด คือ *Vitis vinifera* L. x *Vitis labrusca* L. 'Kyoho' อายุ 5 ปี จำนวน 5 ต้น ประเมินค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในใบองุ่น ด้วยเครื่อง portable photosynthesis system (LI-6400XT, Li-Cor Inc., USA) เพื่อประเมินตามค่าพารามิเตอร์สำคัญ ดังนี้ 1) ประเมินการตอบสนองอัตราการสังเคราะห์แสง (*A*) โดยควบคุมความเข้มแสงด้วย LED light source (6400-02B) ในช่วง 0-2,000 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$ ส่วนปริมาณความเข้มข้นของ $CO_2$ ควบคุมให้มีค่าคงที่เท่ากับ 400 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ 2) ประเมินการตอบสนองอัตราการสังเคราะห์แสง (*A*) โดยควบคุมความเข้มข้น $CO_2$ ในช่วง 0-1,800 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ พร้อมกับควบคุมความเข้มแสงให้คงที่ 1,200 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$ ร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิใบให้คงที่ (25 °C) เพื่อประเมินศักยภาพการตรึงคาร์บอนสูงสุด (maximum rate of carboxylation; $V_{c,max}$) และอัตราการถ่ายทอดอิเล็กตรอนสูงสุด (maximum rate of electron transport; $J_{max}$) 3) ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิใบต่ออัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด ($A_{max}$) โดยควบคุมอุณหภูมิใบให้อยู่ในช่วง 15-40 °C ด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิ (6400-88 expanded temperature control kit) พร้อมควบคุมความเข้มแสงและ $CO_2$ ที่ระดับ 1,200 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$ และ 400 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ เพื่อประเมินอัตราการหายใจในที่มืด ($R_d$) และ 4) วัดค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนต์ ได้แก่ ประสิทธิภาพการใช้แสงสูงสุดในระบบ Photosystem II (the maximum quantum yield of *PSII* photochemistry; $F_v/F_m$) และประสิทธิการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในระบบ Photosystem II (the quantum yield of *PSII* electron transport; $\Phi_{PSII}$) โดยควบคุมอุณหภูมิใบ15-45°C และวัดด้วยเครื่อง Portable Fluorometer (PAM-2000, Walz, Germany)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### ความผันแปรของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในใบองุ่น

การตอบสนองด้านประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสูงสุด ($A_{max}$) ของใบต่ออุณหภูมิใบองุ่น พบว่า มีอัตราสูงสุดที่ 20 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ ในช่วง 25 °C และลดต่ำลงที่ 30-40 °C (Figure 1a) ทั้งนี้ อัตราการหายใจในที่มืด ($R_d$) มีค่าในช่วง 0.32-1.54 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ ตามระดับอุณหภูมิใบที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 15-40 °C (Figure 1b) สำหรับค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนต์ ($F_v/F_m$ และ $\Phi_{PSII}$) พบว่า มีค่าลดลงในช่วง 30-45 °C หรือเท่ากับ 0.675 และ 0.558 ตามลำดับ (Figure 2a และ Figure 2b) นอกจากนี้ จากการทดสอบศักยภาพการสังเคราะห์แสงสูงสุดในใบองุ่นที่ 25 °C พบว่า สามารถประเมินศักยภาพการตรึงคาร์บอนสูงสุด ($V_{c,max}$) และอัตราการถ่ายทอดอิเล็กตรอนสูงสุด ($J_{max}$) ได้ได้จากสมการ $Y_{(Vc,max)}$ = 45.931x-1.2854 และ $Y_{(Jmax)}$ = 120.87x-1.2854 ตามลำดับ (Figure 3) แสดงให้เห็นว่า ในช่วงอุณหภูมิ 25 °C เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสงในใบองุ่นสายพันธุ์ 'Kyoho' มากที่สุด ทั้งนี้ เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่าระดับที่เหมาะสม จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง แต่มีอัตราการหายใจในที่มืดเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลให้การตรึง $CO_2$ ในใบลดลงตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนต์ ที่มีการตอบสนองของใบปรากฏค่าต่ำลงชัดเจนเมื่อใบมีอุณหภูมิ 45 °C ซึ่งเป็นผลจากการส่งถ่ายพลังงานของอิเล็กตรอนที่มีประสิทธิภาพลดลงในระบบการสังเคราะห์แสง *PSII* แสดงให้เห็นว่า หากใบองุ่นได้รับอุณหภูมิสูงถึง 45 °C จะส่งผลให้เกิดกระบวนการยับยั้งการสังเคราะห์แสง (photoinhibition) ขึ้น และสามารถใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาในการปรับตัวต่อสภาพอุณหภูมิสูงของพืชได้ (Yamasaki และคณะ, 2002) นอกจากนี้ อุณหภูมิใบยังส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยา Ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (*Rubisco*) และ Ribulose-1,5-bisphosphate (*RuBP*) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการตรึง $CO_2$ ของใบด้วย (Bernacchi และคณะ, 2003) ดังนั้น อุณหภูมิใบที่ระดับ 25 °C จัดเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์มากที่สุด จึงสามารถใช้ประเมินศักยภาพในการตรึงคาร์บอนและอัตราการถ่ายทอดอิเล็กตรอนได้สูงสุดในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว

### ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของใบองุ่นในฤดูกาล

ผลการประเมินประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในฤดูกาล ร่วมกับข้อมูลสภาพอากาศบริเวณแปลงทดลอง พบว่า อุณหภูมิใบองุ่น (y) มีความผันแปรตามสภาพอุณหภูมิอากาศในรอบวัน (x) และมีค่าแตกต่างกัน โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการ y= 1.0469x-1.2517 ($r^2$= 0.97) ทั้งนี้ อุณหภูมิในรอบฤดูกาลยังส่งผลให้ใบมีค่าอัตราการหายใจในที่มืดผันแปรไปในทิศทางเดียวกันตลอดฤดูกาลด้วย (Figure 4a) ดังนั้น จากปัจจัยจำกัดความผันแปรของอุณหภูมิใบและอัตราการหายใจ

ในที่มืด เมื่อนำมาประเมินร่วมกับความผันแปรของความเข้มแสงในฤดูกาล พบว่า สามารถประเมินอัตราการสังเคราะห์แสงของใบองุ่นได้สอดคล้องกับสภาพอากาศที่ผันแปร โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากช่วงต้นฤดูกาลหรือในช่วง 2 เดือนแรกหลังจากผลิใบ และเริ่มลดลงจนกระทั่งในช่วงปลายฤดูกาล (Figure 4b) ทั้งนี้ ระดับอุณหภูมิใบจะส่งผลให้ใบมีการหายใจเพิ่มสูงขึ้น และมีค่าสูงขึ้นตามสภาพอุณหภูมิของใบ ทำให้มีปริมาณการตรึงคาร์บอนสุทธิของใบลดลง (Wythers และคณะ, 2005) อย่างไรก็ตาม แม้สภาพอากาศจะเป็นปัจจัยจำกัดหลักที่จะมีผลต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในฤดูกาลขององุ่น แต่ปัจจัยอายุใบยังเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ควรนำมาร่วมพิจารณาประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในใบองุ่นด้วย

## สรุปผล

ปัจจัยจำกัดของอุณหภูมิส่งผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง และประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนต์ในใบองุ่นลดลง ที่ระดับอุณหภูมิ 30 และ 45°C ตามลำดับ แต่มีอัตราการหายใจในที่มืดเพิ่มสูงขึ้นตามระดับอุณหภูมิใบ ทั้งนี้ ใบองุ่นมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงดีที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 25°C ทำให้สามารถประเมินศักยภาพการตรึงคาร์บอนสูงสุดและอัตราการถ่ายทอดอิเล็กตรอนสูงสุดได้ จากความสัมพันธ์ของปัจจัยจำกัดของอุณหภูมิ จึงสามารถนำมาประเมินร่วมกับประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในใบองุ่นตามการผันแปรของอุณหภูมิและความเข้มแสงในช่วงฤดูกาลได้อย่างแม่นยำมากขึ้น

## คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ Mr. Feng Chun Li และครอบครัว ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้พื้นที่สวนองุ่น ขอบคุณ Dr. Wang Yi ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือทางสรีรวิทยาพืช รวมทั้งผู้มีส่วนร่วมช่วยเหลือให้งานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

Bernacchi, C.J., Pimentel, C. and Long, S.P., 2003, *In Vivo* Temperature Response Functions of Parameters Required to Model Rubp-Limited Photosynthesis. Plant Cell and Environment, 26: 1419-1430.

Lambers, H., Chapin, F.S. and Pons, T.L., 2008, Plant Physiological Ecology, 2nd edn. Springer, New York.

Thornley, J.H.M., 1998, Dynamic Model of Leaf Photosynthesis with Acclimation to Light and Nitrogen, Annals of Botany, 81: 421-430.

Wythers, K.R., Reich, P.B., Tjoelker, M.G. and Bolstad, P.B., 2005, Foliar Respiration Acclimation to Temperature and Temperature Variable Q10 Alter Ecosystem Carbon Balance, Global Change Biology, 11: 435-449.

Yamasaki, T., Yamakawa, T., Yamane, Y., Koike, H., Satoh, K. and Katoh, S., 2002, Temperature Acclimation of Photosynthesis and Related Changes in Photosystem II Electron Transport in Winter Wheat. Plant Physiology, 128: 1087-1097.

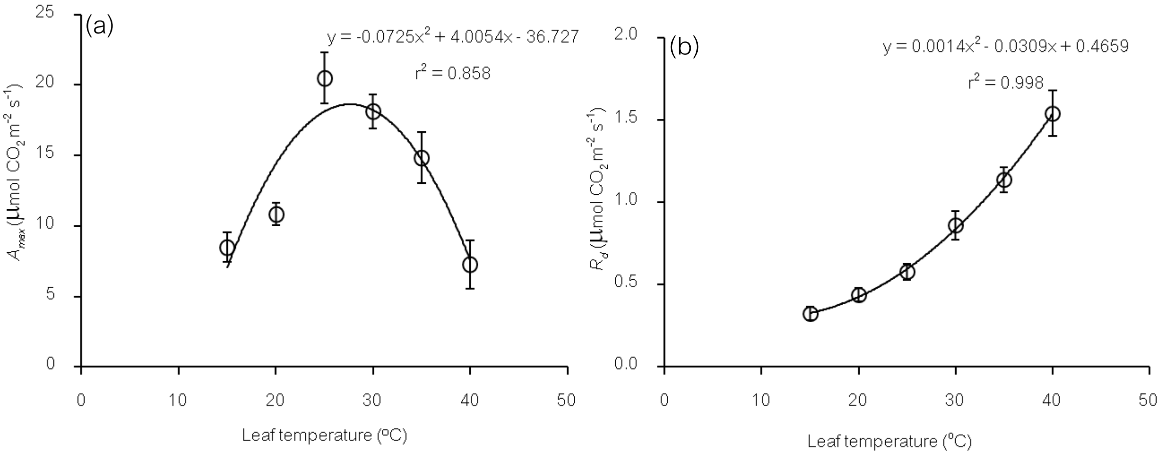



**Figure 1** Temperature response of maximum carbon assimilation rate ($A_{max}$) (a) and dark respiration ($R_d$) (b), determined from gas exchange measurements in grape leaves.

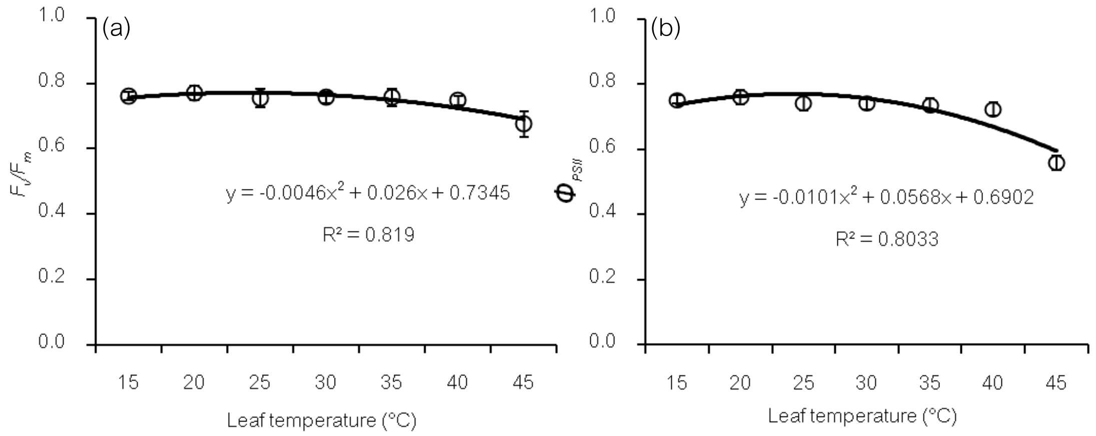



**Figure 2** Temperature response of $F_v/F_m$ (a) and $\Phi_{PSII}$ (b) determined from simultaneous measurements of chlorophyll fluorescence in grape leaves.

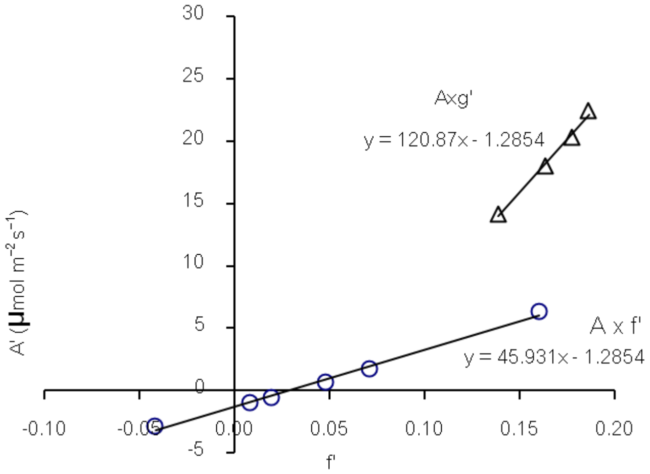



**Figure 3** The example of the adjusted carbon assimilation rate (A') plotted as a linear function of f' and g' of grape leaves at 25 °C based on *Rubisco* limited and *RuBP* limited parts of the *A/C$_i$* response curve. $V_{c,max}$ is obtained by the slope of A x f' linear function. Meanwhile, $J_{max}$ is solved from $R_d$ values in the A x g' linear function.

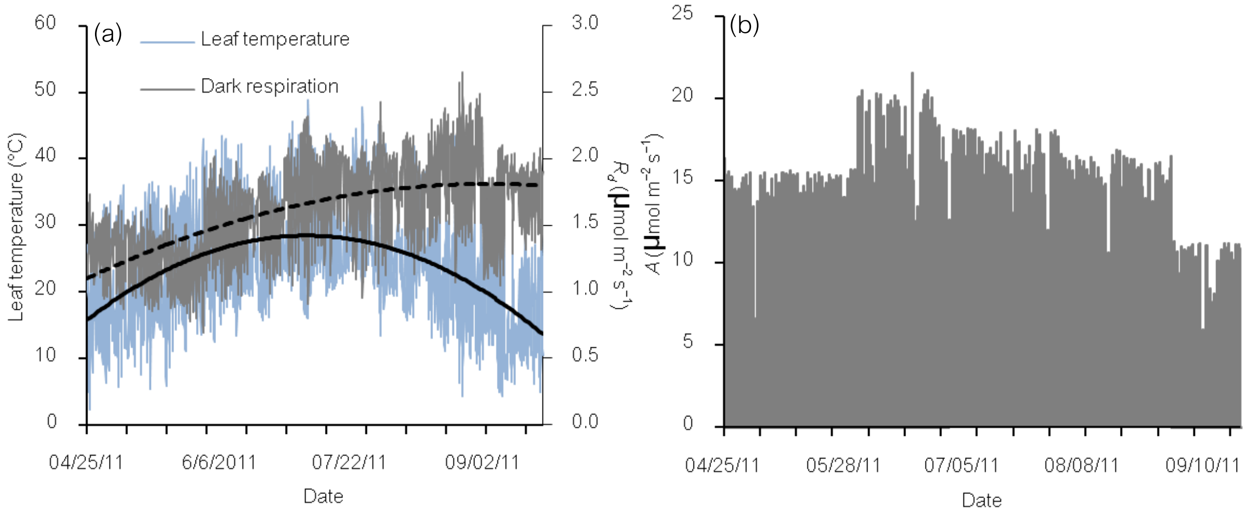



**Figure 4** Seasonal dynamics of hourly rates of leaf temperature (solid line curve), dark respiration ($R_d$) (dash line curve) (a) and carbon assimilation rate (*A*) (b) in 5-year-old vineyard site during the growing season 2011.

# ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต 1-Naphthaleneacetic acid ต่อการเจริญเติบโต และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในแคลลัสพุดซ้อน

# Effect of 1-Naphthaleneacetic Acid of Growth and Antioxidant Activity of Callus in *Gardenia jasminoides*

วรินธร จริยกิจโกศล[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ แฟรงก์ บี. มาทา[2]

Jariyakitkosol, V.[1], Kerdchoechuen, O.[1] Laohakunjit, N.[1] and Matta, F.B.[2]

## Abstract

The effect of various concentrations (0.5, 1.5 and 2.5 mg/L) of 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) on growth and appearance of callus in *Gardenia jasminoides* was investigated. It was found that the fresh biomass of *Gardenia jasminoides* callus cells was the highest in cells treated with 0.5 mg/L NAA and the calli was soft, friable, and white-yellowish in color. In addition, antioxidant and free radical scavenging activities including 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH) and 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) of *Gardenia jasminoides* cultured callus was observed. Results showed that *Gardenia jasminoides* callus cultured with 0.5 mg/L NAA had the highest antioxidant activities of 37.97 and 8.89 μmol TEAC/100 g FW as measured by DPPH and ABTS, respectively.

**Keywords:** growth regulator, antioxidant activity, *Gardenia jasminoides*, callus culture

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต 1-naphthalene acetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0.5, 1.5 และ 2.5 mg/L ต่อการเจริญเติบโต และลักษณะปรากฏของแคลลัส พบว่า NAA ทั้งสามความเข้มข้นสามารถกระตุ้นให้เกิดเซลล์แคลลัสพุดซ้อนได้ทั้งหมด โดยการใช้ความเข้มข้น 0.5 mg/L แคลลัสมีการเจริญ โดยมีน้ำหนักสดสูงสุด และมีลักษณะปรากฏ คือ สีขาวเหลือง เซลล์มีลักษณะเกาะตัวกันอย่างหลวมๆ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์โดยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH) และ 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) ของแคลลัส *Gardenia jasminoides* พบว่าแคลลัสพุดซ้อนที่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต 0.5 mg/L NAA มีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH และ ABTS สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 37.97 และ 8.89 μmol TEAC/100 g FW ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** สารควบคุมการเจริญเติบโต สารต้านอนุมูลอิสระ แคลลัสพุดซ้อน

## คำนำ

พุดซ้อน หรือ *Gardenia jasminoides* เป็นไม้ดอกเมืองร้อนและกึ่งร้อน มีกลิ่นหอม นำมาใช้เป็นไม้ดอกไม้ประดับ จัดอยู่ในอันดับ Gentianales วงศ์ Rubiaceae สกุล Gardenia (Al-Juboory และคณะ, 1998) นิยมปลูกในประเทศอเมริกาและประเทศในแถบยุโรป ส่วนใบและผลของพุดซ้อนมีสมบัติทางด้านเภสัชกรรม เช่น รักษาการระคายเคือง เจ็บคอ ช่วยขับปัสสาวะ โรคดีซ่าน และต้านเชื้อแบคทีเรย เป็นต้น นอกจากนี้พุดซ้อนมีสารสำคัญคือ crocin ที่ให้สีเหลือง มีคุณสมบัติเป็น antioxidant นำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเช่น อุตสาหกรรมอาหารเส้น อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม (Sayd และคณะ, 2010; Lim, 2014) นอกจากนี้พบสารหอมระเหยที่สำคัญในพุดซ้อน ได้แก่ α-farnesene α-*trans*-ocimene และ linalool (Chaichana และคณะ, 2009) ใช้เป็นสารให้ความหอมในชามะลิ อย่างไรก็ตามพุดซ้อนเจริญเติบโตได้ช้า และการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในแต่ฤดูกาลไม่คงที่ ดังนั้นการใช้เทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มการขยายพันธุ์ของพุดซ้อนได้มากขึ้น สามารถเพิ่มการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และให้

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University, 49 Tien-talay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, Starkville MS 39762, fmatta@pss.msstate.edu

ปริมาณสารที่คงที่ (Economou และ Spanoudaki 1985) ออกซิน (Auxin) จัดเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในพืช ช่วยในการเร่งการเจริญเติบโตของพืช ควบคุมการเจริญเติบโตของตาข้างและกิ่ง ควบคุมการเจริญของผล โดยออกซินสามารถแบ่งออกเป็น ออกซินธรรมชาติ เช่น Indoleacetic acid (IAA) และออกซินสังเคราะห์ เช่น Indolebutyric acid (IBA) 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) 2,4 -Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) เป็นต้น (ปรารถนา และคณะ)

## อุปกรณ์และวิธีการ

**1.การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของแคลลัสพุดซ้อน** นำใบพุดซ้อนมาฟอกฆ่าเชื้อด้วยเอทานอล และ NaOCl หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง นำไปเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Murashige และ Skoog culture medium (MS medium; Murashige & Skoog, 1962) ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) ที่ความเข้มข้น 0.5 1.5 และ 2.5 mg/L (Farzinebrahimi และคณะ, 2014) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 ºC ให้แสงเป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง สังเกตการเจริญเติบโตและลักษณะปรากฏของแคลลัสพุดซ้อนที่ความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ทุกๆ 7 วัน

**2.การเตรียมสารสกัดจากแคลลัสพุดซ้อน** (Sayd และคณะ, 2010) นำแคลลัสพุดซ้อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ความเข้มข้น 0.5 1.5 และ 2.5 mg/L ที่มีอายุ 28 วันมาสกัดด้วยเอทานอล นำไปเขย่าและบ่มที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการกรองและเก็บสารละลายที่ได้จากการสกัดเพื่อนำไปวิเคราะห์

**3.การวิเคราะห์ความสามารถในต้านอนุมูลอิสระ**

3.1 การวิเคราะห์ความสามารถในต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) นำสารละลายที่สกัดได้ และใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม จากนั้นเติมสารละลาย DPPH ตั้งไว้ที่มืดนาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหา % Scavenging หรือการยับยั้งอนุมูลอิสระตามสมการดังนี้

$$\% = [(\text{Abs.control} - \text{Abs.test sample}) / \text{Abs.control}] \times 100$$

Abs.control คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

Abs.test sample คือ ค่าดารดูดกลืนแสงของตัวอย่างทดสอบ

เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารตัวอย่างกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานคือ Trolox ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินอีที่มีหน่วยเป็น mM หรือเรียกว่าค่า TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) ที่แสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากัน

3.2 การวิเคราะห์ความสามารถในต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี 2, 2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline -6-sulfonic acid (ABTS)

ทำโดยเตรียมสารละลายที่สกัดได้ในหลอดทดลอง และใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม จากนั้นเติมสารละลาย ABTS ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 6 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหา % Scavenging หรือการยับยั้งอนุมูลอิสระตามสมการดังข้อ 3.1

**4.การวิเคราะห์สารหอมระเหย** นำดอกพุดซ้อนและแคลลัสพุดซ้อนที่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน มาทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธี Headspace solid-phase microextraction Gas chromatography Mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) ไฟเบอร์ที่ใช้คือ 85 μm polydimethylsiloxane fiber (PDMS) อุ่นสารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 50°C คอลัมน์ที่ใช้ DB-wax capillary (ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร หนา 0.25 ไมโครเมตร) มีแก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา condition ที่ใช้วิเคราะห์เป็น temperature program อุณหภูมิเริ่มต้น 60°C เพิ่มอุณหภูมิที่อัตรา 7 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 240°C วิเคราะห์สารหอมระเหยด้วยเครื่อง Triple-Axis detector

**5.วางแผนการทดลอง** วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันพบว่า สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ทั้งสามความเข้มข้นสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสพุดซ้อนได้ในวันที่ 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน ซึ่งมีลักษณะ สีขาวเหลือง เซลล์มีลักษณะเกาะตัวกันอย่างหลวมๆ ดัง Figure 1 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบพบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ความ

เข้มข้น 0.5 mg/L แคลลัสพุดซ้อนสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยวัดจากน้ำหนักสด (Fresh weight; FW) ดัง Figure 2 นอกจากนี้การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS โดย พบว่าทั้งสองวิธีที่สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ความเข้มข้น 0.5 mg/L มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 8.89 และ 37.97 μmol TEAC/100 g FW ตามลำดับ รองลงมาคือ สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ความเข้มข้น 1.5 และ 2.5 mg/L ดัง Table 1 สำหรับการวิเคราะห์สารหอมระเหยในดอกพุดซ้อนและแคลลัสพุดซ้อนพบว่า ดอกพุดซ้อนมีสารหอมระเหยหลักทั้งหมด 4 ชนิดได้แก่ α-farnesene methyl benzoate α-*trans*-ocimene และ α-linalool ส่วนแคลลัสพุดซ้อนทั้งสามไม่มีสารหอมระเหยหลักเหมือนกับดอกพุดซ้อน แต่มีสารหอมระเหยหลักชนิดอื่นได้แก่ ethanone 1-nonanol ethyl benzoate และ palmitic acid

## สรุปผล

สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ความเข้มข้น 0.5 mg/L มีความสามารถในการชักนำให้เกิดแคลลัสพุดซ้อนมากที่สุด มีลักษณะลักษณะ สีขาวเหลือง เซลล์มีลักษณะเกาะตัวกันอย่างหลวมๆ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ความเข้มข้น 0.5 mg/L ในการชักนำให้เกิดแคลลัสพุดซ้อนมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## เอกสารอ้างอิง

ปรารถนา จันทร์ทา พัชราพรรณ คงเพชรศักดิ์ และสุกานดา ดอกสันเทียะ, ฮอร์โมนพืช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 357.

Al-Juboory, K.H., Skirvin, R.M. and Williams, D.J., 1998, Callus Induction and Adventitious Shoot Regeneration of Gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) Leaf Explants, Scientia Horticulturae, 72: 171-178.

Sayd, S.S., Taie, H.A.A. and Taha, L.S., 2010, Micropropagation, Antioxidant Activity, Total Phenolics and Flavonoids Content of Gardenia Jasminoides Ellis as Affected by Growth Regulators, International Journal of Academic Research, 2: 184-191.

Lim, T.K., 2014, Edible Medicinal and Non Medicinal Plants, Gardenia jasninoides, T.K. Lim, Springer Science+Business Media Dordrecht, 705-729.

Chaichana, J., Niwatananun, W., Vejabhikul, S., Somna, S. and Chansakaow, S., 2009, Volatile Constituents and Biological Activities of Gardenia Jasminoides, Journal Health Research, 23: 141-145.

Economou, A.S. and Spanoudaki, M.J., 1985, *In vitro* Propagation of Gardenia, Hort Science, 20; 213.

Gamborge. O.L. and Phillips, G.C., 1995, Media Preparation and Handling. In: Plant Cell, Tissue and Organ Culture, Fundamental Methods Springer, 21.

Farzinebrahimi, R., Taha, R., Rashid, K. and Yaacob, J.S., 2014, The Effect of Various Media and Hormones via Suspension Culture on Secondary Metabolic Activities of (Cape Jasmine) *Gardenia jasminoides* Ellis, The Scientific World Journal, 2014: 1-7.

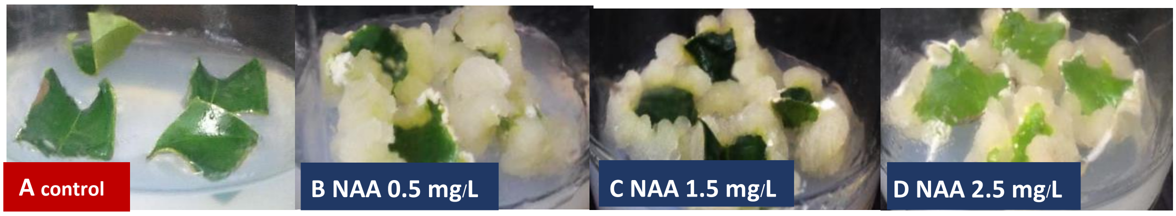



**Figure 1** Effect of 1-Napthaleneacetic acid (NAA) at various concentrations to the appearance of *Gardenia jasminoides* callus.

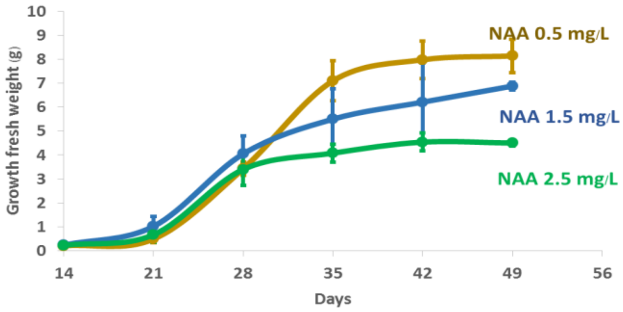



**Figure 2** Effect of 1-Napthaleneacetic acid (NAA) at various concentrations to the growth profile of *Gardenia jasminoides* callus.

**Table 1** Effect of antioxidant activity on DPPH and ABTS of *Gardenia jasminoides* callus

| concentrations of NAA | antioxidant activity (µmol TEAC/ 100 g fresh weight) | |
|---|---|---|
| (mg/L) | DPPH | ABTS |
| 0.5 | 8.89 | 37.97 |
| 1.5 | 7.53 | 32.20 |
| 2.5 | 6.29 | 31.03 |

# ผลของการย้อมสีเส้นไหมไทยจากเส้นใยเห็ดขอนแดง (*Pycnoporus cinnabarinus*)

## Dyeing Effect of Thai Silk from Mycelia of *Pycnoporus cinnabarinus*

**ไพรินทร์ กปิลานนท์[1] อรรถพร ร้อยถิ่น[1] อรุณี พ่อค้า[1] ปิติพงษ์ ปานเสน[1] และ วลัยรัตน์ จันทรวงศ์[1]**
Karpilanondh, P.[1], Roythin, A.[1], Porka, A.[1], Pansen, P.[1] and Chantarawong, W.[1]

### Abstract

*Pycnoporus cinnabarinus* is an orange-red colored wild mushroom with a dry and wooden-like texture. The aim of this research was to optimize the production of mushroom color. The potential of the color extract to be used as a natural dye for silk was also studied. The media suitable for growing the mycelium and producing red pigment were PDA and PDB supplement with 0.16% malt extract. The optimum ratio of mycelium and water extraction was 1:10. The measurement of color extract in L*, a* และ b* was 19.31±0.11, 7.55±0.09 and 23.88±0.04, respectively. The best condition for silk dying was direct dying at 60 ºC for 60 min. Starcat was the best among 7 mordants used, i.e. Salt, Alum, Tin, Iron, Chrome, Copper and StarCat, which gave darker and shiny color on dyed silk. The detection of the quality of dyed silk appeared in the levels 3 – 4, which were slightly change and discoloration. This value was acceptable according to Thai industrial standard (TISI 121).

Keywords: *Pycnoporus cinnabarinus*, silk, mordant, Thai industrial standard (TISI 121)

### บทคัดย่อ

เห็ดขอนแดง (*Pycnoporus cinnabarinus*) เป็นเห็ดป่าที่มีเนื้อเห็ดแข็งคล้ายใบไม้แห้ง รูปร่างคล้ายพัดมีสีแดงอมส้ม งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการผลิตสารสีจากเห็ดและศักยภาพในการนำสีธรรมชาตินี้มาใช้ในการย้อมเส้นไหมทดแทนการใช้สีเคมี โดยเปรียบเทียบการเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนแดงบนอาหาร PDA และอาหารเหลว PDB พบว่าอาหารที่เติม 0.16% Malt extract บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส ให้ผลการเจริญของเส้นใยเต็มผิวหน้าอาหารและมีสีแดงอมส้มเข้มที่สุด และอัตราส่วนเส้นใยเห็ดต่อน้ำที่เหมาะสมและให้สีแดงอมส้มเข้มที่สุดคือ 1:10 คุณสมบัติของค่าสี คือ L*, a* และ b* เท่ากับ 19.31±0.11, 7.55±0.09 และ 23.88±0.04 ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมต่อการย้อมเส้นไหม คือที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ย้อมโดยใช้มอร์แดนท์ 7 ชนิดคือ Salt, Alum, Tin, Iron, Chrome, Copper และ StarCat พบว่า StarCat เป็นมอร์แดนท์ที่ย้อมเส้นไหมได้สีเข้มและมันวาวมากที่สุด เส้นไหมทั้งหมดที่ย้อมมีคุณภาพความคงทนของสีต่อการซักและแสงอยู่ในระดับ 3-4 คือสีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และมีสีตกเล็กน้อย เป็นค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน มอก.121

**คำสำคัญ**: เห็ดขอนแดง เส้นไหม มอร์แดนท์ มาตรฐาน มอก.121

### คำนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมทางด้านสิ่งทอมีการนำสีย้อมสังเคราะห์มาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดยสีย้อมสังเคราะห์มีความคงทนของสีสูงกว่าสีย้อมธรรมชาติแต่ในทางกลับกันทำให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมมากขึ้นเช่นกัน (อุไรลักษณ์, 2543) สีธรรมชาติสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ โดยสามารถสกัดได้จากวัสดุที่มีอยู่มากมายตามธรรมชาติ เช่น เปลือกไม้ ใบไม้ ผล และเห็ด เป็นต้น (อุทัยวรรณ, 2555) การย้อมผ้าโดยใช้สีจากธรรมชาติพบในประเทศอินเดีย ประเทศจีน และในประเทศแถบอเมริกาใต้ เมื่อประมาณ 4,000 – 3,000 ปี ก่อนคริสตกาล ส่วนการใช้ราเป็นสีย้อมเพิ่งปรากฏเป็นรายงานเมื่อประมาณ 40 ปี (Rice และ Beebee, 2514-2515) พบว่า เส้นด้ายขนแกะติดสีจากน้ำต้มดอกเห็ดเหล่านั้น แล้วก็นำมาทดลองกับเห็ดอีกหลายชนิด จนปัจจุบันมีประมาณ 121 ชนิด สำหรับประเทศไทยมีเห็ดป่าหลากหลายชนิดทั้งรับประทานได้และรับประทานไม่ได้ มีหลากหลายสีตั้งแต่ สีขาว สีครีม สีน้ำตาล สีเหลือง สีแดง ฯลฯ

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environment Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800

เห็ดขอนแดง (*Pycnoporus cinnabarinus*) เป็นเห็ดป่าที่มีสีแดงอมส้มสะดุดตาแต่เป็นเห็ดไม่มีรายงานการนำมารับประทาน เนื่องจากเนื้อเห็ดแข็ง คล้ายใบไม้แห้ง รูปร่างคล้ายพัดสีแดงอมส้ม ซ้อนกันเป็นชั้น และเมื่อนำมาเพาะเลี้ยงเส้นใยจึงน่าจะเป็นเห็ดป่าที่นำมาพัฒนาศักยภาพให้เป็นสีย้อมเส้นไหมได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนแดง (*Pycnoporus cinnabarinus*) ให้มีสีเหมือนดอกเห็ดโดยนำมาสกัดสีและหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อเป็นแนวทางในการสกัดสีธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำหัวเชื้อเห็ดขอนแดง (*Pycnoporus cinnabarinus*) มาเพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA และ PDB โดยเติมแหล่งไนโตรเจน คือ Malt extract และ Peptone ความเข้มข้น 0.08%, 0.16%, 0.32% ตามลำดับ ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และวัดการเจริญของเส้นใย จากนั้นนำเส้นใยที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่ทำการอบและชั่งน้ำหนักแล้ว นำเส้นใยเห็ดขอนแดงที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว มากรองด้วยชุดกรองสุญญากาศ ล้างเส้นใยเห็ดขอนแดงด้วยน้ำกลั่น ชั่งน้ำหนักเปียกก่อนอบ นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักแห้งหลังอบ จากนั้นหาอัตราส่วนของเส้นใยเห็ด ต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสม โดยนำเส้นใยที่เลี้ยงได้น้ำหนัก 1 กรัม ต่อน้ำกลั่นบริสุทธิ์ 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิลิตร นำมาสกัดที่อุณหภูมิห้อง (แช่น้ำ) เป็นเวลา 30 นาที กรองเส้นใยออกผ่านผ้าขาวบาง เพื่อให้ได้สีย้อมจากเส้นใยเห็ดขอนแดง แล้วนำไปตรวจสอบสารสีของสารละลายที่สกัดจากเห็ดขอนแดงด้วยวิธี Paper Chromatography และวัดค่าสีของแต่ละอัตราส่วน หลังจากนั้นหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการย้อมเส้นไหม คือที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที ย้อมโดยใช้มอร์แดนท์ 7 ชนิดคือ Salt, Alum, Tin, Iron, Chrome, Copper (อุทัยวรรณ, 2555) และ StarCat (สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ) และทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและแสง ตามมาตรฐาน มอก.121

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนแดงบน วุ้นอาหาร PDA และอาหารเหลว PDB ที่มีการเติมแหล่งไนโตรเจน 2 ชนิด คือ Malt extract และ Peptone ความเข้มข้น 0.08%, 0.16% และ 0.32% บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าสูตรอาหาร PDA เติม 0.16% Malt extract และ PDB เติม 0.16% Malt extract เส้นใยจะเจริญเต็มผิวหน้าอาหารและเส้นใยมีสีแดงอมส้มเข้มที่สุด (Figure 1) มากกว่าอาหารสูตรอื่น ยกเว้น PDB เติม 0.32% Peptone การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของอาหารเหลว พบว่ามีแนวโน้มลดลงจาก pH เริ่มต้น เท่ากับ 5-6.5 เหลือ pH สุดท้าย เท่ากับ 4.5-5.5

การตรวจสอบสารสีด้วยวิธีโครมาโทกราฟฟีแบบกระดาษ เพื่อแยกองค์ประกอบของสารสีที่สกัดจากเส้นใยเห็ดขอนแดง พบว่าจะแยกสารได้ 1 แถบ ที่มีค่า $R_f$ เท่ากับ 0.98±0.01 พบว่าเป็นสารสีประเภทแคโรทีนอยด์ อัตราส่วนเส้นใยเห็ดต่อน้ำที่เหมาะสมและให้เฉดสีที่เข้มที่สุดคือ 1:10 วัดค่าสีตามวิธีของ Hunter Lab พบว่ามีคุณสมบัติของค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 19.31±0.11$^{e}$, 7.55±0.09$^{a}$ และ 23.88±0.04$^{a}$ ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งมีลักษณะสีแดงอมส้ม

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการย้อมเส้นไหม พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที มอร์แดนท์ที่ย้อมเส้นไหมได้สีเข้มและมันวาว คือ StarCat (Figure 2) ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและแสง Control และ Salt ให้สีที่มีคุณภาพความคงทนของสีต่อการซักเทียบเท่ากับ StarCat คือมีค่าระดับ 4 เท่ากัน (Table 2) และมอร์แดนท์ อื่นที่เป็นสารเคมีทุกชนิดใช้ในปริมาตร 10,000 ppm (อุทัยวรรณ, 2555) ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานฉลากสิ่งแวดล้อมของสหภาพยุโรป (EU flower) ระบุความเข้มข้นของสารเคมีไว้ (ศรันยา, 2555) จึงส่งผลทำให้มีความคงทนของสีต่อการซักที่ดี ถ้ามีปริมาณความเข้มข้นน้อยกว่านี้อาจจะมีค่าความคงทนของสีต่อการซักน้อยกว่าใน Control และ Salt

## สรุปผล

เส้นใยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว PDB สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการย้อมเส้นไหมไทยได้โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมของเส้นใย : น้ำ คือ 1:10 โดยสภาวะที่เหมาะสมคือ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที พบว่า StarCat เป็นมอร์แดนท์ที่ให้สีมันวาวมากที่สุด และผลการทดสอบมีความคงทนของสีต่อการซักและแสงเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 121

**คำขอบคุณ**

ขอขอบคุณ อ.อัจฉรา พยัพพานนท์ ที่กรุณาอนุเคราะห์ หัวเชื้อเห็ดขอนแดง (*Pycnoporus cinnabarinus*) สำหรับงานวิจัย

**เอกสารอ้างอิง**

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสิ่งทอ วิธีการทดสอบสิ่งทอ : ความคงทนของสี (มอก.121 เล่ม 3), สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ

ศรันยา เกษมบุญญากร, 2555, บทความเกี่ยวกับสีธรรมชาติ : ความเคลื่อนไหวของสิ่งทอเชิงอนุรักษ์, ภาควิชาคหกรรมศาสตร์,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุทัยวรรณ แสงวณิช, 2555, การใช้เห็ดย้อมเส้นด้ายขนแกะและเส้นไหม, วารสารเห็ดไทย (ก.ค. – ธ.ค. 55), หน้า 14-19.

Rice, M. and Beebee, D., 1980, Mushroom for Color, Mad River Press, Inc., Eureka, California, 145 p.

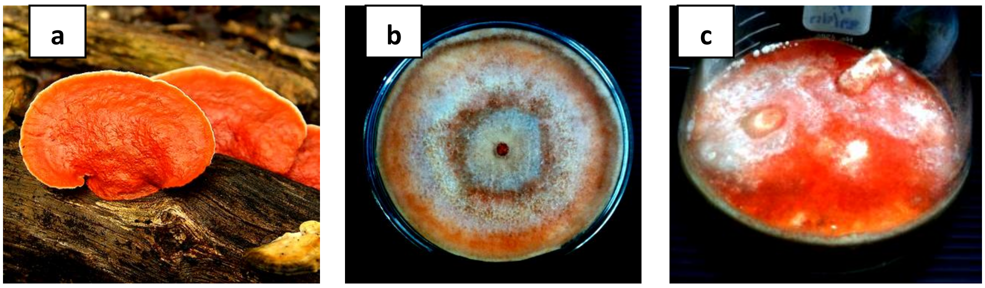
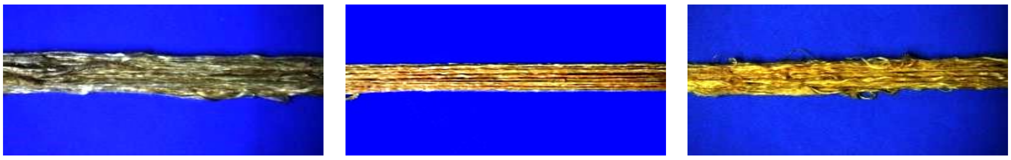



Figure 1 *Pycnoporus cinnabarinus* fruiting body (a) on PDA mixed with 0.16% malt extract (b) and on PDB mixed with 0.16% malt extract (c)



Control Salt StarCat

Figure 2 Thai silk dyeing at 90 ºC, 60 minutes

Table 1 L*' a* and b* values of dyes in various mycelium solutions

| Ratio of mycelium : water (g/ml) | Color characters | | |
|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* |
| 1:10 | $19.31\pm0.11^{e}$ | $7.55\pm0.09^{a}$ | $23.88\pm0.04^{a}$ |
| 1:20 | $21.48\pm0.04^{d}$ | $1.55\pm0.07^{b}$ | $17.25\pm0.10^{b}$ |
| 1:30 | $22.38\pm0.07^{c}$ | $0.62\pm0.04^{c}$ | $13.48\pm0.10^{c}$ |
| 1:40 | $22.92\pm0.03^{b}$ | $-0.67\pm0.03^{d}$ | $7.72\pm0.11^{d}$ |
| 1:50 | $24.49\pm0.04^{a}$ | $-1.60\pm0.05^{e}$ | $3.29\pm0.06^{e}$ |

Mean±S.D. in the same column with different superscripts are significantly different ($p<0.05$)

**Table 2** Color fastness to washing (ISO 105-C10 : 2006 (E) METHOD A(1))

| Mordant | Color fastness | | |
|---|---|---|---|
| | Color change (level) | Staining (level) | |
| | | COTTON | SILK |
| Control | 3-4 | 4 | 4 |
| Salt | 3-4 | 4 | 4 |
| Alum | 3-4 | 4 | 4 |
| Tin | 3 | 4 | 4 |
| Iron | 3 | 4 | 4 |
| Chrome | 3-4 | 4-5 | 4-5 |
| Copper | 3-4 | 4 | 4 |
| StarCat | 3-4 | 4 | 4 |

# ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชบางชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria sp.* สาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว

## Efficacy of Some Plant Crude Extracts on Inhibition of *Alternaria sp.*, the Pathogen of Dirty Panicle Disease in Rice

**ศานิต สวัสดิกาญจน์**[1]
Sawatdikarn, S.[1]


### Abstract

Antifungal activity of the ethanolic crude extracts from twelve plants namely; American weed (*Synedrella nodiflora*), lesser reedmace (*Typha angustifolia*), Siam weed (*Eupatorium odoratum*), sorghum (*Sorghum bicolor*), ray grass (*Leptochloa chinensis*), safflower (*Carthamus tinctorius*), chilli (*Capsicum frutescens*), garlic (*Allium sativum*), shallot (*A. ascolonicum*), betle leaf (*Piper betle*), lemon grass (*Cymbopogon citratus*) and citronella grass (*C. nardu*s) were tested against *Alternaria sp.* (the pathogen of dirty panicle disease in rice) by poisonous food technique at 0, 1,000, 2,500, 5,000, 7,000 and 10,000 ppm. The inhibition of mycelial growth and spore germination were evaluated. The results showed that the betle leaf crude extracts at 2,500 ppm, the citronella grass crude extracts at 7,500 ppm and the lemon grass and garlic crude extracts at 10,000 ppm showed the highest inhibition of mycelial growth at 100% whereas, the ray grass and safflower crude extracts at 10,000 ppm had the inhibition at 62 and 67%, respectively. For inhibition of spore germination, the betle leaf crude extracts at 1,000 ppm, the American weed, sorghum, ray grass and safflower crude extracts at 2,500 ppm, the citronella grass crude extracts at 7,500 ppm and lemon grass crude extracts at 10,000 ppm reached the highest inhibition of spore germination at 100% whereas, the Siam weed and lesser reedmace crude extracts at 10,000 ppm had the inhibition at 20 and 70%, respectively.


**Keywords:** plant crude extracts, *Alternaria sp.*, dirty panicle disease in rice


### บทคัดย่อ

การยับยั้งการเจริญของเชื้อราของสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลจากพืช 12 ชนิด คือ ผักแครด (*Synedrella nodiflora*) ธูปฤาษี (*Typha angustifolia*) สาบเสือ (*Eupatorium odoratum*) ข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolor*) หญ้าดอกขาว (*Leptochloa chinensis*) คำฝอย (*Cathamus tinctorius*) พริก (*Capsicum frutescens*) กระเทียม (*Allium sativum*) หอมแดง (*A. ascolonicum*) พลู (*Piper betle*) ตะไคร้ (*Cymbopogon citratus*) และตะไคร้หอม (*C. nardus*) ที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *Alternaria sp.* สาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว ด้วยวิธี poisonous food technique ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1,000, 2,500, 5,000, 7,000 และ 10,000 ppm พบว่า สารสกัดจากพลู ความเข้มข้น 2,500 ppm สารสกัดจากตะไคร้หอม ความเข้มข้น 7,500ppm และสารสกัดจากตะไคร้และกระเทียม ความเข้มข้น 10,000ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100% ส่วนสารสกัดจากหญ้าดอกขาวและคำฝอย ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 62 และ 67% ตามลำดับ สำหรับการทดสอบการยับยั้งการงอกของสปอร์ พบว่า สารสกัดจากพลู ความเข้มข้น 1,000 ppm สารสกัดจากผักแครด ข้าวฟ่าง หญ้าดอกขาว และคำฝอย ความเข้มข้น 2,500 ppm สารสกัดจากตะไคร้หอม ความเข้มข้น 7,500 ppm และสารสกัดจากตะไคร้ ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100% ส่วนสารสกัดจากสาบเสือและธูปฤาษี ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 20 และ 70% ตามลำดับ


**คำสำคัญ:** สารสกัดหยาบจากพืช *Alternaria sp.* โรคเมล็ดด่างของข้าว

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000

## คำนำ

โรคเมล็ดด่างเป็นโรคที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของข้าว (Abdelmonem, 2000) การควบคุมโรคเมล็ดด่างมีหลายวิธี สำหรับวิธีที่นิยมมากวิธีหนึ่งคือ การใช้สารเคมี ซึ่งวิธีนี้ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม (Sawatdikarn, 2011) จึงได้มีผู้ศึกษาการนำวิธีทางชีวิภาพมาใช้ในการควบคุมโรคเมล็ดด่าง ซึ่งสามารถลดการใช้สารเคมีให้น้อยลง เช่น การใช้สารสกัดจากพืชวงศ์ขิงบางชนิดในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว เช่น กระชาย ขมิ้นชัน ขิง ข่า ไพล และเร่วหอม สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Curvularia* sp. (Sawatdikarn, 2011) การใช้ชีววิธีในการควบคุมโรคเมล็ดด่างมีความเป็นไปได้และมีประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ การนำสารสกัดจากพืชบางชนิดซึ่งเป็นพืชที่มีศักยภาพมาใช้ในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าวสามารถดำเนินการได้ สำหรับการควบคุมโรคเมล็ดด่างข้าวโดยใช้สารสกัดจากพืช 12 ชนิดในการศึกษานี้มีอยู่น้อย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาสารสกัดจากพืชสมุนไพรชนิดอื่น เช่น พืชวงศ์ขิง (Sawatdikarn, 2011) การทดลองนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 12 ชนิดในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Alternaria sp.* เพื่อให้การควบคุมโรคเมล็ดด่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ 1) การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืช 12 ชนิด คือ ผักแครด ธูปฤาษี สาบเสือ ข้าวฟ่าง หญ้าดอกขาว คำฝอย พริก กระเทียม หอมแดง พลู ตะไคร้ และตะไคร้หอม ที่สกัดด้วยเอทานอลต่อการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *Alternaria sp.* ทดสอบด้วยวิธี poisonous food technique ที่ระดับความเข้มข้น 1,000, 2,500, 5,000, 7,000 และ 10,000 ppm สำหรับชุดเปรียบเทียบไม่ผสมสารสกัดจากพืช ทำการตรวจผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีที่เจริญและนำค่าที่ได้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใย และ 2) การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืช 12 ชนิด คือ ผักแครด ธูปฤาษี สาบเสือ ข้าวฟ่าง หญ้าดอกขาว คำฝอย พริก กระเทียม หอมแดง พลู ตะไคร้ และตะไคร้หอม ที่มีผลต่อการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Alternaria sp.* นำสารสกัดจากพืชทั้ง 12 ชนิดผสมใส่ในอาหาร PDA ที่ระดับความเข้มข้น 1,000, 2,500, 5,000, 7,000 และ 10,000 และชุดเปรียบเทียบไม่ผสมสารสกัดจากพืช บันทึกผลการงอกของสปอร์และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**การทดสอบการยับยั้งการเจริญของเส้นใย**

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชจากพืช 12 ชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อ *Alternaria sp.* เชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างของข้าว พบว่า พืชที่นำมาทดสอบทุกชนิดที่ความเข้มข้น 1,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยอยู่ระหว่าง 11-100% (Table 1) การให้สารสกัดมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเพิ่มขึ้น และสารสกัดมีผลในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100% ของสารสกัดจากพืช จำนวน 2 ชนิด คือ สารสกัดจากพลู ความเข้มข้น 2,500 ppm สารสกัดจากตะไคร้หอม ความเข้มข้น 7,500 ppm และสารสกัดจากตะไคร้และกระเทียม ความเข้มข้น 10,000 ppm จากการศึกษานี้พบว่า สารสกัดจากพืช 4 ชนิด คือ พลู ตะไคร้ ตะไคร้หอม และกระเทียมให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Alternaria sp.* ได้ เช่นเดียวกันกับการใช้สารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิดในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช เช่น การใช้สารสกัดจากพลูในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในจีนัส Aspergillus 4 ชนิด คือ *Aspergillus flavus, A. niger, A. fumigatus* และ *A. paraciticus* (Ali และคณะ, 2010) และ การใช้สารสกัดจากตะไคร้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. fumigatus* (Bansod และ Rai, 2008) และการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากตะไคร้หอม ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์บางประการ เช่น ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยและผนังของเส้นใยมีขนาดลดลง มีผลต่อเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการ wall synthesis ทำให้เกิดกระบวนการ plasmamembrane disruption และทำให้โครงสร้างของไมโตคอนเดรียถูกทำลายและสูญเสียโครงสร้าง (Billerbeck และคณะ, 2001)

**การทดสอบการยับยั้งการงอกของสปอร์**

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชจากพืชจำนวน 12 ชนิดต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Alternaria sp.* พบว่า สารสกัดจากพลู ความเข้มข้น 1,000 ppm สารสกัดจากผักแครด ข้าวฟ่าง หญ้าดอกขาว และคำฝอย ความเข้มข้น 2,500 ppm สารสกัดจากตะไคร้หอม ความเข้มข้น 7,500 ppm และสารสกัดจากตะไคร้ ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100% ส่วนสารสกัดจากสาบเสือและธูปฤาษี ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 20 และ 70% ตามลำดับ การใช้สารสกัดจากตะไคร้ให้ผลในการยับยั้งการงอก

ของสปอร์ของเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดด่างได้เพิ่มขึ้นเมื่อใช้สารที่มีความเข้มข้นเพิ่ม เช่นเดียวกันกับ การทดสอบของ Velluti และคณะ (2004) และการทดสอบของ Bansod และ Rai (2008)

การใช้สารสกัดจากพลูมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเจริญของเส้นใย (100%) และการงอกของสปอร์ (100%) ของเชื้อ *Alternaria sp.* (Table 1-2) ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์ได้ที่ความเข้มข้นต่ำ ทำให้ไม่ต้องใช้สารสกัดในปริมาณสูง ทั้งนี้อาจเป็นพลูมีฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria sp.* ได้รวมทั้ง จุลินทรีย์บางชนิด เนื่องจากในใบของพลูมีพฤกษเคมีอยู่หลายชนิด เช่น eugenol (Jantan และคณะ, 1994) hydroxychavical (Yang และ Chou, 1997) allyipyrocatechol (Ramiji และคณะ, 2002) และ hydroxychavical (Nalina และคณะ, 2007) ซึ่งพฤกษเคมีเหล่านี้มีรายงานว่ามีคุณสมบัติในการการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Alternaria sp.* ควรเลือกใช้สารสกัดจากพลู ตั้งแต่ความเข้มข้น 2,500 ppm ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ 100%

## สรุปผล

สารสกัดจากพลู ความเข้มข้น 2,500 ppm สารสกัดจากตะไคร้หอม ความเข้มข้น 7,500 ppm และสารสกัดจากตะไคร้และกระเทียม ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100% ส่วนสารสกัดจากหญ้าดอกขาวและคำฝอย ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 62 และ 67% ตามลำดับ สำหรับการทดสอบการยับยั้งการงอกของสปอร์ พบว่า สารสกัดจากพลู ความเข้มข้น 1,000 ppm สารสกัดจากผักแครด ข้าวฟ่าง หญ้าดอกขาว และคำฝอย ความเข้มข้น 2,500 ppm สารสกัดจากตะไคร้หอม ความเข้มข้น 7,500 ppm และสารสกัดจากตะไคร้ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100% ส่วนสารสกัดจากสาบเสือและธูปฤาษี ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 20 และ 70% ตามลำดับ

## เอกสารอ้างอิง


Abdelmonem, A.M., 2000, Status of Seed Pathology and Seed Health Testing in Egypt, Seed Science and Technology, 28: 533-547.

Ali, I., Khan, F.G., Suri, K.A., Gupta, B.D., Satti, N.N., Dutt, P., Afrin, F., Qazi, G.N., and Khan, I.A., 2010, In vitro Antifungal Activity of Hydroxychavical Isolated from *Piper Betle* L., Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials, 9: 7-15.

Bansod, S. and Rai, M., 2008, Antifungal Activity of Essential Oils from Indian Medicinal Plants against Human Pathogenic: *Aspergillus fumigatus* and *A. niger*, World Journal of Medical Science, 3: 81-88.

Billerbeck, V.G.D., Roques, C.G., Manes, J.M., Fonvieille, J.L. and Dargent, R., 2001, Effects of *Cymbopogon nardus* (L.) W. Watson Essential Oil on the Growth and Morphogenesis of *Aspergillus niger*, Canadian Journal Microbiology, 47: 9-17.

Jantan, I.B., Ahamad, A.R., Ahamad, A.S. and Ai, N.A.M., 1994, A Comparation Study of the Essential Oils of Five Piper Species from Penisular Malaysia, Flavour and Fragance Journal, 9(6): 339-342.

Nalina, T. and Rahim, Z.H.A., 2007, The Crude Adeques Extract of *Piper Betle* L. and its Antibacterial Effect Towards *Streptococcus mutans*, Annual Journal Biotechnology Biochemistry, 3: 10-15.

Ramiji, N., Ramiji, N., Lyer, R. and Chandrasakaran, S., 2002, Phenolic Compound from *Piper Betle* in the Prevention of Halilosia, Journal Ethnopharmacol, 83: 149-152.

Sawatdikarn, S., 2011, Antifungal Activity of Twenty-four Medicinal Crude Extracts against *Curvularia* sp., The pathogen of dirty panicle disease in rice, The 37$^{th}$ Congress on Science and Technology of Thailand, p 1-8.

Velluti, A., Marin, S., Gonzalez, P., Ramos, A.J. and Sanchis, V., 2004, Initial Screening for Inhibitory Activity of Essential Oils on Growth of *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum* and *F. graminearum* on Maize-based Agar Media, Food Microbiology, 21: 649-656.

Yang, J. and Chou, C., 1997, Antimicrobial Activity of Various Sovent Extracts of Betal Liquid Ingredient, Chemical Abstracts, 128.

**Table 1** Inhibition degree of mycelial growth of *Alternaria sp.* at different concentration of twelve plant crude extracts

| Plant crude extracts | Concentration (ppm) of plant crude extracts | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1,000 | 2,500 | 5,000 | 7,500 | 10,000 |
| American weed | 25 | 42 | 53 | 55 | 56 |
| Lesser reedmace | 37 | 51 | 57 | 60 | 68 |
| Siam weed | 40 | 45 | 60 | 69 | 71 |
| Sorghum | 40 | 41 | 51 | 53 | 58 |
| Ray grass | 11 | 42 | 47 | 51 | 62 |
| Safflower | 28 | 31 | 45 | 59 | 67 |
| Chilli | 43 | 48 | 53 | 56 | 66 |
| Garlic | 26 | 43 | 57 | 67 | 100 |
| Shallot | 33 | 44 | 60 | 70 | 71 |
| Betle leaf | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Lemon grass | 53 | 62 | 72 | 82 | 100 |
| Citronella grass | 62 | 70 | 81 | 100 | 100 |

**Table 2** Inhibition degree of spore germination of *Alternaria sp.* at different concentration of twelve plant crude extracts

| Plant crude extracts | Concentration (ppm) of plant crude extracts | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1,000 | 2,500 | 5,000 | 7,500 | 10,000 |
| American weed | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Lesser reedmace | 0 | 50 | 55 | 65 | 70 |
| Siam weed | 0 | 0 | 0 | 10 | 20 |
| Sorghum | 80 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Ray grass | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Safflower | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Chilli | 0 | 50 | 55 | 70 | 79 |
| Garlic | 0 | 55 | 60 | 75 | 80 |
| Shallot | 0 | 0 | 65 | 75 | 85 |
| Betle leaf | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Lemon grass | 20 | 50 | 65 | 80 | 100 |
| Citronella grass | 40 | 60 | 80 | 100 | 100 |

# การสกัดสารแคปไซซินจากพริกโดยกระบวนการหมักด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* และการใช้ประโยชน์ในการกำจัดมอดข้าวสาร

# Capsaicin Extraction from Chili by *Saccharomyces cerevisiae* Fermentation and Its Application for Control Rice Weevil

**กิตติ เมืองตุ้ม**[1]
Mueangtoom, K.[1]

## Abstract

The aim of this research was to study three crude capsaicin extraction methods on local chili in the Uttaradit province. Four kinds of chili (*Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum annuum* var. *acuminatum* and *Capsicum annuum* var. *annuum*) were studied by using three difference extraction methods. Dried chili of 5 g was treated with 10% acetone immersion, 10% ethanol immersion or *Saccharomyces cerevisiae* fermentation. After capsaicin analysis by UV-Vis Spectrophotometer, it was found all extraction methods showed capsaicin quantity which did not differ significantly. However, capsaicin from *Capsicum annuum* var. *acuminatum* contained a maximum of 23 x $10^{-4}$ grams, followed by *Capsicum annuum* at 8 x $10^{-4}$ grams. Capsaicin extract from *Capsicum annuum* var. *acuminatum* fermentation were dried at 100°C in rice keeping cambers with rice weevil. Result showed that the mortality rate of rice weevil and the atrophy rate of rice weevil eggs were 100%. Therefore, capsaicin extract can be used for bio-control of rice weevil in rice chambers after postharvest for safely to use.

**Keywords:** capsaicin, extraction, chili, rice weevil

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดสารแคปไซซิน และเปรียบเทียบปริมาณสารแคปไซซินอย่างหยาบจากพริกในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ พริกหยวก พริกชี้ฟ้า พริกขี้หนูใหญ่ และพริกขี้หนูเล็ก และการใช้ประโยชน์ในการกำจัดมอดข้าวสาร นำพริกชนิดละ 5 กรัมน้ำหนักแห้ง มาสกัดด้วย 3 วิธี คือ การแช่ในอะซีโตน 10% การแช่ในเอทานอล 10% และการหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เมื่อวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินด้วยวิธี UV-Vis Spectrophotometer พบว่าจากการสกัดทั้ง 3 วิธี ได้ปริมาณแคปไซซินที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะพริกหยวกมีปริมาณแคปไซซินสูงสุดที่ 23 x $10^{-4}$ กรัม รองลงมาคือ พริกขี้หนูใหญ่ที่ 8 x $10^{-4}$ กรัม เมื่อนำสารสกัดที่ได้จากการหมักมาทำการอบแห้ง และอบที่ 100 องศาเซลเซียส ในกล่องเก็บข้าวสารที่มีมอด พบว่ามีอัตราการตายของมอด และอัตราการฝ่อของไข่มอด 100% ดังนั้นสารชีวภัณฑ์จากพริกด้วยกระบวนการหมัก สามารถกำจัดมอดข้าวสารได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

**คำสำคัญ**: แคปไซซิน การสกัด พริก มอดข้าวสาร

## คำนำ

พริกสามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้มากมายเนื่องจากมีสารแคปไซซิน (capsaicin; $C_{18}H_{27}NO_3$) ที่มีประสิทธิภาพในการทำลายเซลล์ประสาทของแมลง (Flagan และ Leadbetter, 2006) ช่วยบรรเทาอาการไข้หวัด ช่วยให้ระบบการหายใจสะดวกสบายยิ่งขึ้น สารแคปไซซินที่อยู่ในพริกมีคุณสมบัติช่วยลดน้ำมูกหรือลดปริมาณสารที่ขัดขวางระบบการหายใจ ในผู้ป่วยที่เป็นไข้หวัด ไซนัส หรือโรคภูมิแพ้ต่างๆ ช่วยลดการอุดตันของเส้นเลือด หรือการเสียชีวิตอันเนื่องมาจากเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงสมองอุดตัน แต่การสกัดสารแคปไซซิน ยังเป็นสิ่งที่ใช้สารเคมีที่เป็นพิษ แต่การสกัดแคปไซซินเพื่อการใช้ประโยชน์ยังต้องใช้กรรมวิธีที่ซับซ้อน และแคปไซวินบริสุทธิ์มีราคาสูง (กรองแก้ว และวุฒิชัย, 2535)

[1] หลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 53000
[1] Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Uttaradiy Rajabhat University, Mueang, Uttaradit Province, 53000

จากฐานภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีการนำพริกแห้งมาใช้ในการกำจัดมอดในถังข้าวสาร (มิณฑกานต์, 2551) ซึ่งมอดข้าวสารเป็นแมลงศัตรูธัญพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งของข้าวสารที่ส่งผลกระทบในการเก็บรักษาข้าวสารเพื่อบริโภคและรอจำหน่าย ซึ่งหากมีการระบาดของมอดข้าวสารอย่างรุนแรงก็อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายของข้าวสารเป็นอย่างมาก (ชุมพล, 2553) ทำให้มีการวิจัยการแก้ปัญหาในการทำลายไข่มอดข้าวสารในข้าวสารด้วยวิธีการใช้คลื่นไมโครเวฟ พบว่าการให้ความร้อนกับข้าวสารจากคลื่นไมโครเวฟทำให้การทำลายไข่มอดข้าวสาร มีผลทำให้ไข่มอดข้าวสารถูกทำลายได้เป็นส่วนมากและสมบูรณ์ แต่มีผลกระทบต่อข้าวสารทำให้เกิดการแตกหักของข้าวสารไปบางส่วนมากพอสมควรเนื่องจากถูกความร้อนจากกำลังคลื่นไมโครเวฟและเวลาในการให้ความร้อน (พูนพัฒน์ และคณะ, 2553)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาการสกัดสารแคปไซซิน จากกระบวนการหมัก ด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เพื่อใช้เอทานอลที่เกิดจากกระบวนการผลิตเป็นตัวสกัดสารแคปไซซิน และศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักพริกในการรมควันเพื่อการกำจัดมอดข้าวสาร โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการสกัดสารแคปไซซินจากพริกด้วยสารเคมี และกระบวนการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* และศึกษาปริมาณสารแคปไซซินในพริกท้องถิ่นจังหวัดอุตรดิตถ์เพื่อการประยุกต์ใช้โดยศึกษาประสิทธิภาพและรูปแบบการใช้พริกแห้งต่ออัตราการตายของมอดข้าวสาร

## อุปกรณ์และวิธีการ

การทำวิจัยแบ่งเป็น 2 ตอน คือ การสกัดสารแคปไซซินจากพริกด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับน้ำหมักพริกด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* และศึกษาการใช้สารสกัดแคปไซซินจากพริกในการรมควันข้าวสารเพื่อกำจัดมอดข้าวสาร

การสกัดสารแคปไซซินจากพริกด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด ซึ่งพริกที่ใช้ในการศึกษา คือพริกในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ พริกหยวก พริกชี้ฟ้า พริกขี้หนูใหญ่ และพริกขี้หนูเล็ก โดยนำพริกแต่ละชนิดมาทำการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำพริกที่อบมาทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด จากนั้นทำการชั่งผงพริกทุกชนิด ชนิดละ 5 กรัม แช่ในตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ 10% อะซีโตน และ 10% เอทานอล โดยใช้ตัวทำละลายปริมาตร 95 มิลลิลิตร ทำการบ่มที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้สภาวะไม่มีแสงสว่างรบกวน โดยการใช้กระดาษอลูมิเนียมฟรอยด์ห่อหุ้มขวดให้สนิท แล้วบ่มทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นกรองโดยใช้ผ้าขาวบาง นำสารละลายที่ได้เก็บในตู้แช่เย็น 2-4 องศาเซลเซียสเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป (Davis และคณะ, 2007)

การสกัดสารแคปไซซินโดยวิธีการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* โดยการใช้พริกแต่ละชนิดอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก 5 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 95 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลกลูโคส 20 กรัม แล้วนำสารละลายไปทำการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ เป็นเวลา 15 นาที เมื่อสารละลายเย็นลง เติมยีสต์ *S. cerevisiae* ชนิดผง 5 กรัม บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน นำน้ำหมักที่ได้ไปทำการปั่นเหวี่ยงที่ 6,000 rpm เพื่อตกตะกอนพริกและเซลล์ยีสต์ นำส่วนใสที่ได้เก็บในตู้แช่เย็น 2-4 องศาเซลเซียสเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซินด้วยเครื่อง uv-vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 203 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานสารแคปไซซินบริสุทธิ์ของตัวทำละลายแต่ละชนิด (Davis และคณะ, 2007)

การประยุกต์ใช้แคปไซซินที่สกัดได้ในการรมควันข้าวสารเพื่อกำจัดมอดข้าวสาร นำมอดข้าวสารตัวเต็มวัย ใส่กระปุกพลาสติกเลี้ยงแมลงขนาดของกระปุก มีความสูง 10 เซนติเมตร ความกว้าง 5.5 เซนติเมตร จำนวนกระปุกละ 5 ตัว จากนั้นใส่ข้าวสาร 100 กรัมต่อกระปุก ที่ผ่านการรมควันด้วยสารสกัดพริกแห้งรูปแบบต่างๆ (ทำการทดลองจำนวนรูปแบบละ 3 ซ้ำ) โดยมีรูปแบบของสารรมควัน คือ พริกแห้งไม่บด พริกแห้งบดละเอียด แคปไซซินสกัดด้วยอะซีโตน แคปไซซินสกัดด้วยเอทานอล แคปไซซินจากการหมักด้วย *S.cerevisiae* และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการรมควัน โดยการรมควันคือการนำสารที่ต้องการรมควันมาเผาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในระบบปิด และต่อท่อส่งควันไปที่กล่องเก็บข้าวสารเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำข้าวสารไปผ่านการเป่าลมร้อน 40 องศาเซลเซียส เพื่อการไล่ความชื้น ก่อนนำไปใส่ในกระปุกที่มีมอดข้าวสาร โดยทำการรมควันข้าวเปลือกในลักษณะเดียวกัน จากการนำข้าวเปลือกที่ใช้เป็นอาหารเลี้ยงมอดข้าวสารในห้องปฏิบัติการ นำมารมควันและเก็บไว้ในกระปุกเป็นเวลา 1 เดือน สังเกตตัวอ่อนของมอดที่เจริญเติบโต ในการศึกษาผลของการรมควันต่อการฝ่อของไข่มอดในข้าวเปลือก(Flagan และ Leadbetter, 2006)

อัตราการตายของมอดคำนวณจากจำนวนมอดที่ตายในการเก็บข้อมูลแต่ละวัน เป็นเวลา 5 วัน และอัตราการฝ่อของไข่ จากการเจริญของตัวอ่อนมอดในการเก็บข้อมูลทุกวันเป็นเวลา 30 วัน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสกัดสารแคปไซซินจากพริกในท้องถิ่นจังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 4 ชนิด พบว่าตัวทำละลายที่ดีที่สุด คือ อะซีโตน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกรองแก้วและวุฒิชัย (2535) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Table 1) ดังนั้นเมื่อผ่านกระบวนการหมักพบว่า พริกท้องถิ่นสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* ได้ทุกชนิด และทำให้ได้ปริมาณเอทานอล 10-12% จากการหมัก 7 วัน จากเอทานอลที่ยีสต์ผลิตขึ้นจากกระบวนการหมัก ทำให้มีความสามารถในการละลายสารแคปไซซินในพริกออกมาได้ ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับการใช้เอทานอลบริสุทธิ์ โดยมีพริกบางชนิด เช่น พริกหยวก และพริกขี้หนูสวน จะพบสารแคปไซซินจากกระบวนการหมักสูงกว่า เนื่องจากในกระบวนการหมักมีการผลิตกรดอินทรีย์ออกมาด้วย ช่วยในส่วนของการย่อยผนังเซลล์ของพริกที่มีผนังเซลล์หนา และเกิดการซึมเข้าของสารละลายได้ดีขึ้นด้วยซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Davis และคณะ (2007)

โดยพริกที่มีปริมาณสารแคปไซซินสูงสุดคือ พริกหยวก พริกขี้หนูสวน พริกชี้ฟ้า และพริกขี้หนูเล็กตามลำดับ ซึ่งจากการทำวิจัยนี้ พบว่าปริมาณแคปไซซินไม่มีผลต่อความเผ็ดร้อนในพริก เนื่องจากสารในกลุ่มของแคปไซซินมีหลายชนิด โดยขึ้นอยู่กับชนิดของพริก จากผลการวิจัยปริมาณแคปไซซินในพริกแต่ละชนิด พบว่าพริกหยวกมีปริมาณแคปไซซินสูงสุด จึงนำมาทดสอบประสิทธิภาพสารแคปไซซินในพริกหยวกด้วยการรมควันข้าวเพื่อกำจัดมอดข้าวสาร

จาก Table 2 พบว่าสารแคปไซวินมีผลโดยตรงต่อแมลงที่มีข้อต่อ และแมลงที่มีการลอกคราบ คือ คุณสมบัติในการก่อให้เกิดการระคายเคือง และเกิดพิษในกระแสเลือดของแมลงและเนื่องจากสารแคปไซซินที่มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายสารในกลุ่มของน้ำมัน จึงส่งต่อการเคลือบไข่ของมอดข้าวสาร ทำให้เกิดการฝ่อได้ (Oi และคณะ, 1992) โดยอัตราการตายของมอดข้าวสารหลักจากที่ใส่ข้าวที่ผ่านการรมควัน พบว่าการรมควันด้วยสารแคปไซวินจากการสกัดด้วยตัวทำละลายจะดีกว่า การรมควันด้วยผลพริกและพริกบดละเอียด เนื่องจากมีความเข้มข้นของสารแคปไซวินที่สูงกว่า และไม่มีกลิ่นพริกปนเปื้อนในข้าวสารด้วย โดยพบอัตราการตายสูงสุดที่ ประมาณ 3-4 ตัวต่อวัน จากการรมควันด้วยแคปไซซินจากกระบวนการหมัก และสามารถทำให้ไข่มอดฝ่อได้ 100% จากการทดสอบ 1 เดือน ไม่มีมอดเกิดขึ้นในกระปุกเลย เมื่อเทียบกับกระปุกควบคุมที่ไม่ผ่านการรมควันพบว่ามอดวางไข่ในข้าวเปลือกและเกิดการเจริญของมอด 25 ตัวต่อข้าวเปลือก 100 กรัม

## สรุปผล

การทำการสกัดสารแคปไซซินด้วยกระบวนการหมักเชื้อ *S. cerevisieae* สามารถให้สารแคปไซซินเทียบเท่ากับการใช้อะซีโตนและเอทานอลเป็นตัวทำลละลาย เนื่องจากกระบวนการหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisieae* ทำให้เกิดแอลกอฮอล์ขึ้น 10-12% ซึ่งแอลกอฮอล์นั้นจะเป็นตัวที่สกัดสารแคปไซซินออกมาในน้ำหมักร่วมกับกรดอินทรีย์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถทดแทนการใช้สารเคมีและจะสามารถนำสารแคปไซซินที่สกัดได้ไปใช้ประโยชน์ในการนำไปรมควันข้าวสารเพื่อการกำจัดมอดข้าวสารได้ด้วย โดย พบว่าการใช้พริกรมควันมีผลต่อการตายของมอด โดยรูปแบบที่เหมาะสมในการใช้คือ การใช้สารสกัดแคปไซซิน เนื่องจากสารระเหยในกลุ่มแคปไซซินอยด์ ที่มีผลต่อระบบการหายใจของมอดข้าวสารโดยมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นการหมักเป็นวิธีที่ประหยัดและปลอดภัย ทำให้สามารถนำรูปแบบนี้ไปใช้ประโยชน์ในกลุ่มชุมชนได้ต่อไป

## คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ และสหกรณ์สถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าตำบลน้ำอ่าง ในการเก็บตัวอย่างมอดข้าวสาร ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และสำนักงานวิจัยแห่งชาติ สำหรับงบประมาณสนับสนุนการดำเนินงานวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2558

## เอกสารอ้างอิง

กรองแก้ว เนาสราญ และวุฒิชัย นุตกูล, 2535, ปริมาณและองค์ประกอบของสารรสเผ็ดร้อนจากพริก, วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 34(3): 133-140.

ชุมพล กันทะ, 2533, หลักการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ, ภาควิชากีฏวิทยา, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น, 249 หน้า.

พูนพัฒน์ พูนน้อย เบญญทิพย์ มหาเทพ และภิญญาพัชญ์ พุฒตาล, 2553, การทำลายไข่มอดในข้าวอินทรีย์ด้วยคลื่น

ไมโครเวฟ, วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 33(1): 39-48.

มิณฑกานต์ ไพบูลย์ศิริ, 2551, ประสิทธิภาพของสารกำจัดแมลงจากพืชสมุนไพรในการป้องกันกำจัดแมลงวันหัวเขียว (*Chrysomya megacephala* (F. ) :*Diptera*), ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, คณะ เทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 49 หน้า.

Davis, C.B., Markey, C.E., Busch, M.A. and Busch, K.W., 2007, Determination of Capsaicinoids in Habanero Peppers by Chemometric Analysis of UV Spectral Data, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55: 5925–5933.

Flagan, S.F. and Leadbetter, J.R., 2006, Utilization of Capsaicin and Vanillylamine as Growth Substrates by Capsicum (Hot Pepper)-associated Bacteria, Environmental Microbiology, 8: 560-565.

Oi, Y., Kawada, T., Watanabe, T. and Iwai, K., 1992, Induction of Capsaicin-hydrolyzing Enzyme Activity in Rat Liver by Continuous Oral Administration of Capsaicin, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40: 467-470.

**Table 1** Comparison of capsaicinoid content in chili by difference extraction methods

| Type of chili | Capsaicin content (grams per 5 g dried peppers). | | |
|---|---|---|---|
| | 10% Acetone | 10% Ethanol | Fermentation |
| *Capsicum frutescens* | $0.6 \times 10^{-4}$ | $0.6 \times 10^{-4}$ | $0.5 \times 10^{-4}$ |
| *Capsicum annuum* | $25 \times 10^{-4}$ | $22 \times 10^{-4}$ | $23 \times 10^{-4}$ |
| *Capsicum annuum* var. *acuminatum* | $10 \times 10^{-4}$ | $7 \times 10^{-4}$ | $8 \times 10^{-4}$ |
| *Capsicum annuum* var. *annuum* | $0.4 \times 10^{-4}$ | $0.5 \times 10^{-4}$ | $0.5 \times 10^{-4}$ |

**Table 2** The mortality rate of rice weevil and the atrophy rate of rice weevil eggs

| Type of chili | The mortality rate of rice weevil* (rice weevil/day) | The atrophy rate of rice weevil eggs |
|---|---|---|
| Non-mashed chili | $1.67 \pm 1.40^{d}$ | 43 |
| Mashed chili | $2.00 \pm 1.46^{c}$ | 45 |
| Capsaicin from acetone extract | $2.80 \pm 1.08^{b}$ | 98 |
| Capsaicin from ethanol extract | $3.00 \pm 0.93^{ab}$ | 100 |
| Capsaicin from fermentation | $3.53 \pm 1.36^{a}$ | 100 |
| Control (non-smok) | 0 | 0 |

$^{a,b,c}$ Difference letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

# รูปแบบการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60

# Growth Pattern and Development of 'Chiangmai 60' Mulberry Fruit

**เจนจิรา ชุมภูคำ[1] ธีรวัฒน์ จตุอุทัยศรี และ อารยา อาจเจริญ เทียนหอม[1]**

Chumpookam, J.[1], Jatuauthaisri, T. and Arjcharoen Theanhom, A.[1]

## Abstract

Study of growth pattern and development of 'Chiangmai 60' mulberry fruit was conducted. After flower emergence, twenty mulberry fruit were collected weekly for 8 weeks. Results showed that the growth patterns (fruit size and fruit weight) exhibited a double sigmoidal curve. In the first growth period, fruit growth increased slowly then increased rapidly at 2 to 5 weeks. Then fruit growth was slow at weeks 5 to 6 and increased rapidly at 6 week until maturity at 8 weeks after flower emergence. The average number of syconus was 45 fruits per inflorescence. The color of fruit started to change from green to pink-red at week 4, the fruit turned to dark red at week 5, and were completely black at 8 weeks after flower emergence. Total soluble solids (TSS) and titratable acidity (TA) of mature mulberry fruit were 14.8°Brix and 0.64%, respectively.

**Keywords:** *Morus alba* L., syconus, growth, fruit development

## บทคัดย่อ

การศึกษารูปแบบการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยเก็บข้อมูลผลหม่อนทั้งหมด 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 20 ผล พบว่า รูปแบบการเจริญเติบโตของผลหม่อน (วัดจากขนาดผล และน้ำหนักผล) เป็นแบบ double sigmoidal curve โดยในช่วงแรกของการเจริญเติบโต การเจริญเติบโตของผลเป็นไปอย่างช้าๆ และเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 5 จากนั้นผลหม่อนเจริญเติบโตอย่างช้าๆ ในระหว่างสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 6 และเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วอีกครั้งในช่วงสัปดาห์ที่ 6 ถึงสัปดาห์ที่ 8 หลังจากหม่อนแทงช่อดอก จำนวนผลย่อยเฉลี่ยของผลหม่อนคือ 45 ผลเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูแดงในสัปดาห์ที่ 4 และเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มในสัปดาห์ที่ 5 หลังจากหม่อนแทงช่อดอก จากนั้นเปลี่ยนเป็นสีดำทั้งผลในสัปดาห์ที่ 8 หลังแทงช่อดอก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้คือ 14.8 °Brix และร้อยละ 0.64 ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: *Morus alba* L. ผลย่อย การเจริญเติบโต การพัฒนาผล

## คำนำ

หม่อนสายพันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นสายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยเพื่อบริโภคผลสด ต้นหม่อนที่มีอายุ 3 ปี ให้ผลผลิตผลหม่อนประมาณ 600-700 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ลักษณะเด่นของหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 คือ มีผลขนาดใหญ่ มีปริมาณกรดสูง อวบน้ำ รสชาติหวานกลมกล่อม เหมาะสำหรับบริโภคผลสด และการแปรรูป อีกทั้งสามารถกำหนดเวลาในการให้ผลผลิตได้ ด้วยวิธีการบังคับให้ออกดอกติดผลนอกฤดูกาล (ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เชียงใหม่, 2550) ต้นหม่อนที่ออกดอกในฤดู (เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน) ผลหม่อนเริ่มสุกหลังจากดอกบานแล้วประมาณ 20 วัน และมีช่วงระยะเวลาที่ผลหม่อนเริ่มสุกจนถึงสุกจัดประมาณ 12 วัน ส่วนต้นหม่อนที่ออกดอกนอกฤดู (เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม) พบว่าหลังริดใบแล้วโน้มกิ่ง 8-12 วัน ดอกจึงเริ่มบาน จากนั้นหลังจากดอกบาน 42 วัน ผลหม่อนจึงเริ่มสุก และมีช่วงเวลาที่ผลหม่อนเริ่มสุกจนถึงสุกจัด 14 วัน (ปัทมาภรณ์, 2546) เมื่อหม่อนผลสดมีระยะความสุกเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณความชื้น และปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง (ธิติพันธ์, 2549) ในผลหม่อนพบกรดมาลิกซึ่งเป็นกรดที่มีปริมาณมากที่สุดในระดับ 123-218 มิลลิกรัมต่อกรัม รองลงมาคือกรดซิตริก ซึ่งมีปริมาณ 21-41 มิลลิกรัมต่อกรัม (Ercisli, 2007) สัดส่วนของน้ำตาลและกรดเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดรสชาติเฉพาะตัวของผลไม้แต่ละชนิดและสามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสุกแก่ทางการค้าได้ ในตอนแรกของการสุกแก่สัดส่วนของน้ำตาลต่อกรดมีค่าต่ำ เพราะมีปริมาณน้ำตาลต่ำแต่มีปริมาณกรดสูงซึ่งทำให้ผลไม้มีรสเปรี้ยว ใน

---

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

ระหว่างกระบวนการสุกปริมาณกรดลดลงส่วนปริมาณน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นซึ่งทำให้สัดส่วนของน้ำตาลต่อกรดเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD, 2009) ปัจจุบันหม่อนเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากหม่อนมีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพหลายประการ และยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับหม่อนค่อนข้างน้อย จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับรูปแบบการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 และเพื่อเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการดูแลรักษา กำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวและเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำวิจัยต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาทดลองในระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2557 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ.2558 โดยทำการเลือกต้นหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูกบริเวณแปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ เลือกต้นหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และมีลักษณะที่ดี ไม่มีโรคหรือแมลง ลำต้นและใบมีความสมบูรณ์จำนวน 12 ต้น จากนั้นทำสัญลักษณ์ที่ผลหม่อน โดยคัดเลือกช่อดอกหม่อนที่แทงออกมาพร้อมกันจำนวน 160 ช่อดอก ผูกไหมพรมไว้ที่ช่อดอกเพื่อทำสัญลักษณ์ไว้ที่ช่อดอกนั้น ๆ การเก็บเกี่ยวผลหม่อน โดยเก็บผลหม่อนทุกสัปดาห์รวม 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 20 ผล เริ่มเก็บตั้งแต่สัปดาห์แรกหลังจากหม่อนแทงช่อดอกจนถึงสัปดาห์สุดท้ายซึ่งผลหม่อนมีอายุ 8 สัปดาห์หลังจากแทงช่อดอก เพื่อนำมาเก็บข้อมูลน้ำหนักผล (กรัม) ความกว้างผล (มิลลิเมตร) ความยาวผล (มิลลิเมตร) จำนวนผลย่อย สีผิวของผลโดยใช้แถบวัดสีมาตรฐานรุ่นที่ 5 ของ The Royal Horticultural Society (R.H.S.) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids, TSS) โดยใช้ hand refractometer ปริมาณกรด (Titratable acidity, TA) ในน้ำคั้นจากผลหม่อนโดยการไทเทรตกับ 0.1 N NaOH และอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรด (TSS/TA)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษารูปแบบการเจริญเติบและการพัฒนาของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า มีรูปแบบการเจริญเติบโตเป็นแบบ double sigmoidal curve โดยน้ำหนักและขนาดของผล (ความกว้างและความยาวผล) ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (สัปดาห์ที่ 1-2 หลังจากแทงช่อดอก) ผลหม่อนมีการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างช้า และเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 5 จากนั้นผลหม่อนจะเจริญเติบโตอย่างช้าๆ ในช่วงสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 6 และเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 6-สัปดาห์ที่ 8 หลังจากหม่อนแทงช่อดอก ซึ่งผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในสัปดาห์ที่ 8 หลังจากแทงช่อดอก มีน้ำหนักผลเฉลี่ย 1.38 กรัม มีความกว้างและความยาวผล 12.32 และ 22.32 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Figure 1A และ 1B) จำนวนผลย่อยของหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยเฉลี่ยจากสัปดาห์ที่ 4 ถึง สัปดาห์ที่ 8 หลังจากหม่อนแทงช่อดอกคือ 45 ผล ซึ่งน้อยกว่ารายงานของ ชูชาติ และ สำเริง (2535) ที่พบว่ามีจำนวนผลย่อยของผลหม่อนมี 57 ผล อาจเนื่องจากการได้รับน้ำและธาตุอาหารไม่เพียงพอทำให้ช่อดอกที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์เต็มที่ อีกทั้งขึ้นอยู่กับการบำรุง ดูแลรักษาในแปลงปลูกด้วย ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 4 หลังจากหม่อนแทงช่อดอก มีค่าเฉลี่ยประมาณ 8.15°Brix จากนั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และในสัปดาห์สุดท้ายคือสัปดาห์ที่ 8 หลังจากแทงช่อดอก ผลหม่อนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 14.8°Brix ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดในช่วงสัปดาห์ที่ 4 หลังจากหม่อนแทงช่อดอกมีปริมาณกรดร้อยละ 1.47 และปริมาณเพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 5.29 ในสัปดาห์ที่ 5 จากนั้นปริมาณกรดทั้งหมดลดลงเรื่อยๆ จนสัปดาห์สุดท้ายที่สัปดาห์ที่ 8 หลังจากหม่อนแทงช่อดอก มีปริมาณกรดร้อยละ 0.64 (Figure 1C) การเปลี่ยนแปลงรสชาติในระหว่างการสุกที่ปรากฏเด่นชัดที่สุด คือ การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลและกรดอินทรีย์ ผลไม้พวก non-climacteric ที่สุกในระหว่างที่ยังติดอยู่บนต้น ปริมาณน้ำตาลในผลเพิ่มขึ้น โดยผ่านการเคลื่อนย้ายน้ำตาลซูโครสมาจากใบ ซึ่งถูกย่อยได้น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตส (สังคม, 2547) อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดในสัปดาห์ที่ 4 หลังจากหม่อนแทงช่อดอกมีค่าเท่ากับ 5.54 จากนั้นลดลงในสัปดาห์ที่ 5 และ 6 หลังหม่อนแทงช่อดอก และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในสัปดาห์ที่ 7 และสุดท้ายในสัปดาห์ที่ 8 หลังจากหม่อนแทงช่อดอกมีค่าอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดเท่ากับ 23.12 ซึ่งเมื่อผลหม่อนเข้าสู่กระบวนการสุกปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นและปริมาณกรดลดลงทำให้อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น (OECD, 2009) สีผิวของผลหม่อนในสัปดาห์แรกและสัปดาห์ที่ 2 หลังจากหม่อนแทงช่อดอกอยู่ในกลุ่ม Green Group 143B ต่อมาในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ผลเริ่มเปลี่ยนสีผิวเป็นกลุ่ม Yellow-Green Group 145B และกลุ่ม Red Group 37A ตามลำดับ จากนั้นผลหม่อนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดงและเข้มขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดสีผิวผลหม่อนเปลี่ยนเป็นสีดำในกลุ่ม Black Group 203B ทั้งผลในสัปดาห์ที่ 8 หลังจากหม่อนแทง

ช่อดอก (Figure 2) สอดคล้องกับ ปัทมาภรณ์ (2546) รายงานว่าผลหม่อนมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลโดยเริ่มจากสีเขียว เปลี่ยนเป็นสีแดง และเปลี่ยนเป็นสีแดงดำจนดำเข้มในระยะสุดท้ายของการสุกงอมของผล

## สรุปผล

รูปแบบการเจริญเติบโตของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นแบบ double sigmoidal curve ซึ่งวัดจากขนาด และน้ำหนักของผล มีจำนวนดอกย่อยเฉลี่ย 45 ผล ผลเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูแดงในสัปดาห์ที่ 4 และเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มขึ้นเรื่อยๆ ในสัปดาห์ที่ 5 และ 6 เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 8 หลังแทงช่อดอก สีผิวผลเปลี่ยนเป็นสีดำ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้คือ 14.8°Brix และร้อยละ 0.64 ตามลำดับ

## เอกสารอ้างอิง


ชูชาติ นพพวงศ์ และ สำเริง วิชานา, 2535, การคัดเลือกและศึกษาพันธุ์หม่อนสายพันธุ์พื้นเมือง สายพันธุ์ต่างประเทศ และสายพันธุ์ลูกผสม, หน้า 41-47, ในรายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี 2535, ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี, สถาบันวิจัยหม่อนไหม, กรมวิชาการเกษตร.

ธิติพันธ์ จันทพิมพ์, 2549, การเก็บรักษาหม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่ (*Morus alba* var. Chiangmai), การค้นคว้าแบบอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปัทมาภรณ์ สุขบุญพันธุ์, 2546, ดัชนีการเก็บเกี่ยวของหม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่ (*Morus alba* var. Chiangmai), การค้นคว้าแบบอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เชียงใหม่, 2550, หม่อนพันธุ์แนะนำ: หม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่, ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เชียงใหม่ [สืบค้น], http://chiangmaisilk.blogspot.com/2007/07/blog-post_2391.html, [5/ August/ 08].

สังคม เตชะวงค์เสถียร, 2547, สรีรวิทยาของพืชสวน, ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 173 หน้า.

Ercisli, S. and Orhan, E., 2007, Some Physic-chemical Characteristics of Black Mulberry (*Morus nigra* L.) Genotypes from *Northeast Anatolia* Region of Turkey, Scientia Horticulturae, 116: 41-46.

Organisation for Economic Co-operation and Development, 2009, Guidelines on Objective Tests to Determine Quality of Fruits and Vegetables and Dry and Dried Produce [Online], Available: http://www.oecd.org/tad/code/46606283.pdf, 2009 [August 9, 2014].

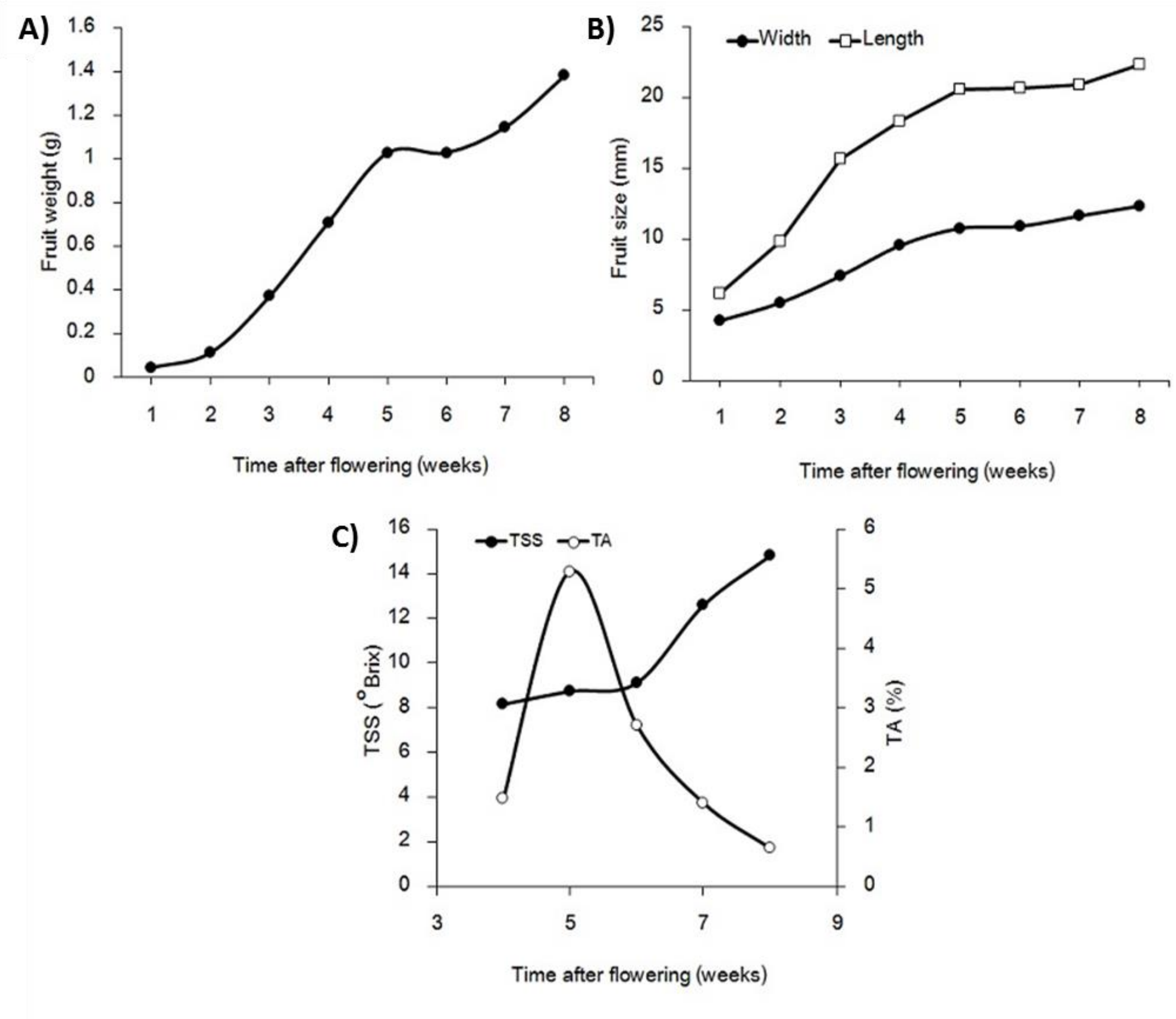



Figure 1 Weight (A), size (B), TSS and TA (C) of 'Chiangmai 60' mulberry fruit during fruit development

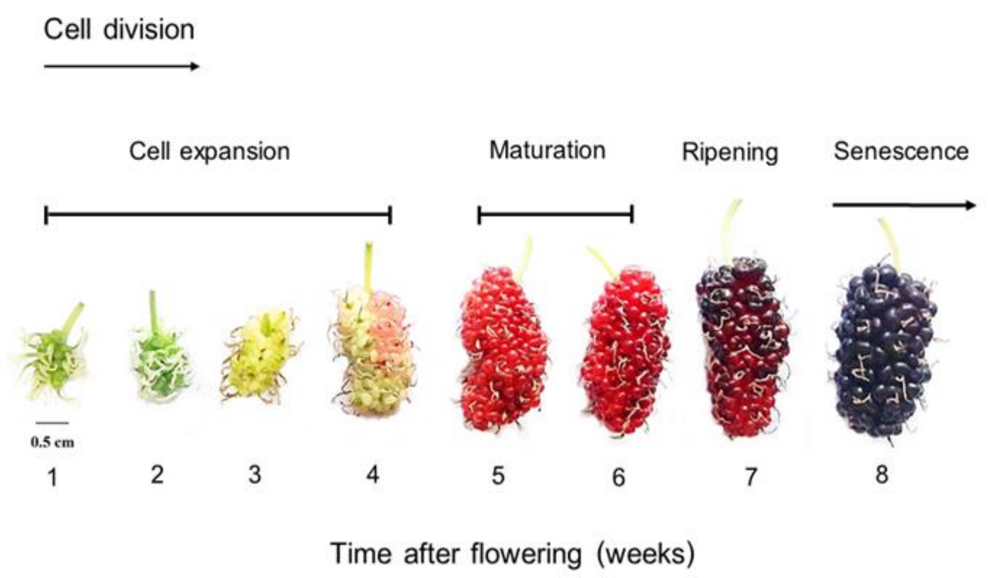



Figure 2 'Chiangmai 60' mulberry fruits at different stage of growth

# สมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของกากใยอาหารจากฟางข้าวสกัดด้วยอัลคาไลน์

# Physicochemical and Functional Properties of Dietary Fiber from Rice Straw by Alkaline Extraction

กุลนิภา ธนรุ่งรังสี[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Tanarungrangsee, K.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

## Abstract

Rice straw consisting of 56.10% crude fibers (dry basis) and 64.30% of total dietary fiber. Rice straw was extracted with 4M NaOH, 70°C at various times of extraction for 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12 h. The results showed that total extraction yield of dietary fiber from rice straw, ranged from 100% to 20.06%. All the fiber powders had high concentrations of total dietary fiber (64.05-89.60%). Lignin removal increased with treatment time by 52.0%, the level of holo-cellulose, alpha-cellulose were 82.58% and 90.42%, respectively after the reaction treatment of 6 h. Color of dietary fiber after extraction was darker than rice straw control ($p \leq 0.05$). Water holding capacity and oil holding capacity showed values were highly significant ($p \leq 0.05$) 7.16 mL water/g powder and 6.17 mL oil/g powder, respectively. These results indicated that alkaline treatment could produce fiber powder from rice straw which has potential application in several industries.

**Keywords:** alkaline extraction, characterization, dietary fiber, rice straw

## บทคัดย่อ

ฟางข้าวประกอบด้วยกากใยหยาบ (crude fiber) ร้อยละ 56.10 และกากใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber) ร้อยละ 64.30 น้ำหนักแห้ง นำฟางข้าวมาสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ชั่วโมง มีร้อยละผลผลิตตั้งแต่ 100-20.06 ส่วนร้อยละปริมาณกากใยอาหารทั้งหมดอยู่ในช่วง 64.05-89.60 เมื่อสกัดนาน 6 ชั่วโมง ปริมาณลิกนินถูกกำจัดออกไปร้อยละ 52 และปริมาณโฮโล-เซลลูโลส อัลฟา-เซลลูโลส เท่ากับ 82.58 และ 90.42 ตามลำดับ สีของกากใยอาหารมีค่าความสว่างลดลงเมื่อเวลาสกัดนานแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับฟางข้าวควบคุม ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันเท่ากับ 7.16 กรัมน้ำต่อกรัมกากใยอาหาร และ 6.17 กรัมน้ำมันต่อกรัมกากใยอาหาร ตามลำดับ จากผลการวิจัยการสกัดฟางข้าวด้วยอัลคาไลน์นี้สามารถผลิตกากใยอาหารที่มีประสิทธิภาพและนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้

**คำสำคัญ**: การสกัดด้วยอัลคาไลน์ สมบัติ กากใยอาหาร ฟางข้าว

## คำนำ

ปัจจุบันมีความนิยมการนำของเหลือทิ้งทางการเกษตรมาสกัดกากใยอาหารเพิ่มขึ้น เช่น ชานอ้อย ขุยมะพร้าว เปลือกข้าว เปลือกผลไม้ สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศที่นิยมทำเกษตรกรรมเกี่ยวกับข้าว ทำให้มีฟางข้าวเหลือทิ้งหลังจากการเกี่ยวข้าวจำนวนมาก ซึ่งชาวนาส่วนใหญ่นิยมกำจัดด้วยการเผาทิ้ง ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศอีกทั้งเป็นการทำลายธาตุอาหารและจุลินทรีย์ที่ดีในดินให้หมดไป แต่เนื่องจากฟางข้าวประกอบด้วยกากใยอาหาร (dietary fiber) ในส่วนของผนังเซลล์ในปริมาณที่สูง (Garcia และคณะ, 2010) โดยในปี 2001 American Association of Cereal Chemists (AACC) ได้ให้คำนิยามของกากใยอาหารว่าเป็นส่วนของพืชที่สามารถรับประทานได้ และเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ทนต่อการย่อยในลำไส้เล็กและดูดซึมในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ สามารถเกิดการหมักอย่างสมบูรณ์ หรือบางส่วนในลำไส้ใหญ่ ซึ่งกากใยอาหารยังรวมถึงพอลิแซคคาร์ไรด์ (เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เป็นต้น) โอลิโกแซคคาร์ไรด์ (เช่น soybean-oligosaccharides, fructo-oligosaccharides, xylo-oligosaccharides, malto-oligosaccharides และ glucose-oligosaccharide เป็นต้น) เพคติน กัม และองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต แต่อยู่ในรวมกับกากใยอาหาร เช่น ลิกนิน (Sarkanen และคณะ, 1971; Li และ McDonald, 2014) เป็นต้น โดยกากใยอาหารแบ่งตามความสามารถในการละลาย ได้แก่ กากใยอาหารชนิดละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ ซึ่งมีผลต่อลักษณะทางกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ เช่น

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity) (Alventosa และคณะ, 2008) การละลาย (solubility) ความสามารถในการเพิ่มปริมาตร (bulking agent) เนื่องจากรูพรุน (porosity) (Mudgil และคณะ, 2013) การเกิดอิมัลชั่น (emulsions) ความสามารถในการเกิดโฟม (foaming capacity) ความหนืด (viscocity) ความสามารถในการเป็นอาหารสำหรับจุลินทรีย์โพรไบโอติก (prebiotic) เป็นต้น นอกจากนี้สมบัติเชิงหน้าที่ของกากใยอาหารดังกล่าว ยังส่งผลดีต่อสุขภาพอีกด้วย ดังเช่น การป้องกันโรคอ้วน และการควบคุมน้ำหนัก การป้องกันโรคเบาหวาน การลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดหัวใจ และการลดอัตราเสี่ยงในการเกิดมะเร็งลำไส้ (colon cancer) ริดสีดวงทวาร (hemorrhoids) ท้องผูก (constipation) และแผลในลำไส้ (diverticulitis) เป็นต้น (Slavin, 2004) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อผลิตกากใยอาหารจากฟางข้าวและศึกษาคุณสมบัติทางด้านความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของฟางข้าว อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการสกัดกากใยอาหารให้กับพืชชนิดอื่นต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำฟางข้าวมาล้างน้ำทำความสะอาดและอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นคงที่ แล้วบดฟางข้าวด้วยเครื่องบด IKA รุ่น M20 จากนั้นร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh แล้วเก็บตัวอย่างในโถควบคุมความชื้นจนกว่าจะนำมาใช้ การวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีพื้นฐานของฟางข้าว ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใยหยาบ เถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000) และคาร์โบไฮเดรต 100 - (กากใยหยาบ + โปรตีน + ไขมัน + ความชื้น + เถ้า)

การสกัดกากใยอาหารโดยนำฟางข้าวที่บดแล้วมาสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 โมลาร์ ในอัตราส่วนฟางข้าวต่อสารละลาย 1:20 (กรัม:มิลลิลิตร) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นานเวลา 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาตามที่กำหนดนำกากใยอาหารมากรองแยกสารละลายออก แล้วล้างด้วยน้ำจนกระทั่งกากใยอาหารที่สกัดมี pH เป็นกลาง จากนั้นนำกากใยอาหารไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นคงที่ กากใยอาหารที่ได้เก็บในโถดูดความชื้น จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าสีในระบบ CIE L*, a*, b* ด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-10 องค์ประกอบทางเคมีของกากใยอาหาร ได้แก่ ปริมาณกากใยอาหารทั้งหมด (TDF) (AOAC 985.29.) โฮโล-เซลลูโลส (HC) โดยวิธี acid chlorite (method of wood chemistry) แอลฟา-เซลลูโลส (AC) (TAPPI T203 om-88) และ Klason lignin (KL) (TAPPI T22 om-88) สมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (OHC) (Yang, 2014) โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ฟางข้าวมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 4.98 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 2.85 ไขมันร้อยละ 2.03 กากใยหยาบ ร้อยละ 55.76 เถ้าร้อยละ 13.00 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 21.12 (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Garivait และคณะ (2006) และ Kaur และคณะ (2008) ฟางข้าวมีกากใยหยาบเป็นองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานมากที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเป็นส่วนของผนังเซลล์ (cell wall) โดยกากใยหยาบในฟางข้าวเป็นสารจำพวกเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน โดยองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวและฟางข้าวมีปริมาณแตกต่างกันไปเนื่องจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ พันธุ์ข้าว สิ่งแวดล้อมในการเจริญเติบโต เช่น สภาพอากาศ ฤดูกาล ธาตุอาหารในดิน เป็นต้น อีกทั้งระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว และกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวสามารถส่งผลต่อปริมาณของสารประกอบได้เช่นกัน (Serio, 2010) การสกัดกากใยอาหารจากฟางข้าวด้วยตัวทำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 โมลาร์ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แปรระยะเวลาการสกัดนาน 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ชั่วโมง พบว่าเวลาในการสกัดกากใยอาหารที่นานขึ้น ทำให้สีของกากใยอาหารที่ได้มีความสว่าง (L* value) ลดลง และมีความแตกต่างของสี ($\Delta$E) เพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับกากใยอาหารที่ไม่ผ่านการสกัด (Table 2) แต่ระยะเวลาการสกัดที่นานขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ในการทำลายพันธะของ Klason lignin โดยส่งผลให้พื้นผิวภายนอกเกิดเป็นรูพรุนมากขึ้น ดังนั้นการหาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการสกัดกากใยอาหารจากฟางข้าวโดยแปรเวลาการสกัดตั้งแต่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ชั่วโมง ได้ผลแสดงดัง Table 3 เวลาในการสกัดที่มีผลต่อปริมาณร้อยละผลผลิต กากใยอาหารทั้งหมด โฮโล-เซลลูโลส แอลฟา-เซลลูโลส และ Klason lignin ของกากใยอาหารจากฟางข้าว พบว่าปริมาณร้อยละผลผลิตการสกัดกากใยอาหารจากฟางข้าวลดลงเรื่อยๆ โดยเฉพาะการสกัดนาน 12 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณร้อยละผลผลิตลดลงน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เท่ากับร้อยละ 20.06 ส่วนปริมาณร้อยละกากใยอาหารทั้งหมด โฮโล-เซลลูโลส แอลฟา- เซลลูโลส และ Klason lignin ของกากใยอาหารจากฟางข้าวเพิ่มขึ้นที่เวลาในการสกัดนาน 6 ชั่วโมง เท่ากับร้อยละ 89.54, 82.58, 87.42 และ 13.29 ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเวลาในการสกัดนานขึ้นค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sangnark และ Noomhorm (2003) ที่ศึกษาการสกัดกากใยอาหารจากฟางข้าวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่าปริมาณลิกนินไม่ลดลงหลังการสกัดนาน 8 ชั่วโมง ส่วนค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณกากใยอาหารทั้งหมด โฮโล-เซลลูโลส และแอลฟา-เซลลูโลสที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณ Klason lignin ลดลง โดยค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันและค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของกากใย อาหารจากฟางข้าวมากที่สุดเท่ากับ 6.17 และ 7.16 ตามลำดับ หลังสกัดนาน 6 ชั่วโมง เนื่องจากระยะเวลาการสกัดที่นานขึ้นช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการสกัด Klason lignin และทำให้เกิดพื้นที่ผิวและรูพรุนบนกากใยอาหารเพิ่มมากขึ้น

## สรุปผล

กระบวนการสกัดกากใยอาหารด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 โมลาร์ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลาการสกัดนาน 6 ชั่วโมง เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสกัดกากใยอาหารจากฟางข้าว โดยกากใยอาหารที่ได้มีปริมาณกากใยอาหารทั้งหมด โฮโล-เซลลูโลส แอลฟา-เซลลูโลสสูงที่สุด แต่ปริมาณ Klason lignin ต่ำที่สุด ส่วนสมบัติเชิงหน้าที่ของกากใยอาหารที่ได้มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูงที่สุด

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท สยามเนเชอรัล โปรดักซ์ จำกัด และโครงการส่งเสริมงานวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## เอกสารอ้างอิง

Alventosa, J.M.F., Gutierrez, G.R., Carmona, S.J., Calvo, J.A.E., Arcos, R.R., Bolanos, J.F., Bejarano, R.G., Araujo, A.J., 2008, Effect of Extraction Method on Chemical Composition and Functional Characteristics of High Dietary Fibre Powders Obtained from Asparagus By-Products, Food Chemistry, 113: 665-671.

American Association of Cereal Chemists, 2001, The Definition of Dietary Fiber, Cereal Food World, 46: 112–113.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, Virginia.

Garcia, J.C., Diaz, M.J., Garcia, M.T., Feria, M.J., Gomez, D.M. and Lopez, F., 2010, Search for Optimum Conditions of Wheat Straw Hemicelluloses Cold Alkaline Extraction Process, Biochemical Engineering Journal, 71: 127-133.

Garivait, S., Chaiyo, U., Patumsawad, S. and Deakhuntod, J., 2006, Physical and Chemical Properties of Thai Biomass Fuels from Agricultural Residues, The 2nd Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment, November 21-23, Bangkok, Thailand, 1-5.

Kaur, K., Kaur, J., Wadhwa, M., Kumar, B. and Bakshi, M.P.S., 2008, Fermented Rice Straw as a Source of Nutrients for Ruminants, Indian Journal of Animal Nutrition, 25: 195-200.

Li, H. and McDonald, A.G., 2014, Fractionation and Characterization of Industrial Lignins, Industrial Crops and Products, 62: 67–76.

Mudgil, D. and Sheweta, B., 2013, Composition, Properties and Health Benefits of Indigestible Carbohydrate Polymers as Dietary Fiber: A Review, International Journal of Biological Macromolecules, 61: 1-6.

Sangnark, A. and Noomhorm, A., 2003, Chemical, Physical and Baking Properties of Dietary Fiber Prepared from Rice Straw, Food Research International, 37: 66-74.

Sangnark, A. and Noomhorm, A., 2003, Effect of Particle Sizes on Functional Properties of Dietary Fibre Prepared from Sugarcane Bagasse, Food Chemistry, 80: 221-229.

Serio, L., 2010, La Stevia Rebaudiana, Une Alternative Au Sucre, Phytotherapie, 8: 26- 32

Slavin, J.L. and Greenberg, N.A., 2003, Partially Hydrolyzed Guar Gum, Nutrition, 19: 549-552.

Yang, J., Xiao, A. and Wang, C., 2014, Novel Development and Characterisation of Dietary Fibre from Yellow Soybean Hulls, Food Chemistry, 161: 367-375.

**Table 1** The chemical compositions and total dietary fiber of rice straw

| Chemical compositions (%) | Rice Straw |
|---|---|
| Moisture content | 4.98±0.21[d] |
| Protein | 2.85±0.15[e] |
| Fat | 2.03±0.03[f] |
| Crude Fiber | 55.76±0.3[a] |
| Ash | 13.00±0.19[c] |
| Carbohydrate | 21.12±0.61[b] |

a, b, c,… Means within a column with the same letter are not significantly different (p≤0.01) as determined using Duncan's multiple range test

**Table 2** The effect of 4 M sodium hydroxide for 70°C extraction processing on color of dietary fiber from rice straw

| Time (h) | Color | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *L** | *a** | *b** | ΔE |
| 0 | 59.14[a] | 5.42[a] | 22.98[c] | - |
| 2 | 57.50[b] | 4.19[c] | 26.84[b] | 4.38[c] |
| 4 | 57.49[b] | 4.43[b] | 26.81[b] | 4.28[d] |
| 6 | 57.35[b] | 3.79[d] | 26.84[b] | 4.56[a] |
| 8 | 57.62[b] | 4.38[b] | 26.91[b] | 4.34[c] |
| 10 | 57.55[b] | 4.40[b] | 27.01[a] | 4.46[b] |
| 12 | 57.55[b] | 4.41[b] | 27.05[a] | 4.48[b] |

a, b, c,… Means within a column with the same letter are not significantly different (p≤0.01) as determined using Duncan's multiple range test

**Table 3** The effect of 4 M sodium hydroxide for 70°C extraction processing on chemical and functional properties of dietary fiber from rice straw

| Time (h) | Chemical Compositions (%) | | | | | Functional Properties (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Extraction yield | Total Dietary Fiber | Holo cellulose | Alpha cellulose | Klason lignin | Water Holding Capacity | Oil Holding Capacity |
| 0 | 100[a] | 64.05[d] | 63.90[e] | 46.64[d] | 25.75[a] | 5.05[e] | 3.22[d] |
| 2 | 30.39[b] | 74.44[c] | 71.38[e] | 59.73[c] | 20.47[b] | 5.58[d] | 4.59[c] |
| 4 | 27.52[b] | 82.52[b] | 79.84[d] | 64.31[b] | 17.58[c] | 6.50[c] | 5.94[b] |
| 6 | 24.76[b] | 89.54[a] | 82.58[a] | 87.42[a] | 13.29[d] | 7.16[a] | 6.17[a] |
| 8 | 24.28[b] | 89.60[a] | 82.27[b] | 87.37[a] | 13.32[d] | 7.10[b] | 6.13[a] |
| 10 | 21.31[d] | 89.56[a] | 82.19[b] | 87.33[a] | 13.28[d] | 7.14[a] | 6.14[a] |
| 12 | 20.06[d] | 89.52[a] | 82.02[b] | 87.38[a] | 13.30[d] | 7.11[b] | 6.10[a] |

a, b, c,… Means within a column with the same letter are not significantly different (p≤0.01) as determined using Duncan's multiple range test

# คุณลักษณะและการประเมินประสิทธิผลของกล้วยหอมผงที่ได้จากเทคนิคอบแห้งแบบพ่นฝอย

# Characterization and Performance Assessment of Banana (KluayHom Tong) Powder Obtained by-Spray-Drying Technology

**สรศักดิ์ งามสง่า[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]**

Ngamsanga, S.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

## Abstract

Banana flavoring agent powder (BFAP) was produced by a spray drying technique at various inlet temperature; 100, 120, 140 and 160ºC. The carrier agents including maltodextrin (MD), gum Arabic (GA), gum arabic/maltodextrin (1:5) (AGMD-1) and gum arabic/maltodextrin (1:10) (AGMD-2) were varied. Results showed that BFAP from AGMD-2, which used as carrier agent at inlet temperature 100 º C, was the best physicochemical properties. Its morphological characteristics were a quite spherical shape and smooth surface. Moisture content, water solubility, water absorption and bulk density were 3.41%, 93.80%, 96.06% and 0.38 g/ml, respectively. Moreover, volatile compounds of the spray-dried banana flavor from this condition gave the highest retention of major volatile compounds; isoamyl acetate, isobutyl butanoate, butyl butyrate, isopentyl 2-methylpropanoate, isoamyl butyrate and methyl 3-methylbutyrate

**Keywords:** banana (KluayHom Tong), flavoring agent, spray dryer

## บทคัดย่อ

การผลิตสารแต่งกลิ่นรสกล้วยหอมผงด้วยเทคนิคอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying technique) แปรอุณหภูมิลม-ร้อนขาเข้า 100, 120, 140 และ 160 องศาเซลเซียส โดยแปรสารช่วยทำแห้ง (มอลโตเด็กตรินซ์ กัมอารบิก กัมอารบิกผสมมอลโตเด็กตรินซ์อัตราส่วน 1:5 และกัมอารบิกผสมมอลโตเด็กตรินซ์อัตราส่วน 1:10) พบว่าสารแต่งกลิ่นรสกล้วยหอมผงที่ใช้กัมอารบิกผสมมอลโตเดกซ์ตรินอัตราส่วน 1:10 เป็นสารช่วยทำแห้ง ที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 100 องศาเซลเซียส มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาค่อนข้างกลมผิวเรียบ มีค่าความชื้น การละลาย การอุ้มน้ำ และความหนาแน่นปรากฏ (กรัม/มิลลิลิตร)ดีที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.41%, 93.80%, 96.06% และ 0.38 กรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยสามารถกักเก็บสารหอมระเหยของสารให้กลิ่นรสกล้วยหอมมากทีสุด ได้แก่ isoamyl acetate, isobutyl butanoate, butyl butyrate, isopentyl 2-methylpropanoate, isoamyl butyrate และ methyl 3-methylbutyrate

**คำสำคัญ:** กล้วยหอมทอง สารแต่งกลิ่นรส การอบแห้งแบบพ่นฝอย

## คำนำ

กล้วยหอมทองเป็นผลไม้เมืองร้อนและกึ่งร้อนที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก จัดอยู่ในอันดับ Zingiberales วงศ์ Musaceae สกุล Musa AAA group กลุ่มย่อย Gros Michel เป็นพืชที่มีปริมาณการส่งออกสูงโดยเฉพาะตลาดยุโรป และอเมริกา อย่างไรก็ตามกล้วยหอมทองเป็นผลไม้ที่มีการสุกแบบ climacteric มีอัตราการหายใจและผลิตเอธิลีน $C_2H_4$ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว และมีเปลือกบางเกิดการเน่าเสียได้ง่าย จึงเป็นปัญหาสำคัญของการส่งออกและการเก็บรักษา ถึงแม้จะมีเทคนิคในการยืดอายุการเก็บรักษาก็ตาม (Brennan และคณะ, 1990) ซึ่งการชะลอการสุกของกล้วยหอมทองค่อนข้างยุ่งยากและจำกัด ประกอบกับบางฤดูกาลมีปริมาณผลผลิตเกินความต้องการของตลาดทำให้ราคาผลผลิตตกต่ำ ถึงแม้ว่ามีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิต ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการแปรรูปในระดับครัวเรือน เช่น กล้วยทอดกรอบ กล้วยกวน กล้วยตาก และกล้วยฉาบ เป็นต้น แต่ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ยังมีราคาไม่สูง ประกอบกับคุณภาพไม่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดผู้บริโภค และอาจมีการสูญเสียคุณค่าสารอาหาร กลิ่นรส หรือเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ระหว่างกระบวนการแปรรูป และ/หรือการเก็บรักษา เนื่องจากสารหอมระเหยในกล้วยหอมส่วนใหญ่เป็นสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ระเหยง่าย และมักถูกทำลายระหว่างกระบวนการแปร

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

รูปและการเก็บรักษา แนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือ การสกัดสารแต่งกลิ่นรสกล้วยหอมทองจากธรรมชาติด้วยตัวทำละลายซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ได้สารหอมระเหยที่มีกลิ่นคงเดิม มีรายงานการวิจัยการสกัดกลิ่นรสทุเรียน (Chin และคณะ, 2012) และฝรั่ง (Osorio และคณะ, 2010) ด้วยน้ำ พบว่าได้สารให้กลิ่นรสเช่นเดียวกับทุเรียนและฝรั่งผลสด อย่างไรก็ตาม การสกัดกลิ่นรสกล้วยหอมทองด้วยตัวทำละลายได้สารที่อยู่ในรูปของเหลว หรือ paste และกลิ่นรสไม่คงทน จึงต้องทำให้อยู่ในรูปผงแห้งเพื่อสะดวกกับการใช้งาน เก็บรักษาง่าย และมีกลิ่นรสที่คงทน โดยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตสารให้กลิ่นรสเนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้ระยะเวลาการทำแห้งสั้น สามารถกักเก็บ ป้องกันการสูญเสีย และควบคุมการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรสได้ดี และเลือกใช้สารช่วยทำแห้งได้หลายชนิด โดยเฉพาะสารช่วยทำแห้งประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin) กัมอารบิก (gum arabic) มีรายงานวิจัยผลิตผลไม้ชนิดผงด้วยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สารช่วยทำแห้งดังกล่าว เช่น สับปะรด (Abadio และคณะ, 2004) ฝรั่ง (Osorio และคณะ, 2010) และทุเรียน (Chin และคณะ, 2012; กฤษณา และคณะ, 2556) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ผลิตกล้วยหอมผงด้วยเทคนิคอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยศึกษาปัจจัยและเลือกใช้ carrier agent ที่เหมาะสมต่อคุณลักษณะและประสิทธิผลของกล้วยหอมผง

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำกล้วยหอมทองแก่ร้อยละ 80 ที่ผ่านการเร่งสุกที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน มาสกัดสารให้กลิ่นรสกล้วยหอมด้วยน้ำ ใช้อัตราส่วนเนื้อกล้วยต่อน้ำ เท่ากับ 2:1 สกัดนาน 10 นาที ผสมสารช่วยทำแห้ง 4 ชนิด ได้แก่ มอลโตเด็กซ์ตริน(MD) กัมอารบิก(GA) กัมอารบิกผสมมอลโตเด็กทรินซ์ (1:5)(AGMD-1) และกัมอารบิกผสมมอลโตเด็กตรินซ์ (1:10)(AGMD-2) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 ลงในสารสกัดกล้วยหอม และป้อนเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยกำหนดขนาด nozzle atomizer 0.5 มิลลิเมตร อัตราการ feed 10 มิลลิลิตรต่อนาที แปรอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 100, 120,140 และ 160 องศาเซลเซียส นำมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าสี โดยใช้ค่า L*, chroma (c*) และ hue angle ($h^o$) ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta color reader รุ่น CR-10) ร้อยละผลผลิต (%yield) ปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (2000) การละลาย และการอุ้มน้ำตามวิธี Anderson และคณะ (1969) ความหนาแน่นปรากฏตามวิธี Goula และคณะ (2004) ลักษณะสัณฐานวิทยา(morphological characteristic) ด้วย scanning electron microscope(SEM) และสารหอมระเหยโดยใช้ dynamic headspace-solid phase micro extraction gas chromatography mass spectrometer (DHS-SPME-GC-MS) (รุ่น 7890A MS, China) วางแผนการทดลองแบบ 4x4 Factorial in Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์คุณลักษณะของกล้วยหอมผง พบว่าชนิดของสารช่วยทำแห้งและอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีผลต่อลักษณะปรากฏ ร้อยละผลผลิต ปริมาณความชื้น การละลาย การอุ้มน้ำ และความหนาแน่นปรากฏของกล้วยหอมผง ($p \leq 0.05$) (Table 1 และ Table 2) โดยกล้วยหอมผงที่ใช้กัมอารบิกผสมมอลโตเด็กตรินซ์ในอัตราส่วน 1:10 เป็นสารช่วยทำแห้งที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 100 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ได้สารแต่งกลิ่นรสกล้วยหอมผงที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวครีม มีค่า L*=98.12, c*=4.51 และ $h^o$=90.68 ลักษณะสัณฐานวิทยาค่อนข้างกลมผิวเรียบ กระจายตัวดี (Figure1) เนื่องจากการใช้กัมอารบิกร่วมกับมอลโตเด็กตรินซ์ทำให้มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีค่า glass transition temperature หรือค่า Tg ที่สูงกว่าการใช้มอลโตเด็กซ์ตริน (Tg = 152 องศาเซลเซียส) และกัมอารบิก (Tg = 194.5 องศาเซลเซียส) เพียงชนิดเดียวส่งผลให้ค่า Tg ของตัวอย่างก่อน feed สูงขึ้น สามารถทำแห้งได้ง่าย ได้เม็ดผงที่มีลักษณะแห้งและกระจายตัวดี (Ozmen และ Langrish, 2002) แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าสูงขึ้นอนุภาคผงกล้วยหอมมีขนาดใหญ่ มีพื้นที่ผิวขรุขระเกิดเป็นเหลี่ยมและมุม เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นน้ำภายในอนุภาคระเหยกลายเป็นไอ และไม่สามารถผ่านออกจากละอองอนุภาคได้ไอของไอน้ำรวมตัวกันกลายเป็นฟองอากาศ และมีแรงดันเกิดรูพรุนอยู่ภายในอนุภาคมากทำให้ค่าความหนาแน่นปรากฏลดลง (Master, 1991) นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้ร้อยละผลผลิตเพิ่มขึ้น และปริมาณความชื้นลดลง เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนได้ดีน้ำสามารถระเหยออกไปกับลมร้อนเร็วขึ้น (Jittanit และคณะ, 2010) ทำให้ผลิตภัณฑ์เกาะติดตามผนังห้องอบแห้งและส่วนต่างๆ ของเครื่องลดลง (Frederick, 2000) ซึ่งกล้วยหอมผงทั้ง 16 สภาวะมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 1.258-4.497 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ทั่วไปของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง

(ดรุณี, 2538) เมื่อนำกล้วยหอมผงมาละลายน้ำทำให้มีความสามารถในการละลายสูงขึ้นแต่ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงทำให้อนุภาคของกล้วยหอมผงมีขนาดใหญ่ มีความชื้นต่ำและมี wet surface อยู่รอบอนุภาคน้อยทำให้น้ำบริเวณดังกล่าวไม่เกิดการดึงดูดกันเอง อนุภาคจึงไม่เกาะกลุ่มกันเป็นก้อนส่งผลทำให้กล้วยหอมผงมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีแต่ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ (ดรุณี, 2538) อย่างไรก็ตามการใช้กัมอารบิกผสมมอลโตเดกซ์ตรินในอัตราส่วน 1:10 สามารถกักเก็บสารหอมระเหยและพบชนิดและปริมาณของสารให้กลิ่นรสกล้วยหอมมากทีสุด (Figure 2) ได้แก่ isoamyl acetate, isobutyl butanoate, butyl butyrate, isopentyl 2-methylpropanoate, isoamyl butyrate และ methyl 3-methylbutyrate เนื่องจากกัมอารบิกมีความสามารถในเกิดฟิล์มล้อมรอบสารให้กลิ่นรส และเกิด polar interaction โดยพันธะไฮโดรเจนระหว่าง hydroxyl group ของมอลโตเดกซ์ตรินล้อมรอบฟิล์มของกัมอารบิก

## สรุปผล

กล้วยหอมผงที่ใช้กัมอารบิกผสมมอลโตเด็กตรินในอัตราส่วน 1:10 เป็นสารช่วยทำแห้งที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 100 องศาเซลเซียส มีลักษณะทางเคมีกายภาพที่ดี มีสีขาวนวล ลักษณะทางสัณฐานวิทยาค่อนข้างกลมผิวเรียบ โดยสามารถกักเก็บสารหอมระเหยที่ให้กลิ่นรสกล้วยหอม และมีกลิ่นรสใกล้เคียงธรรมชาติมากทีสุด

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการทุนวิจัยสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (ITAP) บริษัทแดรี่โฮม จำกัด และโครงการส่งเสริมงานวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## เอกสารอ้างอิง

กฤษณา หงษ์คู ณัฏฐา เลาฏุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น, 2556, การเอนแคปซูเลชันสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2)(พิเศษ): 473-476.

ดรุณี ธนะนันท์กูล, 2538, เทคโนโลยีการผลิตอาหาร, มหาวิทยาลัยรามคำแหง,157-160

Abadio, F.D.B., Domingues, A.M., Borges, S.V. and Oliveira, V.M., 2004, Physical Properties of Powdered Pineapple (*Ananas comousus*) Juice- Effect of Maltodextrin Concentration and Atomization Speed, Journal of Food Engineering, 64: 285-287.

Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L., 1969, Gelatinization of Corn Grits by Roll and Extrusion Cooking, Cereal Science Today, 14(1): 11–20.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA

Brennan, J.G., Butters, J.R., Cowell, N.D. and Lilly, A.E.V., 1990, Food Engineering Operations, London: Applied Science, 33–70.

Chin, S., Nazimah, S.A.H., Quek, S., Man, Y.B.C., Rahman, R.A. and Hashim, D.M., 2010, Effect of Thermal Processing and Storage Condition on the Flavor Stability of Spray-Dried Durian Powder, LWT-Food Science and Technology, 43: 856-861.

Frederick, J.F., 2000, Dryers: Technology and Engineering, In Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology, Frederick, J.F. (Ed.). APV Crepaco, Inc., Wisconsin, 524.

Goula, A.M. and Adamopoulos, K.G., 2004, Influence of Spray Drying Conditions on Residue Accumulation–Simulation using CFD, Drying Technology, 22: 1107-1128.

Jittanit, W., Niti-Att, S. and Tachanuntachaikul, O., 2010, Study of Spray of Pineapple Juice using Maltodextrin as an Adjunct, Chiang Mai Journal Science, 37(3): 498-506.

Master, K., 1991, Spray Drying Handbook, 5$^{th}$ Ed. The Bath Press. Avon, London, 60-100

Ozmen, L. and Langrish, T.A.G., 2002, Comparison of Glass Transition Temperature and Sticky Point Temperature for Skim Milk Powder, Drying Technology, 20: 1177-1193.

Osorio, C., Forero, D.P. and Carriazo, J.G., 2011, Characterisation and Performance Assessment of Guava (*Psidium guajava* L.) Microencapsulates Obtained by Spray-Drying, Food Research International, 44: 1174-1181.

**Table1** Color of the spray-dried banana powder

| Carrier agent | Inlet temperature | Color | | |
|---|---|---|---|---|
| | | L* | c* | h° |
| MD | 100 | 98.39$^{a}$±0.15 | 4.50$^{gh}$±0.03 | 91.37$^{b}$±0.11 |
| | 120 | 97.54$^{a}$±0.29 | 4.73$^{fg}$±0.10 | 89.60$^{f}$±0.09 |
| | 140 | 97.18$^{ab}$±0.12 | 5.40$^{c}$±0.01 | 94.78$^{a}$±0.09 |
| | 160 | 95.57$^{cd}$±1.75 | 5.32$^{cd}$±0.39 | 88.59$^{h}$±0.36 |
| GA | 100 | 97.63$^{a}$±0.15 | 5.07$^{de}$±0.03 | 89.70$^{ef}$±0.00 |
| | 120 | 95.27$^{d}$±0.07 | 5.76$^{b}$±0.30 | 88.03$^{ij}$±0.46 |
| | 140 | 95.26$^{d}$±0.05 | 6.03$^{ab}$±0.02 | 89.17$^{g}$±0.07 |
| | 160 | 93.54$^{e}$±0.25 | 6.15$^{a}$±0.16 | 88.26$^{hi}$±0.53 |
| AGMD-1 | 100 | 98.13$^{a}$±0.07 | 4.32$^{h}$±0.02 | 90.31$^{cd}$±0.14 |
| | 120 | 95.87$^{bcd}$±0.24 | 5.19$^{cd}$±0.38 | 90.24$^{d}$±0.31 |
| | 140 | 95.52$^{d}$±0.08 | 4.88$^{ef}$±0.11 | 90.09$^{de}$±0.30 |
| | 160 | 94.74$^{de}$±0.11 | 5.32$^{cd}$±0.29 | 84.05$^{l}$±0.37 |
| AGMD-2 | 100 | 98.12$^{a}$±0.20 | 4.51$^{gh}$±0.05 | 90.68$^{c}$±0.14 |
| | 120 | 97.04$^{abc}$±0.07 | 4.35$^{h}$±0.0 | 88.19$^{hij}$±0.10 |
| | 140 | 95.48$^{d}$±3.02 | 4.03$^{i}$±0.07 | 86.11$^{k}$±0.12 |
| | 160 | 95.05$^{de}$±0.16 | 4.89$^{ef}$±0.12 | 87.81$^{j}$±0.18 |
| F-test | | * | ** | ** |
| LSD | | 1.48 | 0.27 | 0.41 |
| C.V. (%) | | 0.93 | 3.63 | 0.29 |

**Table2** %Yield, moisture content, water solubility, water absorption and bulk density of the spray-dried banana powder

| Carrier agent | Inlet temperature | % yield | Moisture content | Water solubility | Water absorption | Bulk density |
|---|---|---|---|---|---|---|
| MD | 100 | 20.17±0.54$^{i}$ | 4.42±0.35$^{a}$ | 93.81±0.43$^{h}$ | 98.61±0.39$^{a}$ | 0.37±0.005$^{ef}$ |
| | 120 | 33.8±0.52$^{cd}$ | 3.52±0.08$^{b}$ | 94.30±0.21$^{g}$ | 96.89±0.10$^{b}$ | 0.30±0.01$^{h}$ |
| | 140 | 36.94±1.08$^{b}$ | 1.84±0.16$^{d}$ | 95.78±0.09$^{b}$ | 95.62±0.29$^{ef}$ | 0.26±0.004$^{i}$ |
| | 160 | 40.70±0.94$^{a}$ | 1.25±0.15$^{e}$ | 97.93±0.36$^{a}$ | 95.18±0.42$^{fg}$ | 0.27±0.007$^{i}$ |
| GA | 100 | 20.79±0.55$^{i}$ | 4.56±0.1$^{a}$ | 94.60±0.32$^{fg}$ | 95.75±0.31$^{cde}$ | 0.40±0.005$^{ab}$ |
| | 120 | 23.77±2.55$^{h}$ | 4.49±0.23$^{a}$ | 94.96±0.17$^{def}$ | 96.15±0.21$^{c}$ | 0.39±0.001$^{bcd}$ |
| | 140 | 28.46±3.50$^{fg}$ | 2.39±0.13$^{c}$ | 95.48±0.19$^{cb}$ | 96.03±0.14$^{cde}$ | 0.37±0.009$^{def}$ |
| | 160 | 31.51±2.75$^{de}$ | 1.94±0.02$^{d}$ | 95.13±0.29$^{cde}$ | 95.70±0.33$^{de}$ | 0.39±0.006$^{abc}$ |
| AGMD-1 | 100 | 22.64±0.51$^{hi}$ | 3.47±0.11$^{b}$ | 93.48±0.38$^{h}$ | 95.98±0.14$^{cde}$ | 0.40±0.001$^{a}$ |
| | 120 | 28.88±0.58$^{efg}$ | 3.26±0.23$^{b}$ | 94.56±0.08$^{fg}$ | 95.92±0.14$^{cde}$ | 0.40±0.002$^{ab}$ |
| | 140 | 33.36±2.91$^{cd}$ | 1.86±0.01$^{d}$ | 94.92±0.14$^{def}$ | 95.64±0.005$^{de}$ | 0.37±0.005$^{ef}$ |
| | 160 | 35.36±2.90$^{bc}$ | 1.36±0.13$^{e}$ | 95.09±0.15$^{cde}$ | 94.58±0.39$^{h}$ | 0.36±0.01$^{fg}$ |
| AGMD-2 | 100 | 23.76±0.55$^{h}$ | 3.41±0.08$^{b}$ | 93.80±0.08$^{h}$ | 96.06±0.05$^{cd}$ | 0.38±0.001$^{cde}$ |
| | 120 | 26.70±1.53$^{g}$ | 3.49±0.17$^{b}$ | 94.81±0.15$^{ef}$ | 95.70±0.33$^{de}$ | 0.36±0.01$^{fg}$ |
| | 140 | 29.64±1.11$^{ef}$ | 2.57±0.02$^{c}$ | 94.87±0.30$^{def}$ | 95.75±0.15$^{cde}$ | 0.35±0.02$^{g}$ |
| | 160 | 31.20±1.89$^{def}$ | 2.00±0.19$^{d}$ | 95.25±0.04$^{cd}$ | 94.88±0.09$^{gh}$ | 0.35±0.01$^{g}$ |
| F-test | | ** | ** | ** | ** | ** |
| LSD | | 2.79 | 0.27 | 0.41 | 0.43 | 0.01 |
| C.V. (%) | | 6.40 | 5.92 | 0.26 | 0.27 | 2.85 |

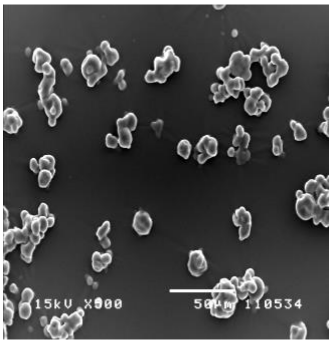



**Figure 1** Morphological characteristics of the spray-dried banana powder using AGMD-2 as carrier agent and inlet temperature of 100°C

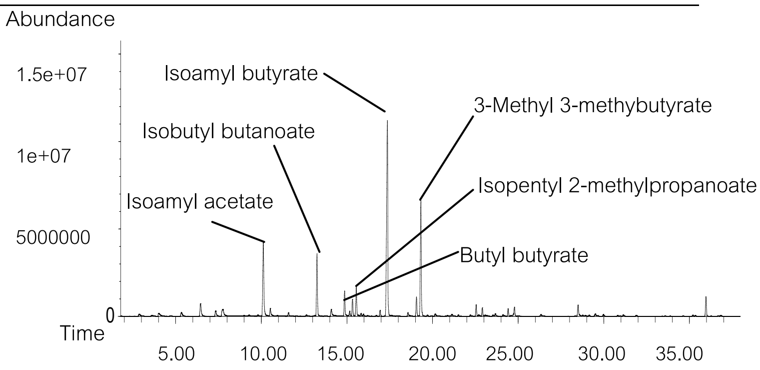



**Figure 2** Volatile compounds of the spray-dried banana powder using AGMD-2 as carrier agent and inlet temperature of 100°C

# การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมการสกัดกากใยอาหารจากเปลือกข้าวด้วยอัลคาไลน์: สมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่

# Alkaline Extraction Optimization, Characteristics and Functional Properties of Dietary Fiber from Rice Hull

กุลนิภา ธนรุ่งรังสี[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Tanarungrangsee, K.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

## Abstract

Rice hull consists of 47% crude fibers and 59.50% total dietary fiber (dry basis). Rice hulls were extracted with NaOH at concentration 4M and 6M, various temperatures of 25$^{O}$C and 70 $^{O}$C and operation times at 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12h. The results showed that 4M NaOH, at temperature 70 $^{O}$C for 10 h provided maximum values of total dietary fiber, holo-cellulose, alpha-cellulose and minimum Klason lignin. Water holding capacity and oil holding capacity showed values were highly significant ($p \leq 0.05$) at 7.16 g water/g powder and 6.17 g oil/g powder, respectively. These properties indicated that rice hull is a valuable source of biopolymer potentially useful as functional food ingredients.

**Keywords:** alkaline extraction, optimization, characterization, dietary fiber, rice hull

## บทคัดย่อ

เปลือกข้าวมีกากใยหยาบ (crude fiber) ร้อยละ 47 และกากใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber) ร้อยละ 59.50 น้ำหนักแห้ง นำเปลือกข้าวมาสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 4 โมลาร์ และ 6 โมลาร์ แปรอุณหภูมิ 25 และ 70 องศาเซลเซียส และเวลา 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ชั่วโมง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด พบว่าการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 โมลาร์ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง มีปริมาณกากใยอาหารทั้งหมด โฮโล-เซลลูโลส อัลฟา-เซลลูโลสมากที่สุด แต่มีปริมาณ Klason lignin น้อยที่สุด สมบัติเชิงหน้าที่ของกากใยอาหารที่ได้มี ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มไขมันเท่ากับ 7.16 กรัมน้ำต่อกรัมกากใยอาหาร และ 6.17 กรัมน้ำมันมันต่อกรัมกากใยอาหาร ตามลำดับ จากผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าเปลือกข้าวเป็นแหล่งของกากใยอาหารที่มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

**คำสำคัญ:** การสกัดด้วยอัลคาไลน์ สภาวะที่เหมาะสม คุณสมบัติ กากใยอาหาร เปลือกข้าว

## คำนำ

กากใยอาหาร เป็นส่วนของพืชที่เป็นคาร์โบไฮเดรตสามารถรับประทานได้ทนต่อการย่อยและดูดซึมในลำไส้ของมนุษย์ อีกทั้งยังสามารถเกิดการหมักอย่างสมบูรณ์หรือบางส่วนในลำไส้ใหญ่โดยจุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotic) (American Association of Cereal Chemists, 2001) กากใยอาหารยังรวมถึงสารต่างๆ (associated components) ที่รวมอยู่กับกากใยอาหาร เช่น ลิกนิน (lignin) (Anderson และ Bridges, 1988; Li และ McDonald, 2014) แทนนิน (tannin) (Basso และคณะ, 2014) เป็นต้น แต่กากใยอาหารที่สกัดแยกเอาสารข้างต้นที่อยู่รวมกับกากใยอาหาร ออกจึงไม่จัดว่าเป็นกากใยอาหาร นอกจากนี้ตามคำจำกัดความตาม EU กากใยอาหารยังรวมถึงโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) ชนิดต่างๆ (Qiang และคณะ, 2009) ที่มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotics) (Wichienchot และคณะ, 2010) กากใยอาหารแบ่งตามความสามารถใน การละลายได้ 2 ประเภท คือ กากใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ เช่น เซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นกากใยอาหารที่มีปริมาณมากที่สุดและพบได้ง่ายที่สุด (Sun และ Hughes, 1997; Sun และคณะ, 2004) และกากใยอาหารชนิดละลายน้ำ เช่น เพคติน (pectins) (Gnanasambandam, 1998; Jimenez และ Sanchez, 2000; Monsoor, 2005; Yang และคณะ, 2014; Alba และคณะ, 2015) และเบต้า- กลูแคน (beta-glucan) (Chan และคณะ, 2009) สำหรับสมบัติเชิงหน้าที่ ของกากใยอาหาร (functional properties) ทั้งชนิดที่ละลายน้ำและไม่

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ละลายน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ความสามารถในการละลาย (solubility) ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity) ความสามารถในการเพิ่ม ปริมาตร (bulking agent) เนื่องจากรูพรุน (porosity) (Mudgil และคณะ, 2013) ความสามารถในการเป็นอาหารสำหรับ จุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotic) เป็นต้น ทั้งนี้พบว่า การสกัดกากใยอาหารด้วยวิธีทางเคมีเป็นการช่วยในการปรับปรุง สมบัติดังกล่าวให้ดีมากยิ่งขึ้น เช่น การสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก โดยเฉพาะการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถ กำจัดลิกนิน ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ต้องการออกได้มาก ทั้งนี้แหล่งของกากใยอาหารที่เหมาะสมสำหรับนำมาสกัดกากใยอาหาร ได้แก่ เปลือกข้าว เนื่องจากเป็นแหล่งของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่อยู่ในส่วนของผนังเซลล์สูง อีกทั้งเป็นผลพลอยได้จาก การทำเกษตรกรรมซึ่งมีปริมาณมากถึง 30 ล้านตันต่อปี (World Rice Production Consumption and Ending Stocks, 2013) โดยเกษตรกรส่วนใหญ่เลือกใช้วิธีการเผาทำลาย ซึ่งถือว่าเป็นการสร้างมลภาวะทางอากาศและเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนจากการทำเกษตรกรรมอีกด้วย เนื่องจากการเผาก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) และยังทำลายธาตุอาหารของพืชและจุลินทรีย์ที่ดีในดินให้หมดไป (Garcia และคณะ, 2010) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมการสกัดกากใยอาหารจากเปลือกข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และศึกษา สมบัติเชิงหน้าที่ของกากใยอาหารจากเปลือกข้าวหลังการสกัด

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำเปลือกข้าวมาล้างน้ำเพื่อทำความสะอาด จากนั้นนำไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 5 นำเปลือกข้าวบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่น IKA รุ่น M20 แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช เก็บตัวอย่างที่ได้ในถุงซิปล็อคพอลิเอทิลีน แล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้นและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน กากใยหยาบ และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000) จากนั้นนำเปลือกข้าวมาสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 4 โมลาร์ และ 6 โมลาร์ แปรอุณหภูมิ 25 และ 70 องศาเซลเซียส และเวลา 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงกรองแยกกากใยอาหารกับสารละลาย ออกจากกัน ล้างกากใยอาหารด้วยน้ำสะอาดจนกระทั่งมี pH เป็นกลาง จากนั้นนำกากใยอาหารอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งกากใยอาหารมีความชื้นคงที่ จากนั้นวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ ของกากใยอาหาร ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ปริมาณร้อยละผลผลิต กากใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber) โฮโล-เซลลูโลส (holo-cellulose) แอลฟา-เซลลูโลส (alpha-cellulose) Klason lignin ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมันและค่าการละลาย (Alventosa และคณะ, 2008) วางแผนการทดลองแบบ 2x2x7 Factorial in Randomized Completely Block Design (RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทาง สถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เปลือกข้าวมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 5.89 และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 2.00 ไขมันร้อยละ 0.42 กากใยหยาบร้อยละ 47.24 เถ้าร้อยละ 14.64 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 29.81 (Table 1) เปลือกข้าวมีกากใยหยาบเป็นองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานมากที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ($p \leq 0.01$) เนื่องจากเป็น ส่วนของผนังเซลล์ (cell wall) โดยกากใยหยาบใน เปลือกข้าวเป็นสารจำพวกเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน

ลักษณะปรากฏของเปลือกข้าวที่ไม่ผ่านการสกัดมีสีเหลืองสว่าง (Figure 1) ส่วนกากใยอาหารจากเปลือกข้าว หลังสกัดด้วยตัวทำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 โมลาร์ และ 6 โมลาร์ มีสีเข้มข้นแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการรวมตัวระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์กับสารในกลุ่มของลิกนิน ทำให้โครงสร้างฟีนอลกลายเป็นโซเดียมฟีโนไซด์ (sodium phenoxide) ที่มีสีเหลืองเข้ม (Kunert และคณะ, 1997) การสกัดกากใยอาหารจากเปลือกข้าวด้วยตัวทำละลาย โซเดียมไฮ-ดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 และ 6 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 25 และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลานาน 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ชั่วโมง พบว่าปริมาณร้อยละผลผลิตของกากใยอาหารจากเปลือกข้าว ลดลงเรื่อยๆ ตามอุณหภูมิและเวลาที่มากขึ้น โดยการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 6 โมลาร์ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง มีปริมาณร้อยละ กากใยอาหารทั้งหมด ปริมาณโฮโล-เซลลูโลสและปริมาณแอลฟา-เซลลูโลสมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการสกัดด้วยโซเดียม ไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 โมลาร์ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง และทั้งสองภาวะมีปริมาณลิกนินลดลงมากที่สุดไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ช่วยสลายพันธะแอลฟา-อีเทอร์และพันธะเอสเธอร์ระหว่างลิกนินกับ เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส (วิทยา และคณะ, 2011) ทำให้มอนอเมอร์ของลิกนิน เช่น para-coumaric acid เป็นต้น ละลายออกมาอยู่ใน

ส่วนของเหลว (Ramarathnam และคณะ, 1988) โดยโซเดียมไฮดรอกไซด์รวมตัวกับลิกนิน และ Klason lignin เกิดเป็นโครงสร้างเชิงซ้อน เปลี่ยน Klason lignin จากฟีนอลิกที่ไม่ละลายน้ำให้สามารถละลายน้ำได้ ทำให้ Klason lignin ละลายอยู่ในส่วนของเหลวและถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนการกรองและล้างน้ำเพื่อปรับ pH (Egues และคณะ, 2014) สมบัติเชิงหน้าที่ได้แก่ ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน และค่าการละลายของกากใยอาหารจากเปลือกข้าวที่ไม่ผ่านการสกัด มีความแตกต่างกับกากใยอาหารที่ผ่านการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถกำจัด Klason lignin และสารแทรกที่ทำ หน้าที่เป็นสารเคลือบอยู่บริเวณผิวของผนังเซลล์ ทำให้เกิดโครงสร้างเกิดรูพรุนและโครงสร้างของเซลลูโลสมีความบริสุทธิ์ มากขึ้น อีกทั้งโซเดียมไฮดรอกไซด์ยังเพิ่มการพองตัวของเซลลูโลสในส่วนของอสัณฐาน และสามารถสลายเซลลูโลส ในส่วนที่เป็นผลึก (crystalline cellulose) ให้ลดลง เป็นการเพิ่มช่องว่างระหว่างโครงข่าย (network) ของกากใยอาหาร โดยค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันและค่าการละลายของกากใยอาหารที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 โมลาร์ เท่ากับ ตามลำดับ

## สรุปผล

กระบวนการสกัดกากใยอาหารด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 โมลาร์ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลาการสกัดนาน 10 ชั่วโมง เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสกัดกากใยอาหารจากเปลือกข้าว โดยกากใยอาหาร ที่ได้มีปริมาณกากใยอาหารทั้งหมด โฮโล-เซลลูโลส แอลฟา-เซลลูโลสสูงที่สุด แต่ปริมาณ Klason lignin ต่ำที่สุด ส่วนสมบัติเชิงหน้าที่ของกากใยอาหารที่ได้มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูงที่สุด แต่ค่า การละลายน้ำต่ำไม่แตกต่างกับเปลือกข้าวที่ไม่ได้ผ่านการสกัด

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท สยามเนเชอรัล โปรดักซ์ จำกัด และโครงการส่งเสริมงานวิจัยในอุดม ศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## เอกสารอ้างอิง

วิทยา ปั้นสุวรรณ ศิริพร เสนียุทธ เสาวภาคย์ สาริมาน และกุลธิดา อินทรัต, 2544, การผลิตเยื่อที่มีแอลฟาเซลลูโลส สูงและไซโลสจากชานอ้อยโดยวิธีระเบิดด้วยไอน้ำ, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ครั้งที่ 39, หน้า 79-86.

Alba, K., Laws, A.P. and Kontogiorgos, V., 2015, Isolation and Characterization of Acetylated LM-pectins Extracted from Okra Pods, Food Hydrocolloids, 43: 726-735.

Alventosa, J.M.F., Gutierrez, G.R., Carmona, S.J., Calvo, J.A.E., Arcos, R.R., Bolanos, J.F., Bejarano, R.G., Araujo, A.J., 2008, Effect of Extraction Method on Chemical Composition and Functional Characteristics of High Dietary Fibre Powders Obtained from Asparagus By-Products, Food Chemistry, 113: 665-671.

American Association of Cereal Chemists, 2001, The Definition of Dietary Fiber. Cereal Food World, 46: 112–113.

Anderson, J.W. and Bridges, S.R., 1988, Dietary Fiber Content of Selected Foods, American Journal of Clinical Nutrition, 47: 440-447.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, Virginia.

Basso, M.C., Lacostec, C., Pizzi, A., Fredonc E. and Delmottee, L., 2014, MALDI-TOF and 13C NMR analysis of Flexible Films and Lacquers Derived from Tannin, Industrial Crops and Products, 61: 352–360.

Egues, I., Stepan, A.M., Eceiza, A., Toriz, G., Gatenholm, P. and Labidi, J., 2014, Corncob Arabinoxylan for New Materials, Carbohydrate Polymers, 102: 12-20.

Garcia, J.C., Diaz, M.J., Garcia, M.T., Feria, M.J., Gomez, D.M. and Lopez, F., 2010, Search for Optimum Conditions of Wheat Straw Hemicelluloses Cold Alkaline Extraction Process, Biochemical Engineering Journal, 71: 127-133.

Gnanasambandam, R., 1998, Preparation of Soy Hull Pectin, Food Chemistry, 65: 461-467.

Jimenez-Escrig, A. and Sanchez-Muniz, F.J., 2000, Dietary Fibre from Edible Seaweeds: Chemical Structure, Physicochemical Properties and Effects on Cholesterol Metabolism, Nutrition Research, 20: 585–598.

Kunert, M., Dinjus, E., Nauck, M. and Sieler, J., 1997, Structure and Reactivity of Sodium Phenoxide-Following the Course of the Kolbe-Schmitt Reaction, Chemische Berichte, 130: 1461-1465.

Monsoor, M.A., 2005, Effect of Drying Methods on the Functional Properties of Soy Hull Pectin, Carbohydrate Polymers, 61: 362-367.

Mudgil, D. and Sheweta, B., 2013, Composition, Properties and Health Benefits of Indigestible Carbohydrate Polymers as Dietary Fiber: A Review, International Journal of Biological Macromolecules, 61: 1-6.

Li, H. and McDonald A.G., 2014, Fractionation and Characterization of Industrial Lignins, Industrial Crops and Products, 62: 67–76.

Qiang, X., YongLie, C. and QianBing, W., 2009, Health Benefit Application of Functional Oligosaccharides, Carbohydrate Polymers, 77: 435-441.

Ramarathnam, N., Osawa, T., Namiki, M. and Kawakishi, S., 1988, Chemical Studies on Novel Rice Hull Antioxidant Isolation, Fractionation and Partial Characterization, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 36: 732-737.

Sun, J.X., Sun, X.F., Zhao, H. and Sun, R.C., 2004, Isolation and Characterization of Cellulose from Sugarcrane Bagasse, Polymer Degradation and Stability, 84: 331-339.

Sun, R. and Hughes, S., 1997, Fractional Extraction and Physic-chemical Characterization of Hemicelluloses and Cellulose from Sugar Beet Pulp, Carbohydrate Polymers, 36: 293-299.

Wichienchot, S., Jatupornpipat, M. and Rastall, R. A., 2010, Oligosaccharides of Pitaya (dragon fruit) Flesh and their prebiotic properties, Food Chemistry, 120; 850-857.

World Rice Production Consumption and Ending Stocks, 2013, Thai Rice Exporters Association [Online], Available: http://www.thairiceexporters.or.th [August 1, 2014].

Yang, J., Xiao, A. and Wang, C., 2014, Novel Development and Characterisation of Dietary Fibre from Yellow Soybean Hulls, Food Chemistry, 161: 367-375.

a) b) c)

**Figure 1** The color of grinded rice hull (a), rice hull treated by 4 M NaOH (b), rice hull treated by 6 M NaOH (c)

**Table 1** The chemical compositions and total dietary fiber of rice hull (RH)

| Chemical compositions (%) | Rice Hull |
|---|---|
| Moisture content | 5.89±0.07 $^{d}$ |
| Protein | 2.00±0.01$^{e}$ |
| Fat | 0.42±0.02$^{f}$ |
| Crude Fiber | 47.24±0.01$^{a}$ |
| Ash | 14.64±0.10$^{c}$ |
| Carbohydrate | 29.81±0.06$^{b}$ |

$^{a, b, c,...}$ Means with different letters are significantly different according to Duncan's Multiple Range Test ($p \leq 0.01$).

**Table 2** The effect of 4 M sodium hydroxide for 70°C extraction processing on physicochemical properties of dietary fiber from rice hull

| Time (h) | Chemical Compositions (%) | | | | | Functional Properties | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Extraction yield | Total Dietary Fiber | Holo cellulose | Alpha cellulose | Klason lignin | Water Holding Capacity | Oil Holding Capacity | Solubility |
| 0 | 100$^{a}$ | 59.50$^{f}$ | 53.98$^{f}$ | 55.95$^{f}$ | 32.17$^{a}$ | 3.69$^{e}$ | 2.34$^{e}$ | 0.01$^{a}$ |
| 2 | 44.39$^{b}$ | 72.92$^{e}$ | 66.54$^{e}$ | 83.06$^{e}$ | 26.08$^{b}$ | 6.74$^{d}$ | 4.97$^{d}$ | 0.01$^{a}$ |
| 4 | 27.86$^{c}$ | 76.82$^{d}$ | 67.16$^{d}$ | 83.45$^{d}$ | 24.06$^{c}$ | 7.59$^{c}$ | 5.78$^{d}$ | 0.02$^{a}$ |
| 6 | 26.16c$^{d}$ | 82.92$^{c}$ | 68.36$^{c}$ | 90.08$^{c}$ | 22.59$^{d}$ | 7.78$^{b}$ | 6.43$^{c}$ | 0.01$^{a}$ |
| 8 | 24.88$^{de}$ | 85.72$^{b}$ | 74.32$^{b}$ | 93.48$^{b}$ | 16.15$^{e}$ | 8.93$^{b}$ | 7.54$^{b}$ | 0.01$^{a}$ |
| 10 | 23.94$^{e}$ | 89.42$^{a}$ | 78.66$^{a}$ | 95.75$^{a}$ | 15.61$^{f}$ | 9.90$^{a}$ | 8.89$^{a}$ | 0.01$^{a}$ |
| 12 | 23.06$^{f}$ | 89.54$^{a}$ | 78.78$^{a}$ | 95.84$^{a}$ | 15.74$^{f}$ | 9.96$^{a}$ | 8.91$^{a}$ | 0.01$^{a}$ |

$^{a, b, c,...}$ Means within a column with the same letter are not significantly different ($p \leq 0.01$) as determined using Duncan's multiple range test

# ผลของการใช้ปุ๋ยสั่งตัดต่อการเจริญเติบโตของข้าวหอมมะลิ 105 อินทรีย์ เพื่อพัฒนาเป็นแปลงต้นแบบเกษตรอินทรีย์ในชุมชนเกษตรกรรม

# Effect of Tailor-made Fertilizer Using for Growth of Organic Jasmine Rice 105 to Model Field Organic Agriculture Development on Community Agricultural

**ชินกฤต สุวรรณคีรี[1] ชินวร พิริยะพงศ์พิทักษ์[2] สมศักดิ์ จีรัตน์[2] และ กฤตวิทย์ วางขุนทด[3]**

Suwanakeree, C.[1], Piriyapongpitak, C.[1], Jeerat, S.[2] and Wangkuntod, K.[3]

## Abstract

The experiment was RCBD 4 treatments 3 replications. Tailor-made fertilizer was sowing after planting 15 days and at booting rice stage. Tr1, 2, 3 and Tr4 was sowing 300, 400, 500 and 600 kg/rai. The sampling plant was 1 $m^2$/rep 3 rep/treat performed before harvesting day. The analysis was to height (H), tiller number (TN), seed number/spike (SN), length spike (LS), straw weight (SW), mix seed weight (MSW) and filled seed weight (FSW). The result was found that not significant differently ($P \geq 0.05$) to every treatment. The H was found that 115, 113, 104, 102 cm. of Tr2, 1, 4, 3. The TN was to 226, 225, 218, 207 tiller of Tr4, 2, 3, 1. The NS was to 150, 140, 132, 128 seed of Tr1, 2, 3, 4. The SW was to 1125, 992, 915, 899 gm. of Tr4, 3, 1, 2. The FSW was 648, 584, 566, 559 gm. of Tr2, 1, 3, 4. The LS and MSW were showed that Tr2, 3, 1, 4. The LS was 24.75, 24.67, 24.52, 24.37 cm. And the MSW was to 680, 623, 619 and 615 gm, respectively.

**Keywords:** Tailor-made fertilizer, jasmine rice 105, organic agriculture, community agricultural

## บทคัดย่อ

วางแผนการทดลองแบบ RCBD 4 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ หลังปลูก 15 วันและช่วงข้าวตั้งท้องหว่านปุ๋ยสั่งตัด ตำรับ 1, 2, 3 และ 4 อัตรา 300, 400, 500 และ 600 กก./ไร่ ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตสุ่มเก็บตัวอย่างเนื้อที่ 1 ตร.ม ต่อ 1 ซ้ำ 3 ซ้ำต่อ 1 ตำรับ มาวิเคราะห์หาค่าความสูง จำนวนหน่อ จำนวนเมล็ดต่อรวง ความยาวรวง น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดรวม และดี *ผลการวิจัย*พบว่า ทุกตำรับไม่มีความแตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) คือ ตำรับ 2, 1, 4, 3 ให้ความสูง 115 ,113, 104, 102 ซม. จำนวนหน่อ ตำรับ 4, 2, 3, 1 = 226, 225, 218, 207 หน่อ จำนวนเมล็ด ตำรับ 1, 2, 3, 4 = 150, 140, 132, 128 เมล็ด น้ำหนักฟาง ตำรับ 4, 3, 1, 2 = 1,125, 992, 915, 899 กรัม น้ำหนักเมล็ดดี ตำรับ 2, 1, 3, 4 = 648, 584, 566, 559 กรัม ความยาวรวงและน้ำหนักเมล็ดรวมตำรับ 2 รองลงมาคือ ตำรับ 3, 1, 4 โดยความยาวรวง = 24.75, 24.67, 24.52, 24.37 ซม. ส่วนน้ำหนักเมล็ดรวม = 680, 623, 619, 615 กรัม ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: ปุ๋ยสั่งตัด ข้าวหอมมะลิ 105 เกษตรอินทรีย์ ชุมชนเกษตรกรรม

## คำนำ

ปัจจุบันผู้ผลิตและผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้ตระหนักถึงปัญหาสุขภาพของตนเองมากยิ่งขึ้น ซึ่งสืบเนื่องมาจากการผลิตและการบริโภคผลิตผลทางการเกษตรที่มีการใช้สารเคมีเป็นปัจจัยการผลิต โดยเฉพาะข้าวเป็นเมล็ดของพืชในสกุลข้าวที่พบมากในเอเชีย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญ โดยเฉพาะในทวีปเอเชีย จากข้อมูลเมื่อปี พ.ศ. 2553 พบว่า ข้าวเป็นธัญพืชที่มีการเพาะปลูกมากที่สุดเป็นอันดับสองของโลกรองจากข้าวโพด (ที่มา https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%82%E0) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 หรือข้าวหอมมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวหอมที่ได้จากการนำข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากแปลงนาเกษตรกร อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา จำนวน 199 รวง มาปลูกเพื่อ

[1] **ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่** 50200

[1] Center of Agricultural Resource System Research, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200

[2] **ศูนย์วิจัย สาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่** 50200

[2] Mae Hia Agricultural Research Demonstrative and Training Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200

[3] **ฟาร์มเกษตรอินทรีย์คุณทวด ตำบลสันติสุข อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย** 57120

[3] Khun Thuad Organic Farming, Santisuk Sub district, Pan District, Chiang Rai Province 5712

ศึกษาพันธุ์และได้ข้าวรวงที่ 105 ที่มีลักษณะพิเศษคือ มีกลิ่นหอม และเมล็ดอ่อนนุ่มเมื่อนำมาหุงต้ม ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงพันธุ์ให้บริสุทธิ์ตามหลักวิชาการจนได้สายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และรัฐบาลไทยประกาศให้ขยายพันธุ์และส่งเสริมการปลูกได้ตั้งแต่วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2502 เป็นต้นมา สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวหอมมะลิ 105 ที่เหมาะสมคือ พื้นที่การเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และพื้นที่ภาคกลางบางส่วน (วิไลภรณ์, 2558) ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ (Organic Jasmine Rice) เป็นข้าวหอมมะลิที่ได้จากกระบวนการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ โดยหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี หรือสารสังเคราะห์ต่างๆ เช่น ปุ๋ยเคมี และใช้ใช้สารอินทรีย์แทน เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด (นิรนาม, 2557)

ปุ๋ยสั่งตัดคืออะไร ปุ๋ยเคมีสั่งตัดคือ การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินหรือกลุ่มชุดดิน โดย ศ.ดร.ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับกรมพัฒนาที่ดิน กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้นำข้อมูลดิน พืช ปุ๋ย มาเชื่อมโยงกับค่าวิเคราะห์ดินเพื่อใช้ในการให้คำแนะนำการจัดการดิน การใช้ปุ๋ย รวมทั้งผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์มาคำนวณในคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมจำลองการปลูกพืชที่สลับซับซ้อน สรุปคือ คำแนะนำปุ๋ยแบบ "สั่งตัด" จะแตกต่างกันในดินแต่ละชนิด เช่น คำแนะนำปุ๋ยข้าวในชุดดินอยุธยาและชุดดินมโนรมย์ไม่เท่ากัน ถึงแม้ว่าปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุโปแตสเซียมที่วิเคราะห์ได้ในดินเท่ากัน อีกกรณีหนึ่งคือ แม้เป็นดินชุดเดียวกัน แต่หากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชได้ไม่เท่ากันการใช้ปุ๋ยก็แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าปัจจุบันมีการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ว่ามีความแตกต่างจากแนวคิดเรื่องปุ๋ยสั่งตัดคือ คำแนะนำดังกล่าวไม่ได้คำนึงถึงสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินแต่ละชนิด นอกจากจะพูดถึงเรื่องของการใช้ปุ๋ยเคมีแล้ว สิ่งหนึ่งที่ควรคำนึงถึงคือ เรื่องของการใช้อินทรียวัตถุช่วยในการปรับปรุงดิน เกษตรกรควรปรับปรุงดินโดยใช้อินทรียวัตถุต่างๆ เท่าที่หาได้ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทางแรกที่ทำได้คือ การไม่เผาฟาง ซึ่งเป็นทางหนึ่งในการเพิ่มอินทรียวัตถุที่ดีมาก (นิรนาม, 2558) และในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีการใช้ปุ๋ยเคมีสั่งตัดกับการเพิ่มผลผลิตของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก อาจเนื่องมาจากปัญหาความซับซ้อนหรือการเข้าถึงองค์ความรู้เรื่องปุ๋ยเคมีสั่งตัดของเกษตรกร อย่างไรก็ตามในการผลิตข้าวอินทรีย์มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นปัจจัยการผลิต และเกษตรกรมักมีปัญหาเกี่ยวกับอัตราการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในไร่นาของตนเอง จึงเป็นที่มาของคำว่า ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัด โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเป็นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัดในกระบวนการผลิตข้าวหอมมะลิ 105 อินทรีย์ เพื่อพัฒนาเป็นแปลงต้นแบบเกษตรอินทรีย์ในชุมชนต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

1. เตรียมแปลงทดลอง ขนาด 40x40 เมตร ณ พื้นที่ของเกษตรกรบ้านเหมืองง่า ต.สันติสุข อ.พาน จ.เชียงราย เก็บตัวอย่างดินนำมาวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโปแตสเซียม ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยเพื่อนวัตกรรมเครื่องมือวิเคราะห์และไฟฟ้าเคมี ภาควิชาเคมีและศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2. ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพตามผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน (ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัด) ณ หน่วยวิจัยและพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ศูนย์วิจัย สาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3. *ปลูกข้าวบนแปลงทดลอง* ระยะห่างระหว่างแถวและต้น เท่ากับ 25x25 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) มี 4 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ โดยหลังปลูกข้าว 15 วัน ดังนี้

ตำรับที่ 1 หว่านปุ๋ยสั่งตัด 150 กก.ต่อไร่ และในช่วงระยะข้าวตั้งท้องหว่านปุ๋ยสั่งตัด 150 กก.ต่อไร่

ตำรับที่ 2 หว่านปุ๋ยปุ๋ยสั่งตัด 200 กก.ต่อไร่ และในช่วงระยะข้าวตั้งท้องหว่านปุ๋ยสั่งตัด 200 กก.ต่อไร่

ตำรับที่ 3 หว่านปุ๋ยสั่งตัด 250 กก.ต่อไร่ และในช่วงระยะข้าวตั้งท้องหว่านปุ๋ยสั่งตัด 250 กก.ต่อไร่ อัตราแนะนำ

ตำรับที่ 4 หว่านปุ๋ยสั่งตัด 300 กก.ต่อไร่ และในช่วงระยะข้าวตั้งท้องหว่านปุ๋ยสั่งตัด 300 กก.ต่อไร่

4. *การเก็บรวบรวมข้อมูล* เมื่อต้นข้าวอายุได้ 114 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างพื้นที่ 1 ตร.ม ต่อ 1 ซ้ำ 3 ซ้ำต่อ 1 ตำรับ จดบันทึกข้อมูลค่าความสูง จำนวนหน่อ จำนวนเมล็ดต่อรวง ความยาวรวง น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดีของข้าวหอมมะลิ 105

5. *วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และระยะเวลาทำการศึกษาวิจัย*

*วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล* วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix Version 8 (Analytical Software, Inc.)

*ระยะเวลาทำการศึกษาวิจัย* ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2555 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2557

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ค่าความสูง จำนวนหน่อ จำนวนเมล็ดต่อรวง ความยาวรวง น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดีของข้าวหอมมะลิ 105 อินทรีย์ ทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แสดงดังตาราง (Table1) จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นได้ว่าผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัดในตำรับที่ 2 ที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัด อัตรา 400 กก./ไร่ เป็นปัจจัยการผลิตให้ความสูงมากที่สุด 114.53 ซม. รองลงมาคือตำรับ 1, 4 และ 3 เท่ากับ 113.32, 103.87 และ 102.33 ซม ตามลำดับ สำหรับจำนวนหน่อต่อกอพบว่า ตำรับที่ 4 ให้จำนวนหน่อ เท่ากับ 225.67 กรัม รองลงมาคือ ตำรับ 2, 3 และ 1 เท่ากับ 225.33, 217.67 และ 207.33 หน่อ ส่วนจำนวนเมล็ดต่อรวงตำรับที่ 1 เท่ากับ 149.87 เมล็ด รองลงมาคือ ตำรับ 2, 3 และ 4 เท่ากับ 139.83, 131.63 และ 127.93 เมล็ด ตามลำดับ ความยาวรวงตำรับที่ 2 เท่ากับ 24.750 ซม. รองลงมาคือ ตำรับ 3, 1 และ 4 เท่ากับ 24.67, 24.52 และ 24.37 ซม. ตามลำดับ น้ำหนักฟางตำรับที่ 4 เท่ากับ 1125 กรัม รองลงมาคือ ตำรับ 3, 1 และ 2 เท่ากับ 991.7, 915 และ 899.3 กรัม ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักเมล็ดรวมตำรับที่ 2 เท่ากับ 679.67 กรัม รองลงมาคือ ตำรับที่ 3, 1 และ 4 เท่ากับ 623, 618.67 และ 614.67 กรัม ส่วนน้ำหนักเมล็ดดีตำรับที่ 2 เท่ากับ 648.33 กรัม รองลงมาคือ ตำรับที่ 1, 3 และ 4 เท่ากับ 584, 565.67 และ 559 กรัม แต่อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัดในตำรับที่ 3 ซึ่งเป็นอัตราแนะนำให้ผลผลิตเป็นความยาวรวง น้ำหนักฟาง และน้ำหนักเมล็ดรวมรองลงมา และจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิตพบว่า ทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรหรือผู้ผลิตข้าวหอมมะลิ 105 อินทรีย์ สามารถใช้ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัดได้ในแปลงนาของตนเองในอัตราส่วนระหว่าง 200–500 กก./ไร่ หรือตามอัตราแนะนำ

## สรุปผล

ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัดที่ตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของข้าวหอมมะลิ 105 ทั้งความสูง ความยาวรวง น้ำหนักเมล็ดรวมและน้ำหนักเมล็ดดีคือ ปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัดที่ใช้อัตราส่วน 400 กก./ไร่ เป็นปัจจัยการผลิต ส่วนปุ๋ยอินทรีย์สั่งตัดอัตราแนะนำ 500กก./ไร่ ให้ผลตอบสนองรองลงมาคือ ความยาวรวง น้ำหนักฟาง และน้ำหนักเมล็ดรวม

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีโดยได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2556 ศูนย์วิจัยวิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## เอกสารอ้างอิง

วิไลภรณ์ ชนกนำชัย, 2558, การปลูกข้าวข้าวขาวดอกมะลิ 105 [สืบค้น], http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/rice/rice.pdf [กรกฎาคม 2558].

นิรนาม, 2557, ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ (Organic Jasmine Rice) [สืบค้น], http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8 %B2% [9/ December/ 14].

นิรนาม, 2558, ปุ๋ยสั่งตัด [สืบค้น], http://r01.ldd.go.th/aya /ayawb/view.asp?ID=382 [16/ July/ 14].

**Table 1** The effect of treatments on yield and yield components of Organic Jasmine Rice 105

| Description | Yield and Yield Components | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Height (H=cm) | Tiller number / clump (TN) | Seed number / spike (SN) | Length spike (LS=cm) | Straw weight (SW=gm) | Mix seed weight (MSW=gm) | Filled seed weight (FSW=gm) |
| Tr1 | 113.32 | 207.33 | 149.87 | 24.517 | 915 | 618.67 | 584 |
| Tr2 | 114.53 | 225.33 | 139.83 | 24.750 | 899.3 | 679.67 | 648.33 |
| Tr3 | 102.33 | 217.67 | 131.63 | 24.667 | 991.7 | 623 | 565.67 |
| Tr4 | 103.87 | 225.67 | 127.93 | 24.367 | 1125 | 614.67 | 559 |
| F-test | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| $LSD_{0.05}$ | 12.817 | 36.185 | 35.065 | 1.5125 | 744.10 | 90.317 | 108.60 |
| C.V.(%) | 5.91 | 8.27 | 12.78 | 3.08 | 37.90 | 7.13 | 9.23 |

Means in the same column followed by the same letter are not significant difference ($p \geq 0.05$) by DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ns = not significantly differently * = significantly differently Tr = Treatment

# ผลของความถี่ของการให้น้ำและสูตรปุ๋ยต่อสบู่ดำ

# Effect of Water Supply Frequency and Fertilizer Formula on *Jatropha curcas* L.

ธิติภูมิ สายะสนธิ[1] วีระพันธุ์ สรีดอกจันทร์[1] และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์[1]
Sayasondhi, T.[1], Sridokchan, W. [1] and Srinives, P.[1]

## Abstract

The aim of this research was to determine the effect of water supply frequency and fertilizer formula on the seed yield and oil content of *Jatropha curcas* L. Cost of Jatropha oil production is high due to low yield and high labor cost of harvesting. A split plot in a RCBD was used in this study. Main plots were watered at various frequencies; I1 was watered for 1 day without being watered for 2.5 days; I2 was watering for 3 days without watering for 11 days. Subplots were treated with four different formula fertilizers; F1: N(Urea)-P-K, F2: N(Urea)-P-K+DT, F3: N(AmS)-P-K and F4: N(AmS)-P-K+DT. The treatments were applied in 4 replications with 9 plants per replication. Growth characteristics and inflorescences frequency were not significantly different between I1 and I2, but dry seed weight in I1 was higher than in I2 (474.91 and 401.41 kg/rai/year, respectively) in both the rainy and dry season. Fertilizer formula F2 and F4 increased leaf greenness in the dry season, but did not affect seed yield and oil content.

**Keywords:** nitrogen form, micronutrient, oil content, water deficit

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความถี่ของการให้น้ำและสูตรปุ๋ยต่อสบู่ดำต่อผลผลิตเมล็ดและเปอร์เซ็นต์น้ำมันของสบู่ดำ (*Jatropha curcas* L.) น้ำมันสบู่ดำมีต้นทุนการผลิตสูงเนื่องจากผลผลิตเมล็ดต่ำและค่าแรงในการเก็บผลผลิตที่ออกไม่พร้อมกันวางแผนการทดลองแบบ split plot in RCBD ปัจจัยหลักคือความถี่การให้น้ำ 2 แบบ ได้แก่ (I1) ให้น้ำ1 วัน เว้น 2.5 วัน และ (I2) ให้น้ำ 3 วัน เว้น 11 วัน ปัจจัยรองคือปุ๋ย 4 สูตร ได้แก่ (F1) N (urea)-P-K (F2) N (urea)-P-K+DT (trace element) (F3) N (AmS)-P-K และ (F4) N (AmS)-P-K+DT ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำ 9 ต้น พบว่า ความถี่ของการให้น้ำไม่ส่งผลต่อค่าการเจริญเติบโตและเวลาในการสร้างช่อดอก แต่ I1 ส่งผลให้น้ำหนักแห้งเมล็ดมากกว่า I2 ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญโดยมีผลผลิตเมล็ดแห้งรวมทั้งปีเท่ากับ 474.91 และ 401.41 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่ปุ๋ยสูตร F2 และ F4 ส่งผลให้ค่าความเขียวใบสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในฤดูแล้งแต่ไม่ส่งผลต่อ ผลผลิตเมล็ดและเปอร์เซ็นต์น้ำมัน ซึ่งอาจเป็นเพราะผลผลิตสบู่ดำมีความสัมพันธ์กับปุ๋ยหลัก NPK มากกว่าปุ๋ยเสริม DT

**คำสำคัญ**: รูปไนโตรเจน ธาตุอาหารเสริม ปริมาณน้ำมัน การขาดน้ำ

## คำนำ

สบู่ดำเป็นพืชพลังงานทางเลือกที่ได้รับการยอมรับจากองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ให้เป็นพืชน้ำมันสำหรับพลังงานทดแทน (Akbar และคณะ, 2009) การปลูกสบู่ดำในเชิงอุตสาหกรรมยังประสบปัญหาด้านต้นทุนการผลิตเนื่องจากผลผลิตน้ำมันต่อเฮกแตร์ต่ำในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม (Becker และ Francis, 2005) และการสุกแก่ของผลที่ไม่พร้อมกันแต่ถ้ามีความชื้นที่เพียงพอที่จะส่งเสริมการผลิตใบและดอก ธาตุอาหารพืชมีผลมากโดยธาตุอาหารเสริมจะช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง การลำเลียงน้ำตาลและสะสมน้ำมันในพืช (Berchmans และ Hirata, 2008) การทดลองนี้ใช้ สมมุติฐานของการทำลายการพักตัวของสบู่ดำด้วยความชื้นเพื่อกระตุ้นให้มีการพัฒนาช่อดอกในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันและหาสูตรปุ๋ยที่ส่งเสริมผลผลิตน้ำมันของสบู่ดำ

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Nakhon Pathom 73140
[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

## อุปกรณ์และวิธีการ

ท่อนพันธุ์สบู่ดำพันธุ์เพชรจอมพลเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตรยาว 30 เซนติเมตรอายุ 5 เดือนปลูกในพื้นที่ 2 ไร่ ที่วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี (12°38′09.2″N 99°52′52.9″E ความสูงจากระดับน้ำทะเล 89.69 เมตร) เดือนกันยายน พ.ศ. 2555 ในดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมีปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพทัสเซียม (K) ทั้งหมดในดินเท่ากับ 0.03, 16.33 และ 92.09 mg $kg^{-1}$ ตามลำดับ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 10 ปีเท่ากับ 976.7 มม./ปี ซึ่งเป็นปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุดแห่งหนึ่ง (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2556) ควบคุมปริมาณและความถี่ของการให้น้ำด้วยเครื่อง Galcon GQ AC 2 4 6 8 เก็บข้อมูลในแปลงทดลอง 18 เดือน โดยผ่านช่วงฤดูแล้ง 2 ครั้ง

วางแผนการทดลองแบบ split plot in RCBD ปัจจัยหลักคือให้น้ำ 18 ลิตร/ต้น/วัน ในความถี่ 2 แบบได้แก่แบบที่ 1 (I1) ให้น้ำ 1 วัน เว้นการให้น้ำ 2.5 วัน และแบบที่ 2 (I2)ให้น้ำ 3 วัน เว้น 11 วัน ปัจจัยรองคือสูตรปุ๋ย4 สูตร โดยให้ปุ๋ย15-15-15 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่/ปีเหมือนกันทั้ง 4 สูตร ต่างกันที่ชนิดของ N และธาตุอาหารเสริมดังนี้สูตรที่ 1(F1) N (urea)+ P(DAP) + K(MOP) สูตรที่ 2 (F2) N(urea)+ P(DAP) + K(MOP) + D(dolomite) 12 กิโลกรัม/ไร่/ปี + T(trace elements; Mn, B, Mo, Cu และ Zn) 3 กิโลกรัม/ไร่/ปีสูตรที่ 3 (F3) N (ammonium sulfate: AmS)+ P(DAP) + K(MOP)และสูตรที่ 4 (F4) N (AmS)+ P(DAP) + K(MOP)+DT ใส่ปุ๋ย 4 ครั้งต่อปีทำการทดลอง 4 ซ้ำ มีต้นที่เป็นแนวป้องกัน 2 แถวเว้นระหว่างแปลงย่อย นำข้อมูลที่บันทึกมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรม R

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. **การเจริญเติบโตทางลำต้น** ความถี่ของการให้น้ำส่งผลการเจริญเติบโตทางลำต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ แม้ว่าในฤดูแล้งปีที่ 2 (21 MAT) I2 ส่งผลให้ลำต้นสูงกว่า I1 แต่ก็มีแนวโน้มของความกว้างทรงพุ่มที่แคบกว่า (Table 1) ทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นของสบู่ดำไม่แตกต่างกันสอดคล้องกับงานทดลองของ Sapeta และคณะ (2013) และสูตรปุ๋ยทั้ง 4 สูตร ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นไม่แตกต่างกัน เนื่องจากปุ๋ยทั้ง 4 สูตร มีปริมาณ N P และ K ที่เหมือนกัน ยังพบว่าในฤดูแล้งปีที่ 2 ปุ๋ยสูตร F1 ส่งผลให้ต้นสบู่ดำมีความสูงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มที่มีความกว้างทรงพุ่มมากที่สุด (Table 1) อาจเนื่องจากปุ๋ยไนโตเจนในรูป urea มีการละลายและสลายตัวที่ช้ากว่าปุ๋ยไนโตรเจนที่อยู่ในรูป ammonium sulfate (Jones และคณะ, 2007) สอดคล้องกับประสิทธิภาพในการดูดซึมธาตุอาหารของสบู่ดำ แต่สูตรที่มี dolomite และ trace element (DT) เช่นปุ๋ยสูตร F2และ F4 มีค่าความเขียวใบ (SPAD index) สูงอย่างมีนัยสำคัญเท่ากับ 35.83 และ 34.70 unit ตามลำดับเนื่องจากในกลุ่มธาตุอาหารเสริมจะมี Mg และ Ca ซึ่งช่วยการสร้าง chlorophyll lและการลำเลียงสสารผ่านเข้าออกเซล (Terry และ Huston, 1975)

2. **ความถี่ในการสร้างช่อดอก** ตลอดการทดลองสบู่ดำออกดอกทั้งหมดเฉลี่ย 37 ช่อต่อต้นและพบว่ารูปแบบของการให้น้ำและปุ๋ยไม่ส่งผลต่อวันออกช่อดอกของสบู่ดำ แสดงให้เห็นว่าความถี่ของการให้น้ำไม่ส่งผลต่อการออกช่อดอกเป็นเพราะนอกจากความชื้นในดินแล้วการพัฒนาช่อดอกยังเกี่ยวข้องกับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในเนื้อเยื่อ (CN ratio)

3. **น้ำหนักเมล็ดและเปอร์เซ็นต์น้ำมัน** I1 ให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งในฤดูฝนและฤดูแล้งคือ 646.82 และ 465.39 กรัม/ต้น/ฤดู ส่งผลให้มีผลผลิตเมล็ดสบู่ดำแห้งเท่ากับ 474.91 กิโลกรัม/ไร่/ปี สูงกว่าการให้น้ำแบบ I2 ที่มีผลผลิต 401.41 กิโลกรัม/ไร่/ปีอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากการเว้นการให้น้ำใน I2 ผลสบู่ดำร่วงมากกว่าจากภาวะขาดน้ำแต่ปริมาณน้ำมันเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ ดังนั้นรูปแบบของการให้น้ำจึงส่งผลต่อผลผลิตเมล็ดต่างกันในช่วงฤดูฝน แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันในทางสถิติ (Table 2)

สูตรปุ๋ยทั้ง 4 สูตรไม่แตกต่างกันทางสถิติต่อน้ำหนักเมล็ดแห้งและเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดสบู่ดำ โดยที่ปุ๋ยสูตร N(urea)-P-K มีแนวโน้มให้สบู่ดำมีน้ำหนักเมล็ดมากที่สุด ทั้งฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 606.40 และ 459.18 กรัม/ต้น/ฤดู ตามลำดับ ผลผลิตต่อเดือนไม่มีความแตกต่างกันระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง (455.00 กิโลกรัม/ไร่/ปี) ซึ่งเป็นผลผลิตที่สูงสำหรับสบู่ดำ (Table 2) แสดงให้เห็นว่าสามารถเก็บผลผลิตได้ตลอดทั้งปีในพื้นที่ที่มีการบริหารจัดการน้ำและปุ๋ยที่ดี

Dolomite และ trace element (DT) ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักแห้งเมล็ดและปริมาณน้ำมันในเมล็ด (Table 2) ในขณะที่ดินในแปลงทดลองอาจมีปริมาณ Ca และ ธาตุอาหารเสริมตัวอื่นเพียงพอต่อความต้องการของสบู่ดำ ดังนั้นการเพิ่มธาตุอาหาร DT ในสูตรปุ๋ย F2 และ F4 จึงไม่ส่งผลต่อการเพิ่มลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำและไม่ส่งผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันในทางสถิติ

## สรุปผล

การให้น้ำโดยเว้นระยะห่าง 11 วัน ไม่ส่งผลเสียอย่างมีนัยสำคัญต่อการการเจริญเติบโตทางลำต้นของสบู่ดำ แต่ส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดแห้งลดลงเมื่อเทียบกับการให้น้ำแบบเว้น 2.5 วันและการให้น้ำทั้งสองแบบไม่ส่งผลต่อจำนวนและวันออกช่อดอกของสบู่ดำ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูป urea มีแนวโน้มในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตเมล็ดมากกว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูป ammonium sulfate ในขณะที่ dolomite และ trace element ส่งผลให้ใบสบู่ดำมีค่าความเขียวของใบที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีนัยสำคัญต่อผลผลิตเมล็ดแห้งและเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ด ดังนั้นปุ๋ยสูตร F1 N(urea) PK ในอัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่/ปี จึงเป็นสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีให้ผลผลิตมากที่สุดและต้นทุนต่ำที่สุด

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยี เพชรบุรี ที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทดลองทุนสนับสนุนงานวิจัยภาควิชาพืชไร่นาปี 2558 และทุน *NSTDA Chair Professor* ประจำปี 2554ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยสำหรับงานวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

Akbar E., Yaakob, Z., Kamarudin, S.K., Ismail, M. and Salimon, J., 2009, Characteristic and Composition of *Jatropha curcas* Oil Seed from Malaysia and its Potential as Biodiesel Feedstock, European Journal of Scientific Research, 29(3): 396-403.

Becker K. and Francis, G., 2005, Bio-diesel from Jatropha Plantations on Degraded Land, Department of Aquaculture Systems and Animal Nutrition, University of Hohenheim, p. 1-9.

Berchmans, H.J. and Hirata, S., 2008, Biodiesel Production from Crude Jatropha curcas L. Seed Oil with a High Content of Free Fatty Acids, Bioresource Technology, 99: 1716–1721.

Jones, C.A., Koenig, R.T., Ellsworth, J.W., Brown, B.D. and Jackson, G.D., 2007, Management of Urea Fertilizer to Minimize Volatilization, Washington state University, p. 1-12.

Sapeta H., Costa, J.M., Lourenco, T., Maroco, J., Linde, P. and Oliveira, M.M., 2013, Drought Stress Response in *Jatropha curcas*: Growth and Physiology, Environmental and Experimental Botany, 85: 76–84.

Terry, N. and Huston, R.P., 1975, Effects of Calcium on the Photosynthesis of Intact Leaves and Isolated Chloroplasts of Sugar Beets, Plant Physiology, 55: 923-927.

**Table 1** Growth characteristics of *Jatropha curcas* L. in rain and dry seasons

| Treatment | Plant height (cm) | | Plant width ($m^2$) | | Leaf greenness | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Rain season (15 MAT) | Dry season (21 MAT) | Rain season (15 MAT) | Dry season (21 MAT) | Rain season (15 MAT) | Dry season (21 MAT) |
| **Irrigation** | | | | | | |
| I1 (1_2.5) | 206.61 | 198.40 [b] | 1.30 | 1.39 | 34.83 | 33.37 |
| I2 (3_11) | 190.15 | 210.25 [a] | 0.86 | 1.35 | 35.01 | 34.28 |
| %C.V. | 13.6 | 9.2 | 51.26 | 25.25 | 5.72 | 6.74 |
| F-test | ns | * | ns | ns | ns | ns |
| **Fertilizer** | | | | | | |
| F1 (UreaPK) | 190.33 | 225.94 [a] | 1.03 [b] | 1.57 | 34.81 | 33.04 [ab] |
| F2 (UreaPK+DT) | 202.29 | 192.10 [b] | 1.28 [a] | 1.29 | 34.96 | 35.83 [a] |
| F3 (AmPK) | 210.07 | 205.08 [b] | 1.06 [a] | 1.37 | 34.56 | 32.12 [b] |
| F4 (AmPK+DT) | 190.82 | 194.19 [b] | 0.95 [b] | 1.25 | 35.36 | 34.70 [a] |
| %C.V. | 8.6 | 7.6 | 18.56 | 16.77 | 4.52 | 3.81 |
| F-test | ns | ** | * | ns | ns | * |
| **Interaction** | | | | | | |
| F-test (I x F) | ns | ns | * | ns | ns | * |

**Table 2** Seed dry weight and oil content (w/w) of *Jatropha curcas* L.

| Treatment | Seed weight (g/plant) | | Total seed weight (kg/rai/yr) | Oil content (% w/w) (18 MAT) |
|---|---|---|---|---|
| | Rain season (9-15 MAT) | Dry season (16-20 MAT) | | |
| **Irrigation** | | | | |
| I1 (1_2.5) | 646.82 [a] | 465.39 [a] | 474.91 [a] | 32.96 |
| I2 (3_11) | 498.17 [b] | 441.89 [b] | 401.41 [b] | 32.38 |
| %C.V. | 8.85 | 2.19 | 5.81 | 7.02 |
| F-test | ** | * | ** | ns |
| **Fertilizer** | | | | |
| F1 (UreaPK) | 606.40 | 459.18 | 455.00 | 31.66 |
| F2 (UreaPK+DT) | 569.54 | 450.38 | 435.51 | 32.93 |
| F3 (AmPK) | 555.40 | 452.80 | 430.50 | 31.99 |
| F4 (AmPK+DT) | 558.64 | 452.18 | 431.62 | 34.10 |
| %C.V. | 13.09 | 6.52 | 8.22 | 15.59 |
| F-test | ns | ns | ns | ns |
| **Interaction** | | | | |
| F-test (I x F) | * | ns | * | ns |

# ผลของความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการย่อยต่อสมบัติทางเคมีและความหนืดของแป้งข้าวเจ้าไทยอะไมโลสสูงที่ผ่านการย่อย

# Effect of Enzyme Concentration and Hydrolysis Time on Chemical Properties and Viscosity of Hydrolyzed High-Amylose Thai Rice Flour

**วรัญญา พงษ์ไพบูลย์**[1] **และ สุภัทร์ ไชยกุล**[1]
Pongpaiboon, W.[1] and Chaiyakul, S.[1]

## Abstract

The objectives of this research were to study the relationship between enzyme concentration and hydrolysis time on chemical properties and viscosity of hydrolyzed high-amylose Thai rice flour (HRF). Rice flour pastes of 10% solids (w/v; dry solid basis) were hydrolyzed at 60, 120 and 240 u/g with $\alpha$-amylase for 30, 60, 90 and 120 min at 85°C. The viscosity, pH and total soluble solids of hydrolyzed HRF pastes were investigated. The amylose content of hydrolyzed HRF residues and reducing sugar of supernatant were analyzed. Result showed non significant interactions ($p \leq 0.05$) between enzyme concentration and hydrolysis time on viscosity, pH, reducing sugar, amylose content and total soluble solids of hydrolyzed HRF pastes. The degraded starch by $\alpha$-amylase had viscosity, pH and amylose content in HRF lower than native flour and increased the reducing sugar in the supernatant ($p \leq 0.05$).

**Keywords:** high-amylose Thai rice flour, $\alpha$-amylase, hydrolyzed, viscosity

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาที่ใช้ในการย่อยต่อสมบัติทางเคมีและความหนืดของแป้งข้าวเจ้าไทยอะไมโลสสูงที่ผ่านการย่อย นำแป้งข้าวที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 นำมาย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่ความเข้มข้น 60 120 และ 240 u/g เป็นเวลา 30 60 90 และ120 นาที ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นำน้ำแป้งข้าวที่ผ่านการย่อยมาวัดค่าความหนืด ค่า pH และปริมาณของแข็งทั้งหมด กากแป้งแห้งที่ผ่านการย่อยนำมาวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส ส่วนของเหลวที่แยกได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ผลการศึกษาพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการย่อยต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืด ค่า pH น้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณอะไมโลส และปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำแป้งข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การย่อยแป้งด้วยเอนไซม์มีผลให้ความหนืด ค่า pH และปริมาณอะไมโลสของแป้งลดลงเมื่อเทียบกับแป้งที่ไม่ผ่านการย่อย และมีผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสารละลายน้ำแป้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**คำสำคัญ**: แป้งข้าวเจ้าไทยอะไมโลสสูง แอลฟาอะไมเลส การย่อย ความหนืด

## คำนำ

แป้งข้าวเจ้าอะไมโลสสูง (high amylose non-waxy rice flour) ผลิตจากข้าวเจ้าขัดสีชนิดที่มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 26-35 นำมาบดเป็นผง ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเครื่องดื่มน้ำข้าวพร้อมบริโภคในระดับอุตสาหกรรม พบปัญหาของการใช้แป้งข้าวเจ้าอะไมโลสสูง หรือแป้งข้าวเจ้าไม่ดัดแปร (native flour) ในการผลิตมีข้อจำกัดการใช้งานคือส่วนผสมมีความหนืดสูงเนื่องจากการได้รับความร้อนในระหว่างกระบวนการผลิตและการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ ภายหลังจากผลิตภัณฑ์น้ำข้าวเย็นตัวลงพบการเกิดการคืนตัวของแป้งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูงหรือเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนในระหว่างการเก็บรักษา ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตและพลังงานต่อหนึ่งหน่วยบริโภคของผลิตภัณฑ์ พบข้อจำกัดในเรื่องของปริมาณการใช้งาน ที่มีผลกระทบโดยตรงต่อสมบัติทางกายภาพและการยอมรับผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุนี้จึงศึกษาถึงการใช้เอนไซม์เพื่อปรับปรุงสมบัติของแป้งข้าวเจ้าชนิด native flour ให้ได้น้ำแป้งที่มีความ

---

[1] คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี จังหวัดกรุงเทพฯ 10400
[1] Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd., Ratchawithi District, Bangkok 10400

หนืดเหมาะสมสำหรับการใช้งานในการผลิตเครื่องดื่ม มีงานวิจัยที่ใช้เทคนิคการปรับปรุงคุณสมบัติและโครงสร้างของแป้ง ได้แก่ การดัดแปรทางกายภาพ การดัดแปรทางเคมี การดัดแปรทางพันธุกรรม และการดัดแปรด้วยเอนไซม์ (Kavlani และคณะ, 2012) วิธีการดัดแปรด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ($\alpha$-amylase) เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมเนื่องจากเอนไซม์ที่ใช้มีอยู่โดยปกติในร่างกายของมนุษย์ ไม่มีการใช้สารเคมีในระบบซึ่งเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของอาหาร การใช้เอนไซม์ในการย่อยแป้งให้ผลที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงสมบัติด้านความหนืดของแป้งให้ต่ำลง โดยเอนไซม์จะไปตัดพันธะ $\alpha$-1,4 ไกลโคซิดิกระหว่างสายอะไมโลส แบบสุ่ม ได้แอลฟาลิมิตเดกซ์ทริน (โพลีแซ็กคาร์ไรด์) และโอลิโกแซ็กคาร์ไรด์สายตรง (Dura และคณะ, 2014) อย่างไรก็ตามการควบคุมการทำงานของเอนไซม์เพื่อให้ได้น้ำแป้งที่มีระดับความหนืดตามที่กำหนด มีความจำเป็นต้องศึกษาถึงปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ และสภาวะที่เหมาะสมในการย่อย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาในการย่อยต่อคุณสมบัติทางเคมีและความหนืดของแป้งข้าวเจ้าไทยอะไมโลสสูงที่ผ่านการย่อย

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารละลายน้ำแป้งข้าวเจ้าอะไมโลสสูงที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 นำไปให้ความร้อนและเขย่าด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ที่ 85 องศาเซลเซียส ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เติมสารละลายเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่ความเข้มข้น 60, 120 และ240 U/g เขย่าและให้ความร้อนที่สภาวะเดิม เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที เมื่อครบตามกำหนดเวลานำน้ำแป้งที่ได้มาลดอุณหภูมิลงที่ 25 องศาเซลเซียส แล้วนำไปวัดความหนืดด้วย brookfield viscometer ใช้หัวเข็มเบอร์ 1 ที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อวินาที ค่า pH ด้วย เครื่องวัด pH และวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดด้วย hand refractrometer สำหรับการวิเคราะห์ค่าทางเคมี นำน้ำแป้งที่ผ่านการย่อยตามสภาวะที่กำหนด มาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000×g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนของสารละลาย (supernatant) ไปวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ (Ghose และ Bisaria, 1987) ส่วนของตะกอนแป้งนำไปล้างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง และแอนไฮดรัสเอทธานอล 3 ครั้ง แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบด และร่อนผ่านตระแกรงขนาด 100 mesh แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส ( AACC, 2000) วางแผนการทดลองแบบ Factorial 3×4 in completely randomized design ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 18

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ และระยะเวลาในการย่อยน้ำแป้งในช่วงที่ศึกษา ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ และเคมีของแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการย่อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (Table 1) การเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณอะไมโลสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์จาก 60 U/g เป็น 120 U/g มีผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ในสารละลาย supernatant เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 2) อย่างไรก็ตามพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์จากร้อยละ 120 เป็น 240 U/g ไม่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการย่อยอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในสารละลายน้ำแป้ง ได้แก่โปรตีน และไขมันที่อยู่ในส่วนประกอบของฟลาวข้าวเจ้า ที่สามารถยึดจับกับเอนไซม์ได้ มีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Bijttebier และคณะ, 2008) ดังจะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณเอนไซม์สูงขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของสารละลายน้ำแป้งและค่าความหนืดของแป้ง ขณะที่การเพิ่มเวลาในการย่อยมีผลให้ค่า pH และค่าความหนืดของน้ำแป้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) อย่างไรก็ตามค่า pH ของสารละลายน้ำแป้งที่วัดได้อยู่ในช่วง 6.69-6.71 ซึ่งเป็นช่วงที่เอนไซม์ยังสามารถทำงานได้ดีตามรายละเอียดผลิตภัณฑ์ของบริษัทผู้ผลิต เมื่อพิจารณาค่าความหนืดของสารละลายน้ำแป้งพบว่าการเพิ่มเวลาในการย่อยจาก 30 นาที เป็น 120 นาที มีผลให้ความหนืดของแป้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์กับแป้งข้าวเจ้าที่ไม่ผ่านการย่อย พบว่ามีค่า pH 7.48 ปริมาณของแข็งทั้งหมด 3.00 °Brix ปริมาณอะไมโลสร้อยละ 40.18 เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าแป้งมีความหนืดสูงและจับตัวกันเป็นก้อน พบว่าการนำแป้งมาย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส มีผลให้น้ำแป้งมีค่า pH ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณอะไมโลส และความหนืดลดลง จึงมีความเป็นไปได้ในการใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสในกระบวน

การผลิตเพื่อปรับคุณสมบัติของน้ำแป้งข้าวให้เหมาะสมกับการผลิตเครื่องดื่ม จากการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าการเตรียมน้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่ความเข้มข้น 60 u/g นาน 30 นาที จะได้น้ำแป้งที่มีค่าความหนืดเท่ากับ 14.93 cP ซึ่งเป็นค่าความหนืดที่ได้นี้ยังมีค่าต่ำกว่าค่าความหนืดของเครื่องดื่มจากธัญพืช หรือน้ำนม ที่ผลิตทางการค้า คือมีความหนืดอยู่ในช่วง 30-35 cP จึงมีความเป็นไปได้ที่จะลดปริมาณการใช้เอนไซม์ให้ต่ำลง หรือลดเวลาในการย่อยเพื่อควบคุมการทำงานให้ได้ผลผลิตน้ำแป้งที่มีความหนืดใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงควรศึกษาถึงความสามารถในการย่อยแป้งของเอนไซม์ที่เวลาต่างๆ และ ความคงตัวของเอนไซม์ในการใช้งานรวมถึงอิทธิพลของสารประกอบในฟลาว์ข้าวที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์เอลฟาอะไมเลสด้วย

## สรุปผล

ปริมาณความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และเวลาที่ใช้ในการย่อย มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของน้ำแป้ง โดยเฉพาะการลดลงของความหนืด และการเพิ่มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ จากการศึกษาพบว่าการเพิ่มปริมาณเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และการเพิ่มเวลาในการย่อยถึงระดับหนึ่งอาจไม่ส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพของการย่อยสารละลายน้ำแป้ง เนื่องจากมีอิทธิพลร่วมของความเข้มข้นของน้ำแป้งที่เตรียม และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำแป้งได้แก่โปรตีน หรือสารประกอบอื่นที่มีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนอุดหนุนงานวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัท เมดิฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด ภายใต้ชื่อโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท ปี พ.ศ. 2558 และขอขอบคุณคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลสำหรับเครื่องมือในการวิเคราะห์

## เอกสารอ้างอิง

Kavlani, N., Sharma, V. and Singh, L., 2012, Various Techiques for the Modification of Starch and the Applications of its Derivatives, International Research Journal of Pharmacy, 3(5): 25-31.

Duraa, A., Błaszczakb, W. and Rosella C.M., 2014, Functionality of Porous Starch Obtained by Amylase or Amyloglucosidase Treatments, Carbohydrate Polymers, 101: 837– 845.

Ghose, T.K. and Bisaria, V.S., 1987, Measurement of Hemicellulase Activities: Part I Xylanases, International Union of Pure and Applied Chemistry, 59(12): 1739-1751.

AACC, 2000, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry (10th ed.), American Association of Cereal Chemists (AACC), Minnesota, USA.

Bijttebier, A., Goesaert, H. and Delcour, J.A., 2008, Amylase Action Pattern on Starch Polymers, Biologia, 63(6): 989-999.

**Table 1** Effect of α-amylase concentration and hydrolysis time on physico-chemical properties of hydrolyzed high-amylose Thai rice flour by α-amylase

| Treatment | | pH | Total soluble solids (°Brix) | Viscosity (cP) | Reducing sugar (g/ml) | Amylose content (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Enzyme | 60 | 6.70$^{a}$(±0.027) | 10.02$^{b}$(±0.056) | 14.77$^{a}$(±0.243) | 3.06$^{b}$(±0.007) | 2.56$^{b}$(±0.325) |
| concentration | 120 | 6.70$^{a}$(±0.017) | 10.07$^{b}$(±0.096) | 14.77$^{a}$(±0.553) | 3.06$^{a}$(±0.004) | 3.25$^{a}$(±0.176) |
| (U/g) | 240 | 6.69$^{a}$(±0.050) | 10.19$^{a}$(±0.121) | 14.77$^{a}$(±0.375) | 3.05$^{b}$(±0.006) | 3.16$^{a}$(±0.072) |
| Hydrolysis | 30 | 6.69$^{ab}$(±0.047) | 10.07$^{a}$(±0.097) | 14.93$^{a}$(±0.287) | 3.06$^{ab}$(±0.006) | 2.94$^{a}$(±0.272) |
| time | 60 | 6.71$^{a}$(±0.015) | 10.07$^{a}$(±0.097) | 14.81$^{a}$(±0.272) | 3.06$^{ab}$(±0.005) | 3.04$^{a}$(±0.429) |
| (min) | 90 | 6.70$^{ab}$(±0.029) | 10.12$^{a}$(±0.166) | 14.76$^{ab}$(±0.357) | 3.06$^{a}$(±0.005) | 3.00$^{a}$(±0.467) |
| | 120 | 6.68$^{b}$(±0.031) | 10.11$^{a}$(±0.102) | 14.51$^{b}$(±0.548) | 3.05$^{b}$(±0.009) | 2.97$^{a}$(±0.320) |

Data presented are averages of triplicate analyses.

Samples means with different letters (±standard deviation) in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

**Table 2** Physico-chemical properties of hydrolyzed high-amylose Thai rice flour by α-amylase

| Enzyme concentration (U/g) | Hydrolysis time (min) | pH | Total soluble solids (°Brix) | Viscosity (cP) | Reducing sugar (g/ml) | Amylose content (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 60 | 30 | 6.71$^{a}$(±0.01) | 10.00$^{c}$(±0.04) | 14.93$^{a}$(±0.14) | 3.05$^{abc}$(±0.02) | 2.58$^{c}$(±0.09) |
| 60 | 60 | 6.71$^{a}$(±0.01) | 10.00$^{c}$(±0.04) | 14.72$^{ab}$(±0.14) | 3.06$^{abc}$(±0.02) | 2.50$^{c}$(±0.09) |
| 60 | 90 | 6.69$^{a}$(±0.01) | 10.00$^{c}$(±0.04) | 14.72$^{ab}$(±0.14) | 3.06$^{ab}$(±0.02) | 2.58$^{c}$(±0.09) |
| 60 | 120 | 6.68$^{a}$(±0.01) | 10.08$^{bc}$(±0.04) | 14.70$^{ab}$(±0.14) | 3.05$^{bc}$(±0.02) | 2.58$^{c}$(±0.09) |
| 120 | 30 | 6.69$^{a}$(±0.01) | 10.08$^{bc}$(±0.04) | 14.93$^{a}$(±0.14) | 3.06$^{a}$(±0.02) | 3.17$^{ab}$(±0.09) |
| 120 | 60 | 6.71$^{a}$(±0.01) | 10.00$^{c}$(±0.04) | 14.93$^{a}$(±0.14) | 3.06$^{a}$(±0.02) | 3.44$^{a}$(±0.09) |
| 120 | 90 | 6.70$^{a}$(±0.01) | 10.13$^{ab}$(±0.04) | 14.73$^{ab}$(±0.14) | 3.06$^{a}$(±0.02) | 3.26$^{ab}$(±0.09) |
| 120 | 120 | 6.69$^{a}$(±0.01) | 10.08$^{bc}$(±0.04) | 14.52$^{ab}$(±0.14) | 3.06$^{abc}$(±0.02) | 3.12$^{b}$(±0.09) |
| 240 | 30 | 6.67$^{a}$(±0.01) | 10.13$^{ab}$(±0.04) | 14.93$^{a}$(±0.14) | 3.06$^{abc}$(±0.02) | 3.08$^{b}$(±0.09) |
| 240 | 60 | 6.71$^{a}$(±0.01) | 10.50$^{a}$(±0.04) | 14.78$^{ab}$(±0.14) | 3.05$^{c}$(±0.02) | 3.17$^{ab}$(±0.09) |
| 240 | 90 | 6.71$^{a}$(±0.01) | 10.23$^{a}$(±0.04) | 14.83$^{a}$(±0.14) | 3.06$^{abc}$(±0.02) | 3.17$^{ab}$(±0.09) |
| 240 | 120 | 6.67$^{a}$(±0.01) | 10.20$^{a}$(±0.04) | 14.30$^{b}$(±0.14) | 3.05$^{c}$(±0.02) | 3.21$^{ab}$(±0.09) |

Data presented are averages of triplicate analyses.

Samples means with different letters (±standard deviation) in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

# อิทธิพลของการจัดการระยะเวลาการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานต่อองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติเชิงพลังงานเพื่อการใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานทดแทน

# Effect of Cutting Periods of Sweet Corn on Chemical Compositions and Energy Properties for Renewable Energy Utilization

**ภัศรา คูละสุวรรณ์**[1] **ปิติพงษ์ โตบันลือภพ**[1] **เอ็จ สโรบล**[1] **ประณต มณีอินทร์**[1] **และ นีรนุช วินิจชีวิต**[1]
Kulasuwan. P.[1], Thobunluepop, P.[1], Sarobol. E.[1], Mani-in. P.[1] and Vinijchevit. N.[1]

## Abstract

Sweet corn is an important economic crop that mostly cultivated in Thailand. The agricultural products usually were used in fresh form or industrial utilization. After harvesting, there produced crop residues in fields such as stems and leaves. These residues might be potential of biomass materials for producing energy. Thus, the study was aimed to evaluate the energy properties and chemical compositions of sweet corn under different cutting periods. The experimental design was Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. The factor was three cutting periods of sweet corn, which were vegetative, reproductive and harvesting stages. The experimental was done at National Research Center Millet and Corn (Suwan Farm), Pak Chong, Nakon Ratchasima. The results found that the average of cellulose and hemicellulose were 11.43 and 6.19, respectively. However, the average lignin was significantly different ($P<0.05$), which has an average 11.43. Moreover, the energy properties found that carbon, nitrogen and C:N ration had an average 43.74, 2.60 and 17.58, respectively. Finally, the average of as was 5.53.

**Keywords:** sweet corn, cutting periods, chemical compositions, energy properties

## บทคัดย่อ

ข้าวโพดหวาน เป็นพืชไร่ที่มีตวามสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งหลังจากการบริโภคสด หรือการนำไปแปรรูป จะมีเคษวัสดุเหลือใช้อย่างมากมาย เช่น ส่วนของลำต้น และใบ วัสดุที่เหลือทิ้งเหล่านี้อาจเป็นชีวมวลที่มีคุณภาพในการผลิตพลังงนทดแทน ทั้งนี้ยังขาดการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลังงาน และองค์ประกอบทางเคมีเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงานทดแทน ดังนั้นงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติเชิงพลังงานของข้าวโพดหวานภายใต้การจัดการระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีมปัจจัยของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ ระยะเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative stage), ระยะการออกดอก (reproductive stage), ระยะการเก็บเกี่ยว (harvesting stage) ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา จากการทดลอง พบว่า ผนังเซลล์ (cell wall) ของข้าวโพดหวาน เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 11.43 และ 6.19 และพบว่าร้อยละธาตุของ คาร์บอน (carbon) ไนโตรเจน (nitrogen) และคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 43.74, 2.60 และ 17.58 ตามลำดับ ทั้งนี้ยังพบว่าร้อยละของค่าเฉลี่ยของเถ้ามีค่า 5.53

**คำสำคัญ**: ข้าวโพดหวาน ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติเชิงพลังงาน

## คำนำ

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานในช่วง 7 เดือนของปี 2557 มีปริมาณ 44,678 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 0.7 คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,124 พันล้านบาท (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557) น้ำมันสำเร็จรูป ยังคงมีสัดส่วนการใช้ที่สูงกว่าพลังงานชนิดอื่น โดยมีการใช้ร้อยละ 47.8 ของการใช้พลังงานทั้งหมด และมีการใช้ไฟฟ้า ถ่านหิน ลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติ พลังงานหมุนเวียนและพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม ซึ่งน้ำมันสำเร็จรูปคือ

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture Kasetsart University, Bangkok 10900

พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป และพลังงานส่วนอื่นยังคงต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นหลัก ก๊าซชีวภาพ หนึ่งในรูปแบบของพลังงานทดแทนที่เป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานฟอสซิลได้ เนื่องจากถือได้ว่าเป็นพลังงานสะอาดและไม่มีการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม เพราะก๊าซชีวภาพเกิดจากกระบวนการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์ทั้งจากพืช สัตว์หรือแม้แต่ของเสียจากสัตว์ รวมถึงขยะมูลฝอยที่เป็นขยะอินทรีย์ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่สามารถผลิตได้ตามเป้าหมายและเพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาพลังงานทางเลือกอื่นเพื่อทดแทนการผลิตให้ได้ตามเป้าหมาย นั่นก็คือ การผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และมีผลผลิตทางการเกษตรรวมถึงผลผลิตเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพสามารถใช้เป็นพลังงานได้ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน ข้าว ข้าวโพด เป็นต้น Braun และคณะ (2009) รายงานว่าข้าวโพดสามารถให้ปริมาณก๊าซมีเทนได้ 3,573-18,540 $m^3$ $ha^{-1}$ และเมื่อเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของข้าวโพดกับหญ้าพลังงานที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพในปัจจุบัน พบว่าข้อดีของข้าวโพด คือ ให้ปริมาณก๊าซมีเทนสูง แต่ต้องปลูกใหม่ทุกครั้ง ส่วนข้อดีของหญ้าพลังงาน คือ ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่สูง ปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลายครั้งต่อปีและนานสูงสุดถึง 5 ปี แต่ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพต่ำ (Burgess และ Witheford, 2006) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของข้าวโพดในการผลิตเป็นพืชพลังงาน

## อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกข้าวโพดหวาน (Batch no.11196964) ในแปลงทดลองหลุมละ 2-3 เมล็ด ที่ระยะห่าง 75X25 เซนติเมตร หลังงอก 2 สัปดาห์ ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น เก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ 3 ระยะการเจริญเติบโต ได้แก่ ระยะเจริญเติบโต (Vetgetative stage) ประมาณ 30 วันหลังงอก ระยะออกดอก (Reproductive stage) เมื่อพืชออกดอกเกินร้อยละ 50 ในต้น และภายในแถว และระยะเก็บเกี่ยว (Harvesting stage) ที่พืชอายุ 90 วัน บันทึกข้อมูลน้ำหนักสด สุ่มตัวอย่าง นำมาปั่นหยาบ อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง แล้วนำมาบดละเอียด จะได้ตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer (NIR) รุ่น Q-interline

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่อพื้นที่ของระยะเวลาการเก็บเกี่ยว แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ ($P<0.05$) โดยระยะเก็บเกี่ยว (Harvesting stage) ระยะออกดอก (Reproductive stage) และระยะเจริญเติบโต (Vegetative stage) มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่อพื้นที่ คือ 506.72, 490.83 และ 373.96 ตามลำดับ

ผลการทดลองของระยะตัดต่อร้อยละขององค์ประกอบของผนังเซลล์ พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวมีร้อยละของลิกนินสูงกว่าระยะออกดอกและระยะเจริญเติบโต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เท่ากับร้อยละ 14.66 ใน Table 1 ซึ่งสอดคล้องจากการรายงานของ Ekpenyong และคณะ *(*1995) พบว่า องค์ประกอบที่มีผลต่อขบวนการหมักคือ เซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส hemicellulose ที่สามารถย่อยเป็นน้ำตาลและเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ จากรายงานของ Amon และคณะ (2007) รายงานว่าองค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมี ของเซลล์มีผลต่อความเร็วในการหมักย่อยได้ ซึ่งน้ำตาลจะย่อยสลาย 5-15 วัน ในกลุ่มของโปรตีนและเพคตินจะ ย่อย 20-30 วัน ในกลุ่มของผนังเซลล์ (cellulose, hemicelluloses) ย่อยสลายภายใน 30-45 วัน และลิกนินใช้เวลาย่อยนานที่สุดมากกว่า 100 วัน

ผลการทดลองด้านองค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวานที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ พบว่า ทั้ง 3 ระยะเวลาการตัดไม่มีความแตกต่างของคาร์บอนและไนโตรเจน (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุนทรี (2554) พบว่าปริมาณคาร์บอนในเศษพืชจะมีอยู่ประมาณร้อยละ 42 และปริมาณของไนโตรเจนที่ร้อยละน้อยกว่า 1 แต่ไม่เกิน 6 นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N Ratio) ที่เหมาะสมคือช่วง 10-30 ค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนจึงเป็นดรรชนีในการชี้วัดระยะเวลาในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ และจากรายงานของ Amon และคณะ (2007) พบว่า การเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ระยะสุกแก่เต็มที่จะทำให้ค่าของสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) อยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ

## สรุปผล

ข้าวโพดหวานในะยะเจริญเติบโต (vegetative) และ ระยะออกดอก (reproductive) เป็นวัตถุดิบชีวมวลที่มีศักยภาพสูงในการเป็นพืชพลังงาน

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน สำหรับทุนวิจัย ขอบคุณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติทีเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง ขอบคุณภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการปฏิบิติงานวิจัย ขอขอบคุณบริษัท ซินเจนทา ซีดส์ จำกัด สำหรับการสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่ใช้สำหรับการทดลอง

## เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557, สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย [สืบค้น], http://www.dede.go.th/dede/ [24/ October/ 14].

Burges, J. and Whitheford, S., 2006, Biogas in Practice. KWS UK Ltd. England.

สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์, 2554, ใช้อินทรียวัตถุให้ถูกประเภท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสน, นครปฐม.

Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Machmuller, A., Hopfner-Sixt, K., Bodiroza, V., Hrbek, R., Friedel, J., Potsch, F., Wagentristl, H., Schreiner, M. and Zollitsch, W., 2007, Methane Production Though Anaerobic Digestion of Various Energy Crops Grown in Sustainable Crop Rotation, Bioresource Technology, 98: 3204-3212.

Braun, R., Weiland, P. and Wellinger, A., 2008, Biogas from Energy Crop Digestion, IEA Bioenergy, Task 37, 20 p.

Ekpenyong, K.I., Arawo, J.D.E., Melaiye, A., Ekwenchi, M.M. and Abdullahi, H.A., 1995, Biogas Production Potential of Unextracted, Nutrient-rich Elephant-grass Lignocellulose, Fuel, 74(7): 1080-1082.

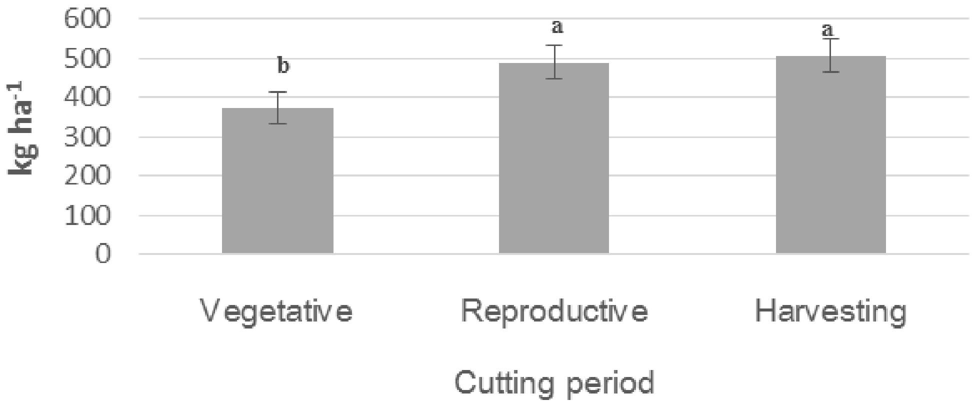



**Figure 1** Fresh weight of sweet corn in different cutting period

**Table1** Effect of cutting periods on cellulose, hemicellulose, lignin, and ash of sweet corn

| Cutting period | Cellulose (%) | Hemicellulose (%) | Lignin (%) | Ash (%) |
|---|---|---|---|---|
| Vegetative stage | 53.31 | 2.85 | 7.78[c] | 12.26[a] |
| Reproductive stage | 48.46 | 7.80 | 11.85[b] | 4.08[ab] |
| Harvesting stage | 47.65 | 20.44 | 14.66[a] | 2.28[b] |
| F-test | ns | ns | * | ns |

[a,b,c] Difference letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

[ns] = not significantly different ($p < 0.05$).

**Table 2** Effect of cutting period on Carbon Nitrogen and C/N Ratio of sweet corn

| Cutting period | Carbon (%) | Nitrogen (%) | C:N (%) |
|---|---|---|---|
| Vegetative stage | 42.06[a] | 2.01[a] | 21.41[a] |
| Reproductive stage | 44.64[a] | 2.89[a] | 15.58[a] |
| Harvesting stage | 44.53[a] | 2.91[a] | 15.76[a] |
| F-test | ns | ns | ns |

[a,b,c] Difference letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

[ns] = not significantly different ($p < 0.05$).

# วิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์ชะมวง (*Garcinia cowa* Roxb.)

# Methods of Breaking Dormancy of Cowa (*Garcinia cowa* Roxb.) Seed

พิจิตรา แก้วสอน[1] และ ปริยานุช จุลกะ[1]

Kaewsorn, P.[1] and Chulaka, P.[1]

## Abstract

Cowa seed takes 8-11 months to germinate due to seed dormancy. Thus, the objective of this study was to evaluate methods of breaking dormancy of cowa seeds. The experimental design was a CRD with 4 treatments, 8 replications and 25 seeds per replication. The treatments were, 1) untreated seeds (control), 2) decoated seeds, (3) decoated seeds and incubated seeds with moisten paper for 24 hr and (4) decoated seeds and soaked seeds in 0.02% $GA_3$ for 24 hr. Germination test was conducted in laboratory using the sand test at 30ºC for 30 days. Results showed that decoated seeds or decoated seeds and soaked seeds in 0.02% $GA_3$ for 24 hr had the highest germination (91.5%), and decoated seeds and soaked seeds in 0.02% $GA_3$ for 24 hr had the fastest mean germination time (10.8 days).

**Keywords:** germination, mean germination time, seed dormancy

## บทคัดย่อ

ชะมวงสามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดแต่ใช้ระยะเวลาในการงอกนาน 8-11 เดือน เนื่องจากการพักตัวของเมล็ด ดังนั้น จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดชะมวง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ทรีทเมนต์ จำนวน 8 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด คือ (1) เมล็ดที่ไม่ลอกเปลือก (control) (2) เมล็ดที่ลอกเปลือก (3) เมล็ดที่ลอกเปลือกร่วมกับการบ่มเมล็ดในกระดาษชื้น เป็นเวลา 24 ชม. และ (4) เมล็ดที่ลอกเปลือกร่วมกับการแช่ในสารละลาย $GA_3$ 0.02% เป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นนำเมล็ดมาทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการเพาะทรายแล้วนำไปไว้ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 30 วัน พบว่าเมล็ดที่ลอกเปลือกหรือเมล็ดที่ลอกเปลือกร่วมกับการแช่ในสารละลาย $GA_3$ 0.02% เป็นเวลา 24 ชม. มีความงอกสูงที่สุด (91.5% เท่ากัน) แต่เมล็ดที่ลอกเปลือกร่วมกับการแช่ในสารละลาย $GA_3$ 0.02% เป็นเวลา 24 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด (10.8 วัน)

**คำสำคัญ**: ความงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก การพักตัวเมล็ด

## คำนำ

ชะมวง (cowa) เป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่พบมากในภาคตะวันออกของประเทศไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia cowa* Roxb. อยู่ในวงศ์ Clusiaceae (Guttiferae) เช่นเดียวกับมังคุด (*G. mangostana* L.) ชะมวงมีชื่อท้องถิ่นอื่นๆ เช่น ส้มป้อง, มะป่อง (ภาคเหนือ) ส้มมวง (ภาคใต้) หมากโมง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) ชะมวงเป็นไม้ยืนต้นสูงประมาณ 10 เมตร เปลือกต้นและยางมีสีเหลืองเหมาะสำหรับเป็นสีย้อมผ้า (เต็ม, 2544) ใบออกเป็นคู่เรียงตรงข้ามกัน รูปร่างรี กว้าง 2-5 เซนติเมตร ยาว 7-12 เซนติเมตร ใบมีสีเขียวอ่อนถึงเขียวอมม่วงแดง ใบและยอดอ่อนนิยมนำมาประกอบอาหาร เช่น แกงหมูชะมวง ใบมีวิตามินเอและวิตามินซีสูง ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระได้ (มารุต และคณะ, 2551) ดอกชะมวงแยกเพศและอยู่ต่างต้นกัน (dioecious) ดอกมีสีเหลืองอ่อน ความมีชีวิตของละอองเกสรเพศผู้ (pollen grain) 96-100% (Te-chato, 2007) ผลมีรูปร่างกลม มีร่องตามยาวโดยรอบ เส้นผ่านศูนย์กลางผล 2.5-4.5 เซนติเมตร ผลอ่อนและผลสุกรับประทานได้ โดยผลสุกมีสีเหลือง รสเปรี้ยวอมหวาน (เต็ม, 2544) นอกจากนี้ชะมวงยังมีสรรพคุณทางยา เช่น ใบและดอกเป็นยาระบาย อีกทั้งสารสกัดจากใบชะมวง เรียกว่า ชะมวงโอน (Chamuangone) แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทางเดินอาหาร (*Helicobacter pylori*) ออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อโปรโตซัว (*Leishmania major*) ซึ่งเป็นโรคระบาดที่เคยพบในภาคใต้ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติต้านมะเร็ง โดยมีผลในการยับยั้งเซลล์มะเร็งปอดและเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวได้เป็นอย่างดี (Sakunpak และ Panichayupakaranant, 2012) ชะมวงขยายพันธุ์ได้ทั้งแบบการใช้เมล็ดพันธุ์และการทาบกิ่ง ซึ่ง

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok

การขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดมักใช้เป็นต้นตอ (root stock) เนื่องจากได้ต้นมีระบบรากที่แข็งแรง เพื่อใช้ในการทาบกิ่ง (grafting) ต่อไป แต่มักพบปัญหาการพักตัวของเมล็ดที่ยาวนานประมาณ 8-11 เดือน (Liu และคณะ, 2005) เช่นเดียวกับพืชอื่น ๆ ในสกุล *Garcinia* ที่เมล็ดมีการพักตัวในสภาพธรรมชาติยาวนานทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดพืช เช่น เมล็ด bitter kola (*G. kola*) มีการพักตัว 6-12 เดือน (Anegbeh และคณะ, 2006) หรือ 18 เดือน (Aduse-Poku และคณะ, 2003) เมล็ด *G. gummi-gutta* มีการพักตัวนาน 8-9 เดือน (KAU, 2001) สาเหตุการพักตัวของเมล็ดอาจเกิดจากโครงสร้างของเปลือกเมล็ดที่ไม่ยอมให้น้ำและอากาศผ่าน หรืออาจเกิดจากการพักตัวของเอ็มบริโอ (Agboola และ Adedire, 1998) มีการศึกษาวิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดชะมวงโดยทำให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้นแต่ยังใช้ระยะเวลาในการงอกนาน เช่น Anegbeh และคณะ (2006) รายงานการแช่เมล็ดชะมวงในน้ำเย็นเป็นเวลา 48, 72 หรือ 96 ชม. การตัดเปลือกเมล็ดตรงข้ามกับ micropyle เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) พบว่าการตัดเปลือกเมล็ดสามารถเพิ่มความงอกได้ถึง 100% หลังจากเพาะเมล็ดไปนาน 7 เดือน แต่ถ้าเมล็ดมีความงอก 50% เมล็ดสามารถงอกได้เร็วประมาณ 12 วันหลังเพาะเมล็ด ส่วนเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) มีความงอก 50% และงอกช้าที่สุด 29 วันหลังเพาะเมล็ด นอกจากนี้ Joseph และคณะ (2007) รายงานการแช่เมล็ดชะมวงในสารละลาย hydrogen peroxide ($H_2O_2$) ความเข้มข้น 30% เป็นเวลา 30 นาที และแช่ในสารละลาย kinetin ความเข้มข้น 500 ppm ทำให้เมล็ดงอกได้ 65.33 และ 54.67% ตามลำดับ แต่ใช้ระยะเวลาในการงอกนานถึง 7 เดือนหลังเพาะเมล็ด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดชะมวง ทำให้เมล็ดงอกได้สูงขึ้นหรือเร็วขึ้นสำหรับการผลิตต้นต้อ (root stock)

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลชะมวงสุกแก่สีเหลืองมาแยกเมล็ดออกจากผล ล้างทำความสะอาด แล้วนำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม (shade drying) เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำเมล็ดมาศึกษาวิธีทำลายการพักตัวของเมล็ด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) มี 4 ทรีทเมนต์ จำนวน 8 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด คือ (1) เมล็ดที่ไม่ลอกเปลือก (control) (2) เมล็ดที่ลอกเปลือก (3) เมล็ดที่ลอกเปลือกร่วมกับการบ่มเมล็ดในกระดาษชื้นเป็นเวลา 24 ชม. และ (4) เมล็ดที่ลอกเปลือกร่วมกับการแช่เมล็ดในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% เป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นนำเมล็ดมาทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการเพาะทราย แล้วนำไปไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน บันทึกข้อมูลได้แก่ ความงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) (Ellis และ Roberts, 1980)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

วิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดชะมวงมีผลทำให้ความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่ลอกเปลือก หรือเมล็ดที่ลอกเปลือกร่วมกับการแช่เมล็ดในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% เป็นเวลา 24 ชม. มีความงอกสูงที่สุดเท่ากัน คือ 91.5% รองลงมาคือ เมล็ดที่ลอกเปลือกร่วมกับการบ่มในกระดาษชื้นเป็นเวลา 24 ชม. มีความงอก 80.5% ส่วนเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) มีความงอกต่ำที่สุด คือ 12.5% และมีเมล็ดสดไม่งอกสูงที่สุด คือ 73.5% แสดงว่าเมล็ดยังคงมีการพักตัว สาเหตุอาจเกิดจากโครงสร้างของเปลือกเมล็ดป้องกันการซึมผ่านของน้ำ ทำให้น้ำค่อยๆ ซึมซับเข้าไปภายในเมล็ด กระบวนการงอกเกิดขึ้นอย่างช้าๆ โดยมีเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด 26.9 วัน (Table 1) เมล็ดชะมวงมีการงอกแบบ hypogeal germination (Figure 1) เช่นเดียวกับเมล็ด *Garcinia kola* (Anegbeh และคณะ, 2006) โดยเมล็ดชะมวงตามสภาพธรรมชาติมีการพักตัวของเมล็ดที่ยาวนานประมาณ 8-11 เดือน (Liu และคณะ, 2005) ซึ่งสาเหตุการพักตัวของเมล็ดอาจเกิดจากโครงสร้างของเปลือกเมล็ดที่ไม่ยอมให้น้ำและอากาศผ่าน หรืออาจเกิดจากการพักตัวทางสรีรวิทยาที่เกิดจากสารเคมีภายในเอ็มบริโอ (embryo) (Agboola และ Adedire, 1998; Oboho และ Urughu, 2010) ดังนั้น การลอกเปลือกเมล็ดออกทำให้น้ำและอากาศซึมผ่านเข้าไปในเมล็ดได้ง่าย แต่กระบวนการงอกดำเนินไปอย่างช้าๆ เมื่อเปรียบเทียบกับการลอกเปลือกเมล็ดออกและแช่ในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% ทำให้เมล็ดสามารถงอกได้สูงขึ้นและเร็วขึ้น เนื่องจากสารละลาย $GA_3$ ช่วยในการสังเคราะห์เอนไซม์ hydrolase เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์น้ำตาลภายในเมล็ด และ $GA_3$ ยังมีผลต่อกระบวนการย่อยสลายพันธะเปปไทด์ ทำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ protease สูงขึ้น มีกรดอะมิโนอิสระเพิ่มขึ้น โดยกรดอะมิโนมีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น (Plus และ Lambeth, 1974) ส่วนเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) มีความงอกเพียง 12.5% อาจเกิดจากที่บริเวณเปลือกเมล็ดมีบาดแผลหรือเปลือกบางทำให้น้ำสามารถซึมผ่านได้ (Table 1) การลอกเปลือกเมล็ดร่วมกับการแช่เมล็ดในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% เป็นเวลา 24 ชม. ทำให้เกิดต้นอ่อนผิดปกติมากที่สุด คือ 6.5% โดยมีลักษณะลำต้น

โค้งงอ รากกุด หรือใบจริงไม่สมบูรณ์แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) ซึ่งมีต้นอ่อนผิดปกติเพียง 1% (Figure 2) แต่มีเมล็ดตายมากที่สุด คือ 13.0% อาจเป็นเพราะเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) งอกช้าและอยู่ในวัสดุเพาะเป็นเวลานานทำให้เชื้อราหรือแบคทีเรียเข้าทำลายได้ วิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดชะมวงมีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการอกของเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่ลอกเปลือกร่วมกับการแช่เมล็ดในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% เป็นเวลา 24 ชม. และเมล็ดที่ลอกเปลือกร่วมกับการบ่มเมล็ดในกระดาษชื้นเป็นเวลา 24 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดไม่แตกต่างกัน คือ 10.8 และ 11.3 วัน ตามลำดับ รองลงมา คือ เมล็ดที่ลอกเปลือกมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 15.7 วัน ส่วนเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกนานที่สุด คือ 26.9 วัน ซึ่งหากรอให้เมล็ดชะมวงงอกตามธรรมชาติอาจใช้เวลานาน 8-11 เดือน (Liu และคณะ, 2005) เมล็ดชะมวงจัดเป็น recalcitrant seed เช่นเดียวกับ *G. kola* คือ เมล็ดมีความชื้นสูงไม่สามารถลดความชื้นของเมล็ดลงได้ อายุการเก็บรักษาสั้น (Liu และคณะ, 2005; Joseph และคณะ, 2011) ดังนั้น การขยายพันธุ์ชะมวงด้วยการเพาะเมล็ดจึงควรนำเมล็ดแก่สมบูรณ์ที่แยกออกจากผลสุกมาล้างทำความสะอาดและผึ่งให้แห้งประมาณ 3 วัน แล้วนำมาเพาะโดยการลอกเปลือกเมล็ดออกร่วมกับแช่เมล็ดในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% เป็นเวลา 24 ชม. ทำให้เมล็ดงอกได้สูงขึ้นและเร็วขึ้น

## สรุปผล

การลอกเปลือกเมล็ดร่วมกับการแช่เมล็ดในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% มีความงอกสูงที่สุด (91.5%) และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด (10.8 วัน) ส่วนการไม่ลอกเปลือกเมล็ด (control) มีความงอกต่ำที่สุด (12.5%) โดยมีเมล็ดสดไม่งอกสูงที่สุด (73.5%) และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกนานที่สุด (26.9 วัน)

## เอกสารอ้างอิง


เต็ม สมิตินันทน์, 2544, ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย, สวนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

มารุต ตั้งวัฒนาชุลีพร รมิตา เพียมขุนทด และภูริชญา สมภาร, 2551, ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดใบชะมวง (*Garcinia cowa* Roxb.), วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา, 2: 19-25.

Aduse-Poku, K., Nyinaku, F., Atase, V.Y., Awuah, R., Mensah, E.O., Nyantakyi, D., Owusu, H.K. and Agyenim-Boateng, B., 2003, Improving Rural Livelihoods within the Context of Sustainable Development: Case Study of Goaso Forest District, Tropenbos International Ghana, University of Amsterdam and Institute of Renewable Natural Resource, 50 pp.

Agboola, D.A. and Adedire, M.O., 1998, Response of Treated Dormant Seeds of Three Tropical Tree Species to Germination Promoters, Nigerian Journal of Botany, 11: 103-110.

Anegbeh, P.O., Iruka, C. and Nkirika, C., 2006, Enhancing Germination of Bitter Cola (*Garcinia kola*) Heckel: Prospects for Agroforestry Farmers in the Niger Delta, Scientia Africana, 5(1): 1118-1931.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H., 1980, Improved Equations for the Prediction of Seed Longevity, Annals of Botany, 45: 13-30.

Joseph, A., Satheeshan, K.N. and Jomy, T.G., 2007, Seed Germination Studies in *Garcinia* spp., Journal of Spices and Aromatic Crops, 16(2): 118–121.

Joseph, M.A., Olympio, N.S. and Sacande, M., 2011, Desiccation Sensitivity and Germination of Recalcitrant *Garcinia kola* Heckel seeds, Research Journal of Seed Science, 4(1): 15-27.

KAU (Kerala Agricultural University), 2002, Camboge, *In* Package of Practices Recommendation: Crops, $12^{th}$ Edition, Kerala Agricultural University, Thrissur.

Liu, Y., Qiu, Y.P., Zhang, L. and Chen, J., 2005, Dormancy Breaking and Storage Behavior of *Garcinia cowa* Roxb. (Guttiferae) Seeds: Implications for Ecological Function and Germplasm Conservation, Journal of Integrative Plant Biology, 47: 38–49.

Oboho, E.G. and Urughu, J.A., 2010, Effects of Pre-germination Treatments on the Germination and Early Growth of *Garcinia kola* (Heckel), African Journal of General Agriculture, 6(4): 211-218.

Plus, E.E. and Lambeth, V.N., 1974, Chemical Stimulation of Germination Rate in Aged Tomato Seed, Journal of the American Society of Horticultural Science, 99: 9-12.

Sakunpak, A. and Panichayupakaranant, P., 2012, Antibacterial Activity of Thai Edible Plants Against Gastrointestinal Pathogenic Bacteria and Isolation of a New Broad Spectrum Antibacterial Polyisoprenylated Benzophenone, Chamuangone, Food Chemistry, 130: 826-831.

Te-chato, S., 2007, Floral and Fruit Morphology of some Species in *Garcinia* spp., Songklanakarin Journal of Science and Technology, 29(2): 245-252.

**Table 1** Germination, fresh ungerminated seed (FUS) and mean germination time (MGT) of cowa seeds by different methods of breaking dormancy

| Treatment | Germination (%) | FUS (%) | MGT (day) |
|---|---|---|---|
| Untreated seeds (control) | 12.5 c[1/] | 73.5 a | 26.9 a |
| Decoated seeds | 91.5 a | 5.5 c | 15.7 b |
| Decoated seeds + incubated seeds with moisten paper for 24 hr | 80.5 b | 13.5 b | 11.3 c |
| Decoated seeds + soaked seeds in 0.02% $GA_3$ for 24 hr | 91.5 a | 0.0 c | 10.8 c |
| F-test | * | * | * |
| CV. (%) | 9.0 | 25.2 | 6.5 |

[1/] Means in the same column followed by the same letter are not significant at $p \leq 0.05$ by DMRT

**Figure 1** Mature fruits (A), freshly seeds (B), untreated seeds (C) decoated seeds (D) and normal seedlings (E). Bars indicated 1 cm

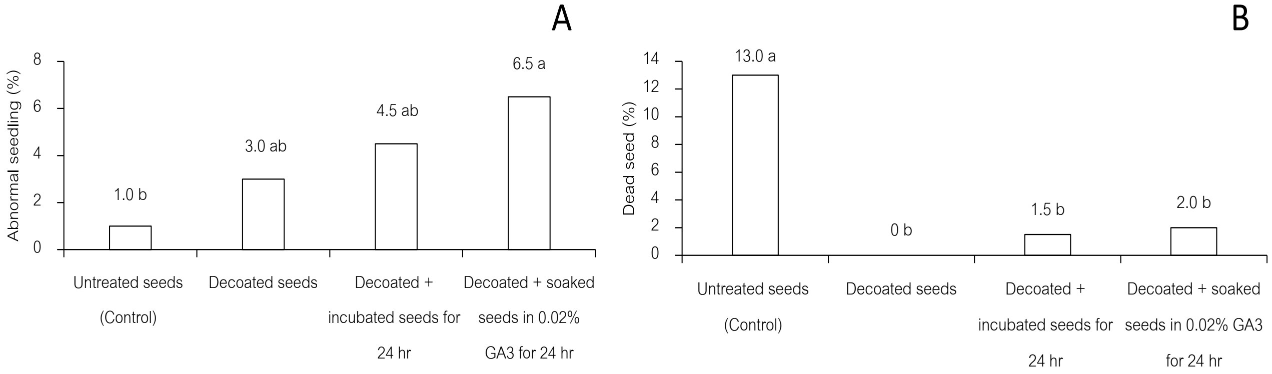



**Figure 2** Abnormal seedlings (A) and dead seeds (B) of cowa by different methods of breaking dormancy

# ผลของสาร NAA และ GA3 ต่อการเปลี่ยนเพศดอกของมะม่วงหิมพานต์ (*Anacadium occidentale*)

# Effect of Exogenous Plant Hormones (NAA and GA3) on Sex Expression of Cashew Tree (*Anacadium occidentale*)

**นภาภรณ์ แซ่ลี้[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]**
Sae-Lee, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

## Abstract

The effects of NAA and GA3 on sex expression of cashew nut (*Anacadium occidentale*) were conducted which its experimental design was in the split-split plot design. The hormones viz., NAA (20 and 40 mg/L) and GA3 (20 and 40 mg/L) were sprayed 1 or 2 times on the flower panicle of cashew tree. The 40 mg/L NAA and 40 mg/L GA3 sprayed two times showed a reduction number of male flowers. The highest number of hermaphrodite flowers was observed with GA3 20 mg/L, spraying 2 times, with 8 hermaphrodite flowers per panicle. Moreover, the GA3 showed a greater influence on the induction of hermaphrodite flowers than NAA treated. Results also showed that GA3 at 40 mg/L showed the lowest ratio of male per hermaphrodite ratio at 1.20:1, which was different from the control at 6.0:1.

**Keywords:** NAA, GA3, sex expression, *Anacadium occidentale*

## บทคัดย่อ

ผลการศึกษาอิทธิพลของสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA และ GA3 ต่อการเปลี่ยนแปลงเพศดอกของต้นมะม่วงหิมพานต์ วางแผนการทดลองแบบ split-split plot design โดยสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA 20 และ 40 mg/L และ GA3 20 และ 40 mg/L เมื่อฉีดพ่นบริเวณช่อดอก 1 และ 2 ครั้ง พบว่า NAA 40 mg/L และ GA3 40 mg/L ฉีดพ่น 2 ครั้ง มีผลทำให้จำนวนของดอกเพศผู้ลดลง โดยสารควบคุมการเจริญเติบโต GA3 20 mg/L ฉีดพ่น 2 ครั้ง มีอิทธิพลทำให้ภายในช่อของมะม่วงหิมพานต์มีจำนวนดอกสมบูรณ์เพศมากที่สุด เท่ากับ 8 ดอกต่อ 1 ช่อดอก อย่างไรก็ตาม พบว่า GA3 มีอิทธิพลต่อการชักนำให้เกิดจำนวนดอกสมบูรณ์เพศสูงกว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA นอกจากนี้ พบว่า สารควบคุมการเจริญเติบโต GA3 ที่ความเข้มข้น 40 mg/L ส่งผลให้อัตราส่วนของจำนวนดอกเพศผู้ต่อดอกสมบูรณ์เพศลดลงเท่ากับ 1.20:1 เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีอัตราส่วน เท่ากับ 6.0:1

**คำสำคัญ:** NAA GA3 การเปลี่ยนแปลงเพศดอก *Anacadium occidentale*

## Introduction

Nuts of cashew, Anacardium occidentale L., are a high-value export crop in the tropical countries. However, the climate change has affected to low flower induction and trees with low yield were also characterized by poor production of hermaphrodite flower (Aliyu, 2006). Over the years, application of exogenous hormones (i.e. plant growth regulators) has been reports to significantly improve flowering and sex expression in many crop plants. Foliar spraying of auxin and gibberellic acid had improved flowering and fruit set in citrus (El-Otmani, 1992) and mango (Dakoozlian *et al*., 2001). Several investigations have shown that exogenous hormones are involved in changes of flower type, number and ratio of flowers of different sex types (Dakoozlian *et al*., 2001). Thus, we evaluated two exogenous hormones, gibberellic acid (GA3) and 1-naphthaleneacetic acid (NAA) to improve flowering and increased production of hermaphrodite flowers per panicle.

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University, 49 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

## Materials and Methods

The experimental sample were from the experimental station of the Huay Sai Royal Development Study Center. Three 6-year-old cashew trees grown at the Huay Sai Royal Development Study Center were chosen and the initiate panicle of cashew nut trees were selected and transported to the phytobioactive laboratory on 13 February and 23 February 2015. The panicles were kept in the plastic box containing high moisture content and kept in the plastic bag.

The experiment was laid out as split-spilt plot design with 3 replication and the experiments have been repeated 2 times. Three concentration of 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) and Gibberellic acid (GA3) solution at 0, 20 and 40 ppm and distilled water as control, were used in this experiment. Different concentrations were prepared with distilled water and were soaked and sprayed 1 and 2 times on the panicle of cashew with the hand sprayer.

The data were recorded on the number of male flower, hermaphrodite flower and sex ratio of male/hermaphrodite.

## Results and Discussion

All treatments of spraying 1 or 2 times reduced the number of male flowers compared with the control. However, a pronounced reduction in the total number of male flowers was observed in NAA 40 mg/L and GA 40 mg/L by spraying 2 times. The results obtained agree with Choudhury (1959) who reported that NAA decreased the number of male flowers in bitter gourd. Moreover, the present study are in conformity with Hidayatullah and Khokhar (2009) who reported that GA3 at 15 to 75 mg/L could reduce male flower in cucumber. Our results showed that NAA treatments increase the number of hermaphrodite flowers and proved effective in enhancing the hermaphrodite flowers when NAA 20 mg/L was sprayed 1 times, about 5 hermaphrodite flowers per panicle was observed. The highest number of hermaphrodite flowers was observed with GA3 20 mg/L by spraying for 2 times, at about 8 hermaphrodite flowers per panicle, followed by GA3 20 mg/L by spraying for 1 times, with 6 hermaphrodite flowers per panicle. Furthermore, the GA3 showed greater influence on the induction of hermaphrodite flowers than NAA treated. The result related with Aliyu *et al*. (2011) who reported that GA3 induced hermaphrodite flowers higher than NAA. Results also showed that NAA and GA3 treatments could lower the male to hermaphrodite flower ratio. Similarly, Choudhury (1959) reported that NAA lowered the male to female flower ratio in cucumber. Moreover, GA3 at 40 mg/L showed lowest the ratio of male per hermaphrodite ratio at 1.20:1, which was different from the control at 6.0:1. The results are in conformity with Asghar *et al*. (1990) who reported that GA3 reduced the male to female flower sex ratio in cucumber by reducing the number of male flowers and increasing the female flowers.

## Summary

Both GA and NAA could suppress male flower as applied by spraying 1 and 2 times. The GA3 showed greater influence on the induction of hermaphrodite flowers than treated NAA. And NAA and GA3 treatments could lower the male to hermaphrodite flower ratio.

## Acknowledgments

This work was supported by the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program, Thailand Research Fund. (Grant No. PHD/0107/2554).

### Literature cited

Aliyu, O.M., 2006, Phenotypic Correlation and Path Coefficient Analysis of Nut Yield and Yield Related Components in Cashew, Silvae Genetica, 55: 19-24.

Asghar, H., Wazir, F.K. and Suleman, A., 1990, Influence of Growth Promoting Hormones on the Growth, Sex Expression and Production of *Cucumis sativus*, Sarhad Journal of Agriculture, 6: 563–569.

Choudhury, B. and Phatak, S., 1959, Sex Expression and Fruit Development in Cucumber (*Cucumis sativus* L.) as Affected by Gibberellin, Indian Journal of Horticulture, 16(4): 233-235.

Dokoozlian, N.K., 2001, Gibberellic Acid Applied at Bloom Reduces Fruit Set and Improves Size of 'Crimson Seedless' Table Grapes, Hortscience, 364: 706-709.

El-Otmani, M., 1992, Principal Growth Regulator Uses in Citrus Production, Proc. 2nd Seminar on Citrus Physiology, Bebedouro Ed. Cargill, pp. 55-69.

Hidayatullah, A.B., Bano, A. and Khokhar, K.M., 2009, Sex Expression and Level of Phytohormones in Monoecious Cucumber as Affected by Plant Growth Regulators, Sarhad Journal of Agriculture, 25(2): 173-177.

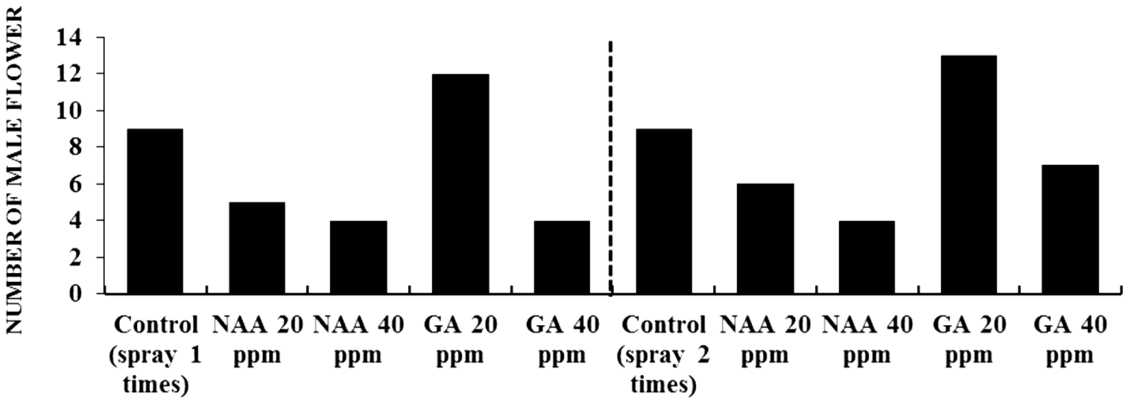




**Figure 1** Effect of different levels of plant growth regulators 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) and Gibberellic acid (GA3) at 0, 20 and 40 mg/L on sex expression of male flower in cashew nut tree.

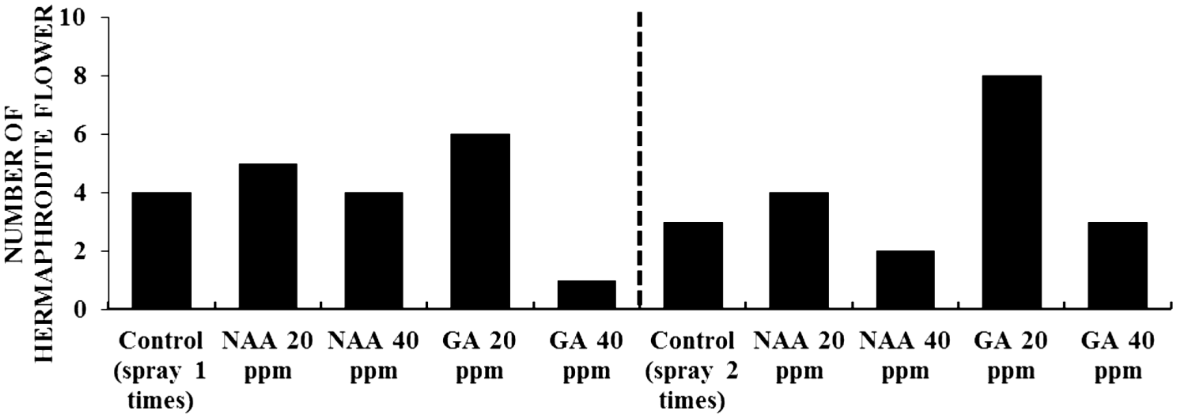



**Figure 2** Effect of different levels of plant growth regulators 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) and Gibberellic acid (GA3) at 0, 20 and 40 mg/L on sex expression of hermaphrodite flower in cashew nut tree

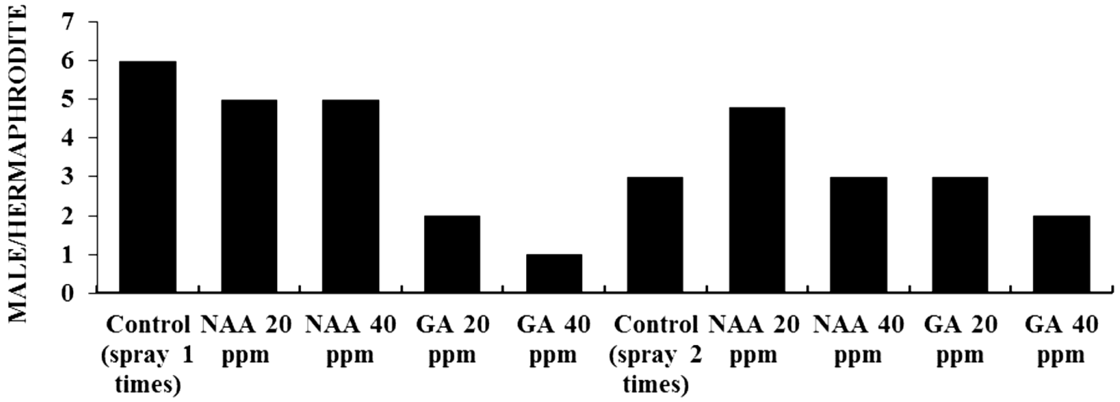



**Figure 3** Effect of different levels of plant growth regulators 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) and Gibberellic acid (GA3) at 0, 20 and 40 mg/L on sex expression of ratio male/hermaphrodite flower in cashew nut tree

# อิทธิพลของสารกระตุ้นในเซลล์แขวนลอยหม่อน ต่อปริมาณเรสเวอราทรอล ฟีนอลิกความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง

# Effect of Elicitors in Mulberry Suspension Cell Culture on Resveratrol Content, Total Phenolics, Antioxidant Activity, and Anticancer cell (Hep-G2)

ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และแฟรงก์ มาทา[2]
Rungruang, R.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Matta, F. B.[2]

## Abstract

The objective of this investigation was to monitor the effect of various concentrations (0, 50, 100, 150, and 200 µM) of methyl jasmonate (MeJA) on total phenolics content (TPC), resveratrol content, and antioxidant activities using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH), and 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) on *Morus alba* cv. Burirum 51 cultured cells. Results showed that dry biomass of cultured cells was lower than the control, but intracellular TPC, intracellular resveratrol and antioxidant activities by DPPH and ABTS increased when cells were treated with 50 µM MeJA (335.55 mg GAE/100 gDW, 12,069.14 µg/100 gDW, 169.91 µg TE/100 gDW and 206.53 µg TE/100 gDW, respectively). However, mulberry cells cultured with 50 µM MeJA resulted in decreased Hep-G2 cancer cell lines.

**Keywords:** elicitor, resveratrol, mulberry cell suspension, cytotoxicity cancer cell

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารกระตุ้นเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150 และ 200 µM ต่อปริมาณสารฟีนอลิก การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH)กับ 2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) และความสามารถในการยับยั้งเซลล์มะเร็งของเซลล์แขวนลอยหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 51 ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักแห้งของเซลล์แขวนลอยที่ได้รับสารกระตุ้นทุกความเข้มข้นต่ำกว่าชุดควบคุม (control) แต่มีปริมาณสารฟีนอลิก ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับ ABTS และเรสเวอราทรัลเพิ่มขึ้น โดยการใช้เมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 50 µM สามารถเพิ่มปริมาณฟีนอลิก เรสเวอราทรอล และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH กับ ABTS ภายในเซลล์ ได้เท่ากับ 335.55 mg GAE/100 gDW, 12,069.14 µg/100 gDW, 169.91 µg TE/100 gDW และ 206.53 µg TE/100 gDW ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อนำเซลล์แขวนลอยจากสภาวะการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้เมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 50 µM มาทดสอบกับเซลล์มะเร็ง พบว่า สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็ง Hep-G2 ได้

**คำสำคัญ**: สารกระตุ้น เรสเวอราทรอล เซลล์แขวนลอยหม่อน ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง

## บทนำ

ปัจจุบันเทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์พืชในรูปเซลล์แขวนลอยร่วมกับการใช้สารกระตุ้นสำหรับผลิตสารสำคัญในพืชได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจาก สามารถผลิตสารที่ต้องการได้ในปริมาณสูงและมีคุณภาพสม่ำเสมอ งานวิจัยนี้ใช้หม่อน หรือ mulberry ที่มีสารฟีนอลิกที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Takasugi และคณะ, 1979) นอกจากนี้ยังพบว่าในหม่อนมีสารในกลุ่ม sitlbenic compound คือ เรสเวอราทรอล (resveratrol) ซึ่งมีสมบัติในการ ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ และป้องกันโรคมะเร็ง เช่น มะเร็งลำไส้ และมะเร็งตับ (Sale และคณะ, 2005; Zhou และคณะ, 2013; Tameda และคณะ, 2014) และยังพบว่าสารเรสเวอราทรอลส่งผลให้เกิดการตายของเซลล์ หรือ apoptosis ของเซลล์มะเร็งลำไส้ได้ (Miki และคณะ 2012) แต่ยังไม่มีผู้ศึกษาการกระตุ้นการสร้างสารเรสเวอราทรอลในเซลล์แขวนลอยหม่อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้สารกระตุ้นเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2] Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, P.O Box 9555, MS State, Mississippi, 39762, USA

และ 200 µM ในเซลล์แขวนลอยหม่อนต่อปริมาณสารฟีนอลิก คุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณเรสเวอราทรอล และความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งตับ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การชักนำให้เกิดแคลลัส

นำส่วนใบอ่อนของหม่อนฟอกฆ่าเชื้อด้วย 75% แอลกอฮอล์ 30 วินาที จากนั้นฟอกด้วย 8% NaOCl นาน 5 นาที และ 5% NaOCl 5 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที ตัดส่วน explant เป็นสีเหลี่ยมขนาด 3x3 มิลลิเมตร วางบนอาหารสังเคราะห์ Murashige and Skoog (MS) ที่เติม 20 g/L sucrose, 2 mg/L NAA, 1 mg/L BA, และ 0.2 mg/L kinetin (Deshmukh และคณะ, 2011) เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 22±2 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 45 วัน

### การเพาะเลี้ยงในรูปเซลล์แขวนลอยและการใช้สารกระตุ้น

นำแคลลัสหม่อนส่วน non-compact จำนวน 2.5 กรัม เพาะเลี้ยงลงในอาหารเหลวปริมาตร 250 มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงแบบเขย่าที่ความเร็วรอบ 110 rpm อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เมื่อเซลล์แขวนลอยอยู่ในระยะ exponential phase ของ sigmoid growth curve เติมสารกระตุ้น MeJA ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150 และ 200 µM จากนั้นเพาะเลี้ยงแบบเขย่าที่ความเร็วรอบ 110 rpm อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส และให้แสง 16 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุกๆวันที่ 3, 6, 9, 12 และ 15 ของการเพาะเลี้ยงเพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ปริมาณสารฟีนอลิก ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH$^{\bullet}$ และ ABTS$^{\bullet+}$ และปริมาณเรสเวอราทรอล

### การศึกษาผลของสารกระตุ้นต่อการเจริญเติบโตและปริมาณฟีนอลิก ความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และสารเรสเวอราทรอลในเซลล์แขวนลอยหม่อน

ศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์ในลักษณะของน้ำหนักแห้ง (gram dry weight; gDW) โดยนำเซลล์แขวนลอยที่เพาะเลี้ยงกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส ประมาณ 12–16 ชั่วโมง นำไปใส่ในตู้ดูดความชื้นจนอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่ง ได้น้ำหนักของเซลล์แห้ง (gram dry weight; gDW) ศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดภายในเซลล์ (intracellular phenolic) โดยใช้ Folin Ciocalteu ดัดแปลงจากวิธีของ Slinkard และ Singleton (1977) ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Brand-William และคณะ, 1995) และ ABTS (Cai และคณะ, 2004) และปริมาณเรสเวอราทรอล ตามวิธีของ Romero-Perez และคณะ (2001) โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

### การศึกษาความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง

นำสารสกัดเซลล์แขวนลอยหม่อนความเข้มข้น 6.66 กรัมเซลล์สดต่อมิลลิลิตร ที่เติมสารกระตุ้น MeJA ความเข้มข้น 50 µM ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่สามารถเพิ่มปริมาณฟีนอลิกความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและกระตุ้นการสร้างเรสเวอราทรอล แอนโทไซยานินได้ดี ทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งตับ (Hep-G2) ด้วยวิธี MTT colorimetric assay

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง พบว่า MeJA ทุกความเข้มข้น ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอยหม่อน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยการใช้ความเข้มข้นสูงขึ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ลดลง อย่างไรก็ตามการใช้ MeJA ความเข้มข้น 50 µM ส่งผลให้เซลล์แขวนลอยหม่อนมีการเจริญเติบโตสูงสุด เท่ากับ 6.95 g DW/L ในวันที่ 9 ของการเพาะเลี้ยง (Figure 1A) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang และคณะ (2015) พบว่า MeJA ความเข้มข้น 50 µM ส่งผลให้เซลล์แขวนลอย *Hypericum perforatum* เจริญเติบโตสูงสุด และเมื่อใช้ความเข้มข้นสูงขึ้น (100, 150 และ 200 µM) ส่งผลให้การเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอยลดลง อย่างไรก็ตาม MeJA ทุกความเข้มข้นสามารถเพิ่มปริมาณฟีนอลิกได้มากกว่าชุดควบคุม โดย 50 µM MeJA สามารถเพิ่มปริมาณได้สูงสุดในวันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยง เท่ากับ 335.55 mg GAE/ 100 gDW (Figure 1B) สอดคล้องกับผลของความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเรสเวอราทรอล พบว่า การใช้ 50 µM MeJA สามารถเพิ่มความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH$^{\bullet}$ กับ ABTS$^{\bullet+}$ และปริมาณเรสเวอราทรอลได้สูงสุดในวันที่ 6 เท่ากับ 169.91, 206.53 µg TE/100 gDW และ 12,069.14 µg /100 gDW ตามลำดับ (Figure 2 and 3) เนื่องจาก MeJA เหนี่ยวนำให้เกิดการแสดงออกของยีน defence-related protein (Pathogenesis-related protein) ใน phenylpropanoid pathway ที่สังเคราะห์สารในกลุ่ม stilbenoids (Shen และคณะ, 2012) ส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิก ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเรสเวอราทรอลเพิ่มสูงขึ้นได้ สอดคล้องกับผลของ Donnez และคณะ (2011) พบว่า การใช้ MeJA สามารถกระตุ้นการสร้างเรสเวอราทรอลในเซล์แขวนลอยองุ่น *Vitis* spp. ได้ นอกจากนี้ เมื่อนำสภาวะการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมที่สุดคือ

การใช้ MeJA ความเข้มข้น 50 µM มาทดสอบกับเซลล์มะเร็งตับ พบว่า การรอดชีวิตของเซลล์ลดลงเหลือร้อยละ 28.21 (Figure 4A) สอดคล้องกับ Figure 4B พบว่าปริมาณเซลล์ลดลง เกิดการหดตัว มีสีดำเป็นจุดๆ และพบเศษเซลล์ หลายงานวิจัย พบว่า เรสเวอราทรอลสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งได้ เช่น มะเร็งตับ และมะเร็งลำไส้ (Tameda และคณะ,2014; Sale และคณะ, 2005) โดยกระตุ้นเอนไซม์หลักที่ทำให้เกิดการตายของเซลล์มะเร็งแบบ apoptosis คือ caspase (Miki และคณะ 2012)

## สรุปผล

เมทิลจัสโมเนททุกความเข้มข้นยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์แขวนลอยหม่อน แต่สามารถเพิ่มปริมาณฟีนอลิก ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเรสเวอราทรอลได้ โดยการใช้ 50 µM สามารถเพิ่มปริมาณได้สูงที่สุด ในการเพาะเลี้ยงของวันที่ 6 นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งตับได้

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจาปี 2558 ระดับปริญญาโท สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ประจำปี 2558 โครงการส่งเสริมงานวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## เอกสารอ้างอิง

Brand-William, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995, Use of A Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensmittel Wissenschaft and Technology, 28: 25–30.

Cai, Y., Luo, Q., Sun, M. and Corke, H., 2004, Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in 112 Traditional Chinese Medicinal Plants Associated with Anticancer, Life Sciences, 75: 2157–2184.

Deshmukh, S.R., Wadegaonkar, V.P., Bhagat, R.P. and Wadegaonkar, P.A., 2011, Tissue Specific Expression of Anthraquinones, Flavonoids and Phenolics in Leaf, Fruit and Root Suspension Cultures of Indian Mulberry (*Morinda citrifola* L.), Plants omics journal, 4(1): 6-13.

Donnez, D., Jeandet, P., Clement, C. and Courot, E., 2009, Bioproduction of Resveratrol and Stilbene Derivatives by Plant Cells and Microorganisms, Trends Biotechnology, 27: 706–713.

Zhou, J., Li, S.X., Wang, W., Guo, X.Y., Lu, X.Y., Yan, X.P., Huang, D., Wei, B.Y. and Cao, L., 2013, Variations in the Levels of Mulberroside A, Oxyresveratrol, and Resveratrol in Mulberries in Different Seasons and during Growth, Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal, 380692: 1-7.

Wang, J., Qian, J., Yao, L. and Lu, Y., 2015, Enhanced Production of Flavonoids by methyl Jasmonate Elicitation in Cell Suspension Culture of *Hypericum perforatum*, Bioresources and Bioprocessing, 2(1):1-9.

Miki, H., Uehara, N., Kimura, A., Sasaki, T., Yuri, T., Yoshizawa, K. and Tsubura, A., 2012, Resveratrol Induces Apoptosis via ROS-triggered Autophagy in Human Colon Cancer Cells, International journal of oncology, 40(4): 1020-1028.

Romero-Perez, A.I., Lamuela-Raventos, R.M., Andres-Lacueva, C. and Torre-Boronat, M.C., 2001, Method for the Quantitative Extraction of Resveratrol and Piceid Isomers in Grape Berry Skins: Effect of Powdery Mildew on the Stilbene Content, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 210-215.

Sale, S., Tunstall, R.G., Ruparelia, K.C., Potter, G.A., Steward, W.P. and Gescher, A.J., 2005, Comparison of the Effects of the Chemopreventive Agent Resveratrol and Its Synthetic Analog Trans 3, 4, 5, 4′-tetramethoxystilbene (DMU-212) on Adenoma Development in the ApcMin$^{+}$ Mouse and Cyclooxygenase$^{-2}$ in Human $^{-}$ Derived Colon Cancer Cells, International journal of cancer, 115(2): 194-201.

Shen X., Qingshan, D., Xu, Y. and Lu, Y., 2012, Stimulation of trans-resveratrol Biosynthesis in *Vitis vinifera* cv. Kyoho Cell Suspension Cultures by 2, 3-dihydroxypropyl Jasmonate Elicitation, Electronic Journal of Biotechnology, 15(5): 0717-3458.

Slinkard, K. and Singleton, V.L., 1977, Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. American Journal of Enology and Viticulture, 28: 49–55.

Takasugi, M., Nagao, S., Masamune, T., Shirata, A. and Takahashi, K., 1979, Structures of Moracins E, F, G, and H, New Phytoalexins from Diseased Mulberry, Tetrahedron Letter, 20: 4675–4678.

Tameda, M., Sugimoto, K., Shiraki, K., Inagaki, Y., Ogura, S., Kasai, C. and Ito, M., 2014, Resveratrol Sensitizes HepG2 cells to TRAIL-induced apoptosis, Anti-cancer drugs, 25(9): 1028-1034.

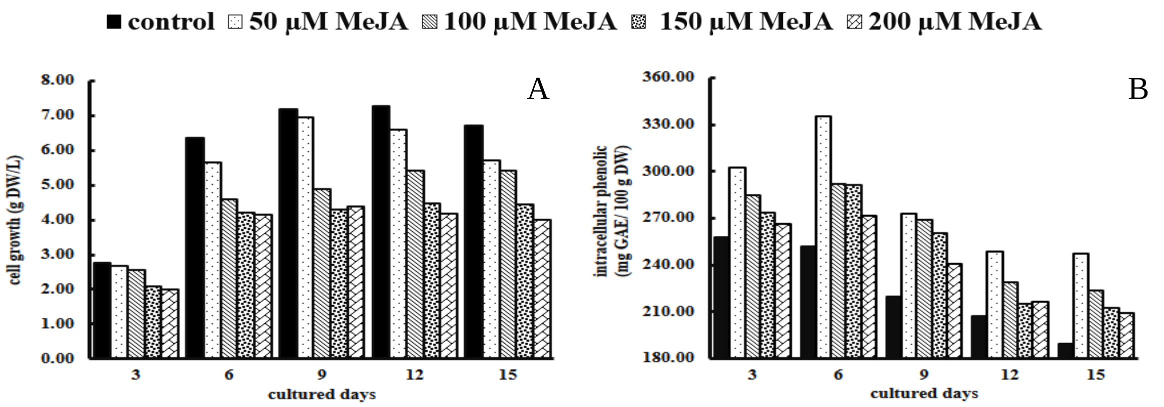



Figure 1 Effect of methyl jasmonate (MeJA) on cell growth (A) and phenolic (B) of cultured mulberry cells.

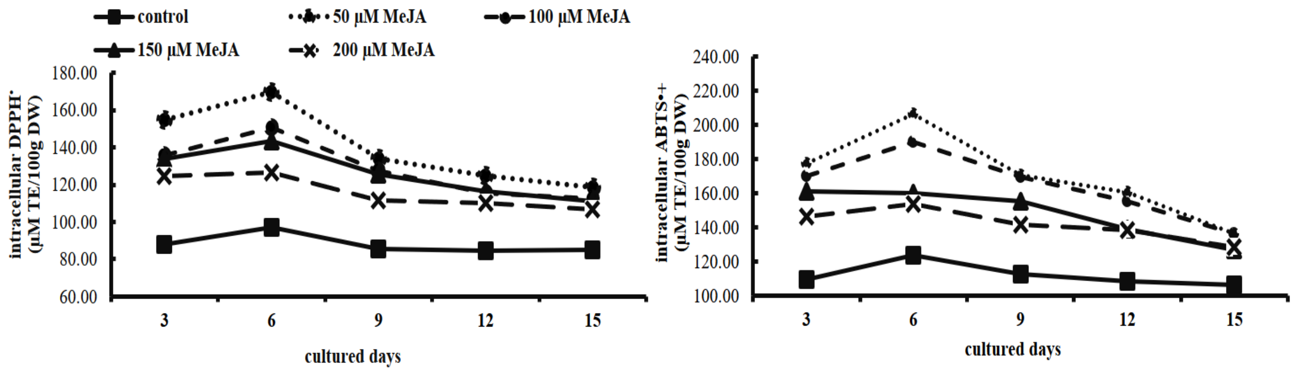



Figure 2 Effect of methyl jasmonate (MeJA) on intracellular DPPH˙ and ABTS˙⁺ of cultured mulberry cells.

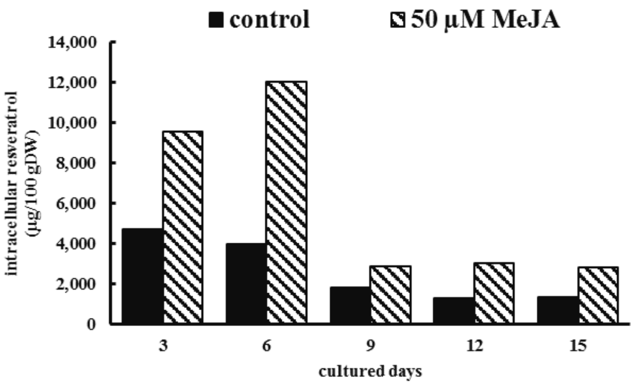



Figure 3 Effect of methyl jasmonate (MeJA) on intracellular resveratrol of cultured mulberry cells.

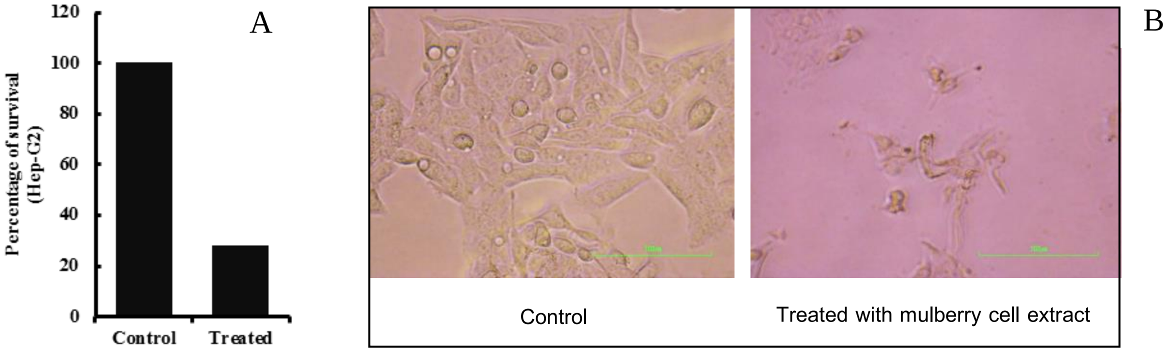



Figure 4 Effect of mulberry cell extracts on percentage cell survival (A) and Microscopic analysis (40X) of cancer cell lines treated with mulberry cell extracts of 6.66 gFW/mL (B)

# ผลของสารละลายพัลซิ่งต่ออายุการปักแจกันของดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้า

## Effect of Pulsing Solution on Vase Life of Dyeing Blue Carnation

คำทอง มหวงศ์วิริยะ[1] วิษณุ เมืองทิพย์[2] และ เฉลิมชัย วงษ์อารี[2,3]

Mahawongwiriya, K.[1], Muangthip, V.[2] and Wongs-Aree, C.[2,3]

### Abstract

Blue carnations cannot occur by nature but using dyeing technique. The dyeing flowers can only last for few days. This experiment was to study the effect of pulsing solution on the vase life of 40% brilliant blue FCF dyeing carnations. Pulsing solutions included 400 ppm Physan-20 + 10% sucrose, 400 ppm 8-HQS + 10% sucrose, 1,500 ppm Calcium chloride + 10% sucrose and distilled water as a control. After pulsing for 12 h all carnations were held in distilled water and incubated at 25 ºC with 12 h/day fluorescent light. The result showed flower pulsed with physan-20 + sucrose gained higher fresh weight whereas 8-HQS + sucrose pulsed flower showed higher water uptake on day 2. Carnation were fully bloom on day 4 and kept stable till vase life. The vase life all treatment had no significant difference between the treatments.

**Keywords:** carnation, vase life, pulsing solution

### บทคัดย่อ

ดอกคาร์เนชั่นสีฟ้าเป็นสีที่ไม่มีตามธรรมชาติแต่ได้จากการย้อมสีซึ่งทำให้ดอกไม้ที่ย้อมสีมีอายุการใช้งานสั้นลง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารละลายพัลซิ่งที่มีผลต่ออายุการปักแจกันของดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้า brilliant blue FCF 40% สารละลายพัลซิ่งที่ใช้ ได้แก่ Physan-20 400 ppm + Sucrose10% 8-HQS 400 ppm + Sucrose 10% Calcium chloride 1,500 ppm + Sucrose 10% โดยใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พัลซิ่ง 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปปักแจกันในน้ำกลั่นและเก็บรักษาในห้องที่มีอุณหภูมิ 25ºC ให้แสงไฟจากหลอดฟูออเรสเซนนาน 12 ชั่วโมงต่อวัน พบว่าการพัลซิ่งดอกคาร์เนชั่นด้วย physan-20 + sucrose ทำให้ดอกมีน้ำหนักสดมากที่สุดในวันที่ 4 และ 6 ส่วนดอกที่พัลซิ่งด้วย 8-HQS + sucrose มีการดูดน้ำได้มากกว่าชุดควบคุม ในวันที่ 2 ดอกคาร์เนชั่นในทุกชุดการทดลองบานเต็มที่ในวันที่ 4 คงที่ตลอดอายุการปักแจกัน และมีอายุการปักแจกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทุกตัวอย่าง

**คำสำคัญ**: คาร์เนชั่น อายุการปักแจกัน สารละลายพัลซิ่ง

### คำนำ

คาร์เนชั่นเป็นไม้ตัดดอกอีกชนิดหนึ่งที่ผู้บริโภคนิยมนำมาใช้งาน มีทั้งชนิดดอกเดี่ยวแบบสแตนดาร์ดและดอกช่อแบบสเปรย์ มีหลายพันธุ์ ดอกหลายสี ทั้งสีขาว สีเหลือง สีชมพู สีส้ม สีแดง และสีม่วง บางพันธุ์ก็มีมากกว่าหนึ่งสีในดอกเดียวกันและบางพันธุ์ยังมีกลิ่นหอมอีกด้วย (นันทิยา, 2533) แต่สีที่ยังไม่มีในธรรมชาติคือสีฟ้า มีดอกไม้หลายชนิดถูกนำมาย้อมสีสังเคราะห์ให้ได้สีที่ต้องการก่อนวางจำหน่าย เช่น ดอกกล้วยไม้ ดอกกุหลาบ ปัจจุบันการย้อมสีดอกไม้เริ่มเป็นที่รู้จักของคนทั่วไป ทำให้ดอกมีสีสันเพิ่มมากขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายโอกาส ดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้าจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคได้เลือกใช้ให้เหมาะสมในวาระต่างๆ อย่างไรก็ตามแม้การย้อมสีดอกไม้ทำให้ดอกไม้มีสีต่างๆ ตามความต้องการ แต่ดอกไม้ที่ย้อมสีแล้วจะมีอายุการใช้งานสั้นกว่าดอกไม้ที่ยังไม่ย้อมสี เพียงไม่กี่วันกลีบดอกไม้ก็จะเหี่ยวและใบก็จะร่วงโรยเนื่องจากภายในเซลล์ของดอกไม้ที่ย้อมสีมีโมเลกุลของสีปนอยู่ด้วยทำให้เมแทบอลิซึมภายในเซลล์ของดอกไม้ผิดปกติ ดังนั้นการนำดอกไม้ที่ย้อมสีไปใช้ประโยชน์จึงไม่ควรนานเกิน 3 วัน (นิธิยา และดนัย, 2537) สำหรับสาเหตุการเหี่ยวของดอกไม้หลังจากการตัดดอกไม้ออกมาจากต้นแล้ว อาจเนื่องมาจากการที่ก้านดอกดูดน้ำได้น้อยเพราะว่ามีสิ่ง

---

[1] หลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 13180

[1] Department of Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, ValayaAlongkornRajabhat University under the Royal Patronage, Pathumthani 13180

[2] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี(บางขุนเทียน) กรุงเทพฯ 10150

[2] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), Bangkok 10150

[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[3] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400

มาอุดตันรอยตัดที่ปลายก้านดอก เช่น เชื้อจุลินทรีย์ หรือน้ำยางของก้านดอกไม้บางชนิด ดังนั้นเมื่อขาดน้ำเพียงเล็กน้อยก็จะแสดงอาการเหี่ยวทันที การเติมสารละลายพัลซิ่งหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมนั้นเป็นตัวกำหนดคุณภาพและอายุการใช้งานของดอกไม้ โดยสารเคมีดังกล่าวสามารถนำมาใช้ร่วมกับน้ำยาปักแจกันหรือน้ำยาแช่ดอกไม้ด้วยวิธีการพัลซิ่งซึ่งเป็นการแช่ก้านดอกไม้ในสารละลายเคมีระยะเวลาหนึ่งก่อนการเก็บรักษา ก่อนการขนส่ง หรือก่อนการปักแจกันได้ (สายชล, 2531) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการใช้สารละลายพัลซิ่งชนิดต่างๆ กับดอกคาร์เนชั่นที่ย้อมสีฟ้า บริลเลียนท์บลู เอฟซีเอฟ ต่อการยืดอายุการปักแจกันและคุณภาพของดอกเมื่อนำไปปักแจกันในน้ำกลั่น

## อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกดอกคาร์เนชั่นสีขาวจำนวน 120 ดอก ตัดแต่งใบออกให้หมดและตัดก้านดอกให้มีความยาว 50 เซนติเมตร แล้วทำให้ดอกอยู่ในสภาวะที่ขาดน้ำ โดยวางดอกไม้ในที่ร่มใช้เวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำมาตัดโคนก้านดอกให้เฉียงเพื่อจะได้มีพื้นที่ในการดูดสีได้มากขึ้น นำมาแช่ในสารละลายสีฟ้า (Brilliant blue FCF) ความเข้มข้น 40% นาน 5 ชั่วโมง แล้วนำมาพัลซิ่ง (Pulsing) 12 ชั่วโมง ในสารละลายต่อไปนี้คือ treatment ที่1 น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม treatment ที่ 2 pulsing ใน physan-20 ความเข้มข้น 400 ppm + sucrose 10 % treatment ที่ 3 8-Hydroxyquinoline sulfate (8-HQS) ความเข้มข้น 400 ppm + sucrose 10 % treatment ที่ 4 Calcium chloride ความเข้มข้น 1500 ppm + sucrose 10 % หลังจากนั้นย้ายมาปักแจกันในน้ำกลั่น วางไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ 25 °C ให้แสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซน นาน 12 ชั่วโมงต่อวัน ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งออกเป็น 4 treatment 3 replication ใช้ดอกไม้ทั้งหมด 120 ดอก ตลอดระยะเวลาการทดลองทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงทุก 2 วัน โดยดูการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด การดูดน้ำการบาน ของดอกและอายุการปักแจกันโดยดูจากสภาพของดอกไม้เป็นเกณฑ์

## ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดและการดูดน้ำของดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้ามีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการปักแจกัน ในวันที่ 4 ของการปักแจกัน ดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้าพัลซิ่งด้วย Physan-20 ความเข้มข้น 400 ppm + Sucrose ความเข้มข้น 10% มีน้ำหนักสดมากที่สุด เท่ากับ 92.77% ในขณะที่ดอกคาร์เนชั่นย้อมสีชุดควบคุม มีน้ำหนักสดน้อยที่สุด เท่ากับ 85.26% และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$) (Figure 1 A) การใช้สารละลาย Physan-20 ความเข้มข้น 400 ppm + Sucrose ความเข้มข้น 10% และ 8-HQS ความเข้มข้น 400 ppm + Sucrose ความเข้มข้น 10% มีแนวโน้มคงน้ำหนักสดในดอกคาร์เนชั่นย้อมสีได้ดี ในขณะที่การใช้ Calcium chloride ความเข้มข้น 1500 ppm + Sucrose ความเข้มข้น 10% ไม่มีผลแตกต่างจากชุดควบคุมที่แช่ในน้ำกลั่น ดอกคาร์เนชั่นที่พัลซิ่งด้วย 8-HQS ความเข้มข้น 400 ppm + Sucrose ความเข้มข้น 10% มีการดูดน้ำมากที่สุด ในวันที่ 2 ของการปักแจกัน ดูดน้ำได้ 4.43 มิลลิลิตร และแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \le 0.05$) โดยชุดควบคุมดูดน้ำได้น้อยที่สุดคือเท่ากับ 2.46 มิลลิลิตร (Figure 1B) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามหลังจากวันที่ 2 การดูดน้ำของดอกคาร์เนชั่นย้อมสีในแต่ละชุดการทดลองลดลงและไม่แตกต่างกันในแต่ละชุดทดลอง ($p > 0.05$) การบานของดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้าระหว่างการปักแจกันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 4 แล้วคงที่ตลอดอายุการปักแจกัน โดยพบว่าทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ดอกคาร์เนชั่นย้อมที่พัลซิ่งด้วย 8-HQS ความเข้มข้น 400 ppm + Sucrose ความเข้มข้น 10% มีแนวโน้มการบานของดอกมากที่สุด เท่ากับ 7.33 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับดอกดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้าชุดควบคุมมีการบาน เท่ากับ 6.81 เซนติเมตร (Figure 1C) อายุการปักแจกันของดอกคาร์เนชั่นย้อมสีที่พัลซิ่งด้วยสารละลายต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) อย่างไรก็ตามหากพิจารณาจำนวนวันของการใช้งาน พบว่าการพัลซิ่งด้วย Physan-20 ความเข้มข้น 400 ppm + Sucrose ความเข้มข้น 10% และ 8-HQS ความเข้มข้น 400 ppm + Sucrose ความเข้มข้น 10% ทำให้ดอกคาร์เนชั่นย้อมสีมีอายุการใช้งาน 5 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมและ Calcium chloride ความเข้มข้น 1500 ppm + Sucrose ความเข้มข้น 10% มีอายุการใช้งานเพียง 4 วัน

## วิจารณ์ผล

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดและการดูดน้ำของดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้ามีแนวโน้มลดลงเนื่องจากเกิดการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำ มีสาเหตุมาจากโมเลกุลของสี (นิธิยา และดนัย, 2537) และฟองอากาศอยู่ที่โคนก้านดอกหรือภายในท่อลำเลียงน้ำทำให้โมเลกุลของน้ำเกาะกันไม่ต่อเนื่องประสิทธิภาพในการดูดน้ำและการเคลื่อนที่ของน้ำจึงลดลง (สายช ล,

2531) ในระหว่างการปักแจกันดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้ามีการบานมากขึ้นในวันที่ 4 และคงที่ตลอดระยะเวลาการปักแจกัน การบานของดอกไม้เกิดจากการขยายตัวของเซลล์ ระดับแรงดันของ osmotic ที่เพิ่มขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ polysaccharides เป็น monosaccharides (Van Doom และคณะ, 2003) หรือฮอร์โมนบางชนิด เช่น เอทิลีน ดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้าที่พัลซิ่งด้วย 8-HQS + Sucrose มีอายุการปักแจกันนานที่สุด เท่ากับ 5.23 วัน รองลงมาคือ ดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้าพัลซิ่งด้วย Physan-20 + Sucrose มีอายุการปักแจกันเท่ากับ 5.03 วัน 8-HQS (8-hydroxyquinoline sulfate) จะช่วยลดการอุดตันของท่อน้ำโดยจะไปจับกับไอออนและเอมไซม์ที่ทำให้ท่อน้ำอุดตัน ช่วยยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียและมีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราด้วย (Rogers, 1973) และยังช่วยรักษาสภาพความเป็นกรดของน้ำ และมีผลในการยับยั้งการสร้างเอทิลีนในดอกคาร์เนชั่นด้วย ทำให้ดอกไม้ใช้ประโยชน์ได้นานขึ้น (ซ.ณิฎฐ์ศิริ, 2545; Halevy และ Mayak, 1981) เช่นเดียวกับ Physan-20 ที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำ ซ.ณิฎฐ์ศิริ (2545) รายงานว่า Physan-20 ความเข้มข้น 100-200 ppm ผสมกับน้ำตาลซูโครส ใช้พัลซิ่งและใช้เป็นสารละลายช่วยให้ดอกคาร์เนชั่นและดอกเบญจมาศใช้งานได้ดี

## สรุปผล

ผลจากการใช้สารละลายพัลซิ่งที่มีต่ออายุการปักแจกันของดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้า พบว่าสารละลายพัลซิ่ง Physan-20 ความเข้มข้น 400 ppm + Sucrose 10% และ 8-HQS ความเข้มข้น 400 ppm + Sucrose 10% มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง น้ำหนักสดและการดูดน้ำของดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มพบว่าการพัลซิ่งดอกคาร์เนชั่นย้อมสีฟ้า ด้วย Physan-20 ความเข้มข้น 400 ppm + Sucrose 10% และ 8-HQS ความเข้มข้น 400 ppm + Sucrose 10% มีอายุการปักแจกันนานถึง 5 วัน ส่วนชุดทดลองอื่นๆ มีอายุการปักแจกันเพียง 4 วัน

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวสำหรับการเอื้อเฟื้อในการทำวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

ซ. ณิฎฐ์ศิริ สุยสุวรรณ, 2545, เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวไม้ตัดดอก, สำนักพิมพ์ประดิพัทธ์, กรุงเทพฯ. 194 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุณยเกียรติ, 2537, การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้. โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ. 176 หน้า.

นันทิยา สมานนท์, 2533, คาร์เนชั่น. โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ. 198 หน้า

สายชล เกตุษา, 2531, เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของดอกไม้, บริษัท สารมวลชน จำกัด, กรุงเทพฯ. 291 หน้า.

Halevy, A.H. and Mayak, S., 1981, Senescence and Postharvest Physiology of Cut Flowers-Part 2, Horticultural Review, 3: 53-143.

Rogers, M.N., 1973, A Historical and Critical Review of Postharvest Physiology Research on Cut Flowers, Horticultural Science, 8: 189-194.

Van Doorn, W.G., Sinz, A. and Tomassen, M.M., 2003, Daffodil Flower Delay Senescence in Cut Iris Flower, Phytochemistry, 65: 571-577.

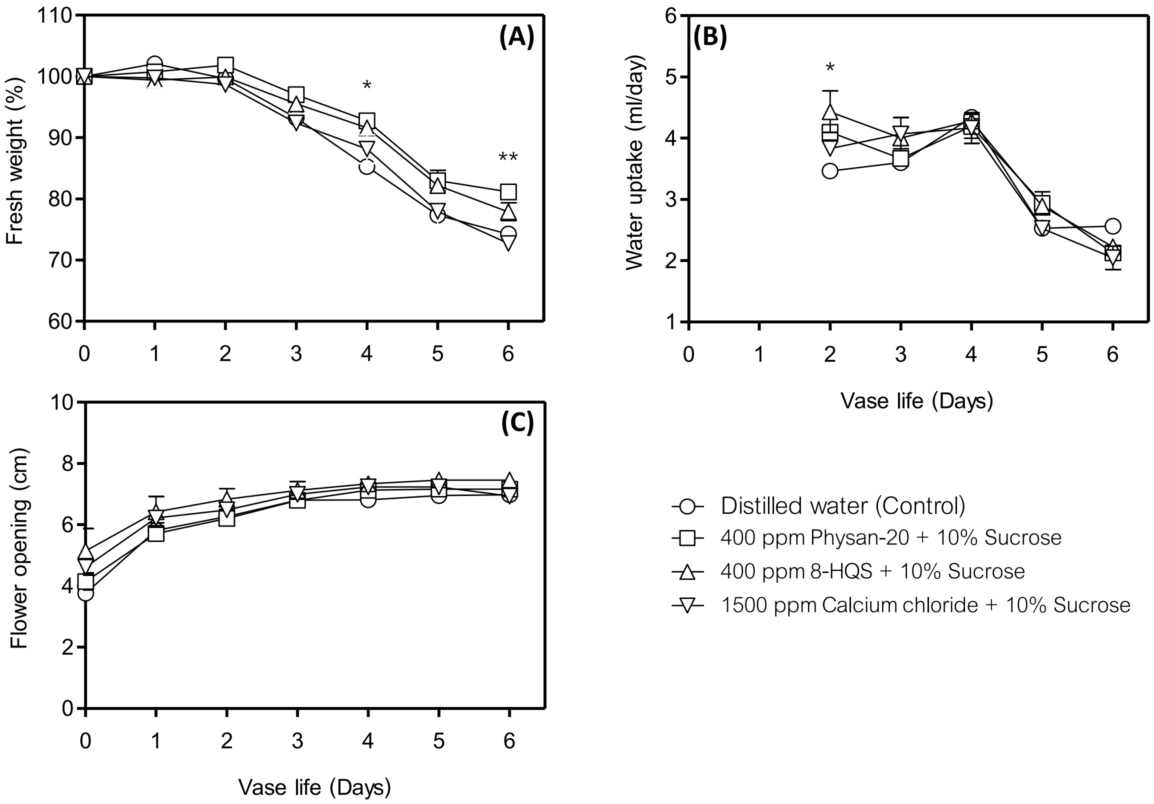



**Figure 1** Fresh weight (A), water uptake (B) flower opening (C) of dyeing carnation pulsed with distilled water (DW), 400 ppm Physan-20 + 10% Sucrose, 400 ppm 8-HQS + 10% Sucrose and 1,500 ppm Calcium chloride + 10% Sucrose for 12 h then held in DW water throughout experimental period in an observation room (25°C, 70-80%RH under cool-white fluorescence lights). (*) indicates significant of treatments of $p \leq 0.05$

**Table 1** Vase life of dyeing carnation pulsed with distilled water (DW), 400 ppm Physan-20 + 10% Sucrose, 400 ppm 8-HQS + 10% Sucrose and 1,500 ppm Calcium chloride + 10% Sucrose for 12 h and then held in DW water throughout experimental period in an observation room (25°C, 70-80%RH under cool-white fluorescence lights).

| Treatments | Vase life (Days) |
|---|---|
| Distilled water (Control) | 4.26 |
| 400 ppm Physan-20 + 10% Sucrose | 5.03 |
| 400 ppm 8-HQS + 10% Sucrose | 5.23 |
| 1,500 ppm Calcium chloride + 10% Sucrose | 4.00 |
| F-test | NS |

NS = non significant different at $p \geq 0.05$

# คุณภาพผลและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในฝรั่งพันธุ์ 'แป้นสีทอง' เกรดต่าง ๆ

## Fruit Quality and Antioxidant Contents of Different Fruit Grades in 'Paen Seethong' Guava

**ณิชาภัทร ฟองเทพ**[1] **ปริยาพร ยอดรัก**[1] **และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์**[1, 2]
Fongthep, N.[1], Yodrak, P.[1] and Thaipong, K.[1, 2]

### Abstract

Fruit size and surface damage are important criterion for guava grading. However, such criterion might not be related to fruit quality and antioxidant content. The objective of this experiment was to analyse fruit quality and antioxidant content of four grades of 'Paen-Seethong' guava; large (500-799 g), middle (300-499 g), small (< 300 g), and low (damaged fruit caused by diseases and insects). Results showed that fruit titratable acidity for each grade was 0.40, 0.45, 0.38 and 0.41%, respectively, antioxidant activity was 9.6, 10.1, 11.3 and 9.9 μMol $g^{-1}$, respectively, ascorbic acid was 87.8, 72.8, 82.9 and 76.5 mg/100 g, respectively, and total phenolic were 136.8, 138.3, 157.7 and 143.8 mg/100 g, respectively. These parameters were not affected by fruit grade. However, small-grade guava had the highest firmness (40.8 N) and the lowest total soluble solids (10.6°Brix), whereas, firmness and soluble solids did not differ among the large, middle and low grades.

**Keywords**: antioxidant activity, total phenolics, ascorbic acid, fruit size

### บทคัดย่อ

ขนาดผลและความเสียหายภายนอกถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์สำคัญในการจัดเกรดผลฝรั่ง ซึ่งอาจไม่สัมพันธ์กับคุณภาพผลภายในและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ จึงวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลฝรั่งพันธุ์ 'แป้นสีทอง' 4 เกรด ได้แก่ เบอร์ใหญ่ (500-799 กรัม) เบอร์กลาง (300-499 กรัม) เบอร์เล็ก (<300 กรัม) และเบอร์ตกเกรด (ผลเสียหายบางส่วนเนื่องจากถูกโรคและแมลงเข้าทำลาย) พบว่า ผลฝรั่งทั้ง 4 เกรด มีปริมาณกรด (0.40, 0.45, 0.38 และ 0.41% ตามลำดับ) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (9.6, 10.1, 11.3 และ 9.9 ไมโครโมล/กรัม ตามลำดับ) วิตามินซี (87.8, 72.8, 82.9 และ 76.5 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ) และสารประกอบฟีโนลิค (136.8, 138.3, 157.7 และ 143.8 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่เบอร์เล็กมีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด (40.8 นิวตัน) และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด (10.6°Brix) ส่วนเบอร์ใหญ่ เบอร์กลาง และเบอร์ตกเกรดนั้นมีค่าความแน่นเนื้อและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน

**คำสำคัญ**: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีโนลิคทั้งหมด วิตามินซี ขนาดผล

### คำนำ

ฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการผลิตและพัฒนาให้เป็นไม้ผลที่สำคัญทางเศรษฐกิจได้ เนื่องจากเป็นผลไม้ที่ขายได้ตลอดทั้งปี สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี อีกทั้งรสชาติอร่อย ราคาไม่แพง โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้าและมีพื้นที่ปลูกมากที่สุด คือ พันธุ์ 'แป้นสีทอง' (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) พื้นที่ปลูกฝรั่งกว่า 41,000 ไร่ กระจายอยู่ทุกภาคของประเทศ แหล่งปลูกสำคัญ ได้แก่ จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร และราชบุรี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะวิตามินซี นอกจากนี้ Jime nez-Escrig และคณะ (2001) พบว่า เปลือกและเนื้อมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิคและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระสูง

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) คือ สารประกอบที่สามารถป้องกันหรือชะลอกระบวนการเกิดออกซิเดชัน ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น กระบวนการออกซิเดชัน (oxidation) ที่เกิดในร่างกาย การย่อยสลายโปรตีนและไขมันจากอาหารที่บริโภคเข้าไป การหายใจ หรือมลพิษทางอากาศ ล้วนทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นในร่างกายได้ทั้งสิ้น สารต้านอนุมูลอิสระที่

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140**
[1] Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand
[2] **ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140**
[2] Tropical Fruit Research and Development Center, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand

สำคัญ ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม เบตาแคโรทีน วิตามินเอ พฤกษาเคมีต่างๆ (phytochemicals) เช่น สารประกอบฟีโนลิค เป็นต้นลักษณะผลที่ถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์สำคัญในการพิจารณาจัดเกรดการซื้อขายของฝรั่ง ได้แก่ น้ำหนักผลและการเข้าทำลายของโรคและแมลง ซึ่งเป็นลักษณะที่สามารถประเมินได้จากภายนอก อย่างไรก็ตาม เกณฑ์ดังกล่าวอาจไม่สัมพันธ์กับคุณภาพผลภายในและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งการทราบข้อมูลคุณภาพผลภายในของฝรั่งเกรดต่างๆ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคในการใช้เป็นข้อมูลการเลือกซื้อผลฝรั่ง

ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและคุณภาพผลของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองเกรดต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้บริโภคในการเลือกซื้อฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองที่มีคุณภาพและคุณค่าโภชนาการสูง

## อุปกรณ์และวิธีการ

สุ่มเก็บผลฝรั่งพันธุ์ 'แป้นสีทอง' ที่อยู่ในระยะรับประทานสด โดยพิจารณาจากสีผิวผลที่เปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน ในฤดูหนาวระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ จากแปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักผล (กรัม) และจัดเกรดเป็น 4 เกรด ตามเกณฑ์การซื้อขายของตลาดขายส่ง ประกอบด้วย เบอร์ใหญ่ (500-799 กรัม) เบอร์กลาง (300-499 กรัม) เบอร์เล็ก (< 300 กรัม) และเบอร์ตกเกรด (ผลเสียหายบางส่วนเนื่องจากถูกโรคและแมลงเข้าทำลายแต่เนื้อผลยังสามารถรับประทานได้) เกรดละ 10 ผล นำผลมาประเมินปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินซี ประเมินตามวิธีการของ AOAC (1990) สารประกอบฟีโนลิค ประเมินด้วยวิธี The Folin-Ciocalteu method (Swain และ Hillis, 1959) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ประเมินด้วยวิธี The FRAP assay (Benzie และ Strain,1996) และคุณภาพผล ได้แก่ น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ ความแน่นเนื้อด้วยหัววัดขนาด 0.5 เซนติเมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดด้วย hand refractometer (ATC-1E, Atago, Japan) และปริมาณกรด ประเมินตามวิธีการของ AOAC (1990)

## ผลการทดลอง

### คุณภาพผล

เบอร์ใหญ่มีน้ำหนักผลสูงที่สุดเท่ากับ 624.5 กรัม รองลงมา คือ เบอร์ตกเกรด เบอร์กลาง และเบอร์เล็กมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 484.5, 411.6 และ 252.5 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักเนื้อมีค่าสูงสุดในเบอร์ใหญ่ เท่ากับ 503.7 กรัม รองลงมา คือ เบอร์ตกเกรด เบอร์กลาง และเบอร์เล็ก มีค่าเท่ากับ 379.8, 317.9 และ 196.1 กรัม ตามลำดับ เบอร์เล็กมีความแน่นเนื้อสูงสุดเท่ากับ 40.8 นิวตัน ส่วนความแน่นเนื้อในเบอร์ใหญ่ เบอร์ตกเกรด และเบอร์กลางไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 35.1, 35.3 และ 36.9 นิวตัน ตามลำดับ (Table 1)

ปริมาณกรดในน้ำคั้นฝรั่งทั้ง 4 เกรด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 0.40, 0.45, 0.38 และ 0.41 เปอร์เซ็นต์ ในเบอร์ใหญ่ เบอร์กลาง เบอร์เล็ก และเบอร์ตกเกรด ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ เบอร์เล็กมีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 10.5 องศาบริกซ์ ในขณะที่เบอร์ใหญ่ เบอร์กลาง และเบอร์ตกเกรดนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 11.8, 12.1 และ 12.1 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (Table 1)

### กิจกรรมและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 ชนิด คือ ปริมาณวิตามินซีและสารประกอบฟีโนลิคทั้งหมด พบว่า ผลฝรั่งทั้ง 4 เกรด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ (ascorbic acid equivalents; ไมโครโมล/กรัม) มีค่าอยู่ระหว่าง 9.6 ไมโครโมล/กรัม ในเบอร์ใหญ่ ถึง 11.3 ไมโครโมล/กรัม ในเบอร์เล็ก ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัม) มีค่าอยู่ระหว่าง 72.8 มิลลิกรัม/100 กรัม ในเบอร์กลาง ถึง 87.8 มิลลิกรัม/100 กรัม ในเบอร์ใหญ่ ปริมาณสารประกอบฟีโนลิคทั้งหมด (gallic acid equivalents; มิลลิกรัม/100 กรัม) มีค่าอยู่ระหว่าง 136.8 มิลลิกรัม/100 กรัม ในเบอร์ใหญ่ ถึง 157.7 มิลลิกรัม/100 กรัม ในเบอร์เล็ก (Table 2)

## วิจารณ์ผล

### คุณภาพผล

น้ำหนักผลในแต่ละเกรดมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื่องจากการทดลองนี้ใช้เกณฑ์การซื้อขายของตลาดทั่วไปที่มีการจัดเกรดโดยใช้น้ำหนักผลและการเข้าทำลายของโรคและแมลงเป็นเกณฑ์สำคัญ คือ เบอร์ใหญ่ (น้ำหนัก 500-799 กรัม) เบอร์กลาง (น้ำหนัก 300-499 กรัม) เบอร์เล็ก (น้ำหนัก < 300 กรัม) และเบอร์ตกเกรด (มีการเข้าทำลายของ

โรคและแมลง) อย่างไรก็ตาม ความต้องการของตลาดและผู้บริโภคแต่ละประเทศหรือแต่ละยุคแต่ละสมัยที่มีต่อขนาดผลมีความแตกต่างกัน และมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นเกณฑ์การจัดเกรดที่ใช้น้ำหนักผลเป็นเกณฑ์นั้นอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

เมื่อพิจารณาน้ำหนักเนื้อของผลฝรั่ง พบว่า แต่ละเกรดมีน้ำหนักเนื้อแตกต่างกัน คือ เบอร์ใหญ่ เบอร์ตกเกรด เบอร์กลาง และเบอร์เล็ก จากมากไปน้อย ตามลำดับ ดังนั้นการเลือกซื้อผลฝรั่งโดยพิจารณาจากขนาดผลและการเข้าทำลายของโรคและแมลงนั้นจะทำให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณเนื้อที่สามารถบริโภคได้แตกต่างกันตามเกรด โดยเบอร์ตกเกรดนั้นจะมีการสูญเสียปริมาณเนื้อที่สามารถบริโภคเล็กน้อย เนื่องจากมีรอยแผลของโรคและแมลงที่ผล

ความแน่นเนื้อของผลฝรั่ง พบว่า เบอร์ใหญ่ เบอร์กลาง และเบอร์ตกเกรดนั้นไม่แตกต่างกัน ในขณะที่เบอร์เล็กมีความแน่นเนื้อสูงสุด อาจเป็นเพราะขนาดผลที่เล็กกว่าจึงทำให้เซลล์มีขนาดเล็กตามไปด้วย และทำให้มีการสะสมน้ำในเซลล์น้อย เบอร์เล็กซึ่งมีผลขนาดเล็กจึงมีความแน่นเนื้อสูงกว่าเบอร์ใหญ่ เบอร์กลาง และเบอร์ตกเกรดซึ่งมีขนาดผลใหญ่กว่า

ปริมาณกรดมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละเกรด เนื่องจากผลฝรั่งอยู่ในระยะที่สุกแก่ใกล้เคียงกัน จึงมีอัตราการหายใจใกล้เคียงกัน ทำให้น้ำคั้นมีปริมาณกรดไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด พบว่า เบอร์เล็กมีค่าต่ำที่สุด ส่วนเบอร์ใหญ่ เบอร์กลาง และเบอร์ตกเกรดมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของผลบนต้น โดยผลที่อยู่ตำแหน่งด้านบนของลำต้นจะมีน้ำหนักผลและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าผลตำแหน่งด้านล่าง ในขณะที่ผลที่ตำแหน่งด้านล่างจะมีความแน่นเนื้อมากกว่าผลที่ตำแหน่งด้านบน (Sistrunk และ Moore, 1967) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าตัวอย่างของผลเบอร์เล็กนั้นเป็นผลที่เก็บมาจากด้านล่างของลำต้นจึงทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าผลเบอร์อื่นๆ

**ปริมาณและกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ**

เมื่อพิจารณากิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 ชนิดที่วิเคราะห์ คือ วิตามินซีและสารประกอบฟีโนลิคในผลฝรั่งพันธุ์ 'แป้นสีทอง' เกรดต่างๆ พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับการทดลองของ (นิภาดา, 2550) ที่กล่าวว่า ขนาดผลที่แตกต่างกันมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะลักษณะทางกายภาพเท่านั้น ส่วนลักษณะทางเคมีไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าการเลือกซื้อผลฝรั่งในแต่ละเกรดนั้น ทำให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกรับประทานผลฝรั่ง ถ้าผู้บริโภคไม่ยึดติดกับรูปลักษณ์ภายนอกที่ได้รับความเสียหายจากโรคและแมลง ในเบอร์ตกเกรดจะพบว่ามีปริมาณเนื้อที่สามารถบริโภคได้มากกว่าเบอร์กลางและเบอร์เล็ก อีกทั้งยังมีคุณค่าทางโภชนาการไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเบอร์อื่นๆ ในขณะที่มีราคาถูกกว่า

## สรุปผล

การคัดเกรดฝรั่งโดยพิจารณาจากขนาดผลและความเสียหายภายนอกตามเกณฑ์การซื้อขายของตลาดขายส่ง พบว่า เบอร์ใหญ่มีน้ำหนักผลและน้ำหนักเนื้อมากที่สุด แต่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับเบอร์อื่นๆ ดังนั้น การเลือกซื้อฝรั่งพันธุ์ 'แป้นสีทอง' แต่ละเกรด ผู้บริโภคจะได้รับปริมาณเนื้อที่สามารถบริโภคได้ต่างกัน แต่ไม่ทำให้ได้รับคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกัน

## คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนทุนวิจัยและภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

นิภาดา เจริญธนกิจกุล, 2550, ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดผลและคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่สำคัญของฝรั่ง, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551, รายงานผลการสำรวจฝรั่ง ปี 2550, เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 430, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. George Banta, Washington, DC.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": the FRAP Assay, Analytical Biochemistry, 239: 70-76.

Jime nez-Escrig, A., Rinco, M., Pulido, R. and Saura-Calixto, F., 2001, Guava Fruit (*Psidium guajava* L.) as a New Source of Antioxidant Dietary Fiber, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 5489-5493

Sistrunk, W.A. and Moore, J.N., 1983, Quailty, pp. 274-293. *In* J.N.Moore and J. Janick (eds.), Methods in Fruit Breeding. Purdue University Press, West Lafayette, Indiana.

Swain, T. and Hillis, W.E., 1959, The Phenolic Constituents of *Prunus domestica*. I. the Quantitative Analysis of Phenolic Constituents, Journal of the Science of Food and Agriculture, 10: 63-68

**Table 1** Mean of fruit weight, flesh weight, firmness, titratable acidity and total soluble solid of four fruit grades in 'Paen Seethong' guava.

| Fruit grade | Fruit weight (g) | Flesh weight (g) | Firmness (N) | Titratable acidity (%) | Total soluble solids ($^{O}$Brix) |
|---|---|---|---|---|---|
| Large grade | 624.5 a | 503.7 a | 35.1 b | 0.40 | 11.8 a |
| Middle grade | 411.6 c | 317.9 c | 36.9 b | 0.45 | 12.1 a |
| Small grade | 252.5 d | 196.1 d | 40.8 a | 0.38 | 10.6 b |
| Low grade | 484.5 b | 379.8 b | 35.3 b | 0.41 | 12.1 a |
| *P*-value | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | 0.23 | 0.05 |

Remark: Means followed by different letters are significant by Duncan's New Multiple Range Test at $P \leq 0.05$.

**Table 2** Mean of, ascorbic acid, antioxidant activity and total phenolic contents of four fruit grades in 'Paen Seethong' guava.

| Fruit grade | Ascorbic acid (mg/100 g) | Total phenolic (mg GAE/100 g) | Antioxidant activity (μMol/g) |
|---|---|---|---|
| Large grade | 87.8 | 136.8 | 9.6 |
| Middle grade | 72.8 | 138.3 | 10.1 |
| Small grade | 82.9 | 157.7 | 11.3 |
| Low grade | 76.5 | 143.8 | 9.9 |
| *P*-value | 0.70 | 0.47 | 0.43 |

# ผลของการอบผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของฝรั่งพร้อมบริโภค

# Effect of Hot Air Treated on 'Pan Srithong' Guava Fruit on Microbial Changes of Fresh-cut Guava

**จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[1] ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร[2] และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์[3]**

Poubol, J.[1], Techavuthiporn, C.[2] and Kanlayanarat, S.[3]

## Abstract

This research was to study on the microbial changes of fresh-cut guava processed from 'Pan Srithong' guava fruit treated with hot air (40, 50 and 60°C for 10 and 30 minutes). Guava fruit without defects of insects and free from diseases was washed with 50 ppm chlorine solution. Fruit was treated with hot air. Fruit stem and bottom were cut, removed, and then cut into 2 $cm^3$ pieces. Fresh-cut guava were packed in foam tray and wrapped with Polyvinyl chloride (PVC) film and stored at 10°C. Total microbial, coliforms, lactic acid bacteria, yeasts and molds of fresh-cut guava were counted every 2 days of storage. At the initial day of storage, total microbial, coliforms and lactic acid bacteria were about 1.6-1.8, 1.3-2.5 and 1.3-2.4 Log CFU/g, respectively, whereas yeasts and molds count was not detectable. After storage at 10°C, total microbial and coliforms counts in fresh-cut guava were rapidly increased with storage time, whereas a lactic acid bacterium was remained constant during storage. Yeasts and molds count was slightly increase, however the count was below to the detection level as well as found in lactic acid bacteria count. At the end of storage, fresh-cut guava had the total microbial, coliforms, lactic acid bacteria, yeasts and molds were about 4.4-5.0, 4.0-4.8, 1 .5-2.2 and 1.0-1.7 Log CFU/g, respectively. Hot air treatment at 50-60°C seemed to delay total microbial and coliforms better than hot air at 40°C.

**Keywords**: 'Pan Srithong' guava, hot air treatment, microbial count

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของฝรั่งพร้อมบริโภค ซึ่งแปรรูปจากผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองที่ผ่านการอบด้วยลมร้อน (40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 30 นาที) โดยนำผลฝรั่งที่ปราศจากโรคและแมลงมาล้างในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50 ppm แล้วนำผลฝรั่งมาอบด้วยลมร้อน จากนั้นตัดส่วนขั้วและส่วนท้ายผลออก แล้วตัดฝรั่งให้เป็นชิ้นขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร บรรจุชิ้นฝรั่งลงในถาดโฟมหุ้มฟิล์มพลาสติกชนิด PVC แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ในฝรั่งพร้อมบริโภคทุกๆ 2 วัน จากการทดลองพบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาฝรั่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และแลคติกเอซิดแบคทีเรีย อยู่ในช่วง 1.6-1.8, 1.3-2.5 และ 1.3-2.4 Log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่ตรวจไม่พบยีสต์และรา ภายหลังจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าฝรั่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และโคลิฟอร์มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่แลคติกเอซิดแบคทีเรียมีปริมาณคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา สำหรับยีสต์และราพบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามยีสต์และราที่ตรวจพบมีปริมาณต่ำกว่าปริมาณจุลินทรีย์ต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ เช่นเดียวกับที่ตรวจพบในแลคติกเอซิดแบคทีเรีย ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าฝรั่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกแอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และราอยู่ในช่วง 4.4-5.0, 4.0-4.8, 1.5-2.2 และ 1.0-1.7 Log CFU/g ตามลำดับ การอบผลฝรั่งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มได้ดีกว่าการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

**คำสำคัญ**: ฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง การอบด้วยลมร้อน ปริมาณจุลินทรีย์

---

[1] สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1] Division of Microbiology, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จ.สมุทรปราการ 10540

[2] Department of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samut Prakan 10540

[3] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[3] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

## คำนำ

ฝรั่งจัดอยู่ในวงศ์ *Myrtaceae* อยู่ในจีนัส *Psidium* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Psidium guajava* L. ฝรั่งเป็นไม้ผลเขตร้อนที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีในประเทศไทย ซึ่งจังหวัดนครปฐมเป็นแหล่งผลิตฝรั่งที่สำคัญของประเทศไทย ฝรั่งมีรสชาติดีและมีกลิ่นที่เฉพาะตัว ดังนั้นจึงมีผู้นิยมนำมาบริโภคทั้งในรูปของผลสดและยังแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำฝรั่ง แยมฝรั่ง และเยลลี่ฝรั่ง เป็นต้น ซึ่งในกระบวนการแปรรูปฝรั่งเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้นส่วนใหญ่จะผ่านขั้นตอนการให้ความร้อนซึ่งเป็นการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และเป็นการถนอมอาหารด้วย ดังนั้นการบริโภคผลิตภัณฑ์จากฝรั่งที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวจึงค่อนข้างจะปลอดภัยต่อผู้บริโภค ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจสุขภาพกันมากขึ้นจึงนิยมบริโภคฝรั่งสดมากขึ้น เนื่องจากฝรั่งสดมีคุณค่าทางอาหารสูง เช่น มีวิตามิน เกลือแร่ ใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระ (Singh, 2011) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อร่างกายของผู้บริโภค แต่ในสภาวการณ์ปัจจุบันที่ผู้บริโภคต้องทำงานนอกบ้านดังนั้นผู้บริโภคจึงคำนึงถึงความรวดเร็ว รวมไปถึงความสะดวกสบายในการเลือกรับประทานอาหารโดยเฉพาะผลไม้สด ส่วนใหญ่ผู้บริโภคจะนิยมซื้อฝรั่งสดที่แปรรูปเป็นชิ้นๆ พร้อมที่จะบริโภคแล้วจากร้านค้าในตลาด หาบเร่ แผง ลอย และรถเข็นขายผลไม้แปรรูป เป็นต้น ซึ่งการบริโภคฝรั่งแปรรูปที่ซื้อมาจากผู้ผลิตดังกล่าวอาจก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยจากโรคระบบทางเดินอาหารได้ ดังนั้นเพื่อคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นหลัก ผู้ผลิตจึงควรหันมาสนใจในด้านความสะอาดโดยเฉพาะด้านความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนมาในระหว่างขั้นตอนการแปรรูป ซึ่งวิธีการในการกำจัดจุลินทรีย์กับผลิตผลพร้อมบริโภคมีหลายวิธี แต่การใช้ความร้อน (heat treatment) เป็นวิธีการหนึ่งที่เคยใช้ได้ผลในการควบคุมโรคและแมลงภายหลังการเก็บเกี่ยว (Lurie, 1997; 1998) ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้จะเป็นวิธีการจุ่มผลิตผลลงในน้ำร้อน โดยมีรายงานว่าการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที สามารถช่วยรักษาคุณภาพและลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผักและผลไม้ได้ (Barkai-Golan และ Phillips, 1991) เมื่อเร็ว ๆ นี้มีรายงานว่าการใช้ลมร้อนสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ใน sweet cherry (Wang และคณะ, 2015) และช่วยยับยั้งการงอกของเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราที่ปนเปื้อนใน Chinese bayberry fruit (Wang และคณะ, 2010) อีกทั้งยังช่วยรักษาคุณภาพของบร็อคโคลีตัดแต่งได้ (Lemoine และคณะ, 2009) ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการใช้ลมร้อนในการลดการเจริญของจุลินทรีย์ในฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทอง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการอบผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองก่อนการแปรรูปต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทอง

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การอบผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง และการแปรรูปฝรั่ง

งานวิจัยนี้ใช้ผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองจากสวนในจังหวัดนครปฐม ฝรั่งมีน้ำหนักต่อผล 300-350 กรัม คัดเลือกผลที่ปราศจากโรคและแมลง ผลมีขนาดเท่าๆ กัน จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำประปาและล้างทำความสะอาดต่อด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50 ppm ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นบรรจุผลฝรั่ง 6 ผล ลงในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนขนาด 12x18 นิ้ว พับปากถุงแล้วนำไปอบด้วยลมร้อนโดยใช้ hot air over (Memmert INE 300, Germany) ที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 และ 30 นาที จากนั้นตัดส่วนขั้วและส่วนท้ายผลออก หั่นฝรั่งให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วบรรจุชิ้นฝรั่งลงในถาดโฟมขนาด 110x130x15 มิลลิเมตร ถาดละประมาณ 100 กรัม หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) หนา 13 ไมครอนเมตร เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ในฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทองทุกๆ 2 วัน

### 2. การตรวจหาจุลินทรีย์ในฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทอง

ชั่งฝรั่งพร้อมบริโภคหนัก 10 กรัม ใส่ลงในถุง Stomacher ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเติมสารละลาย peptone water ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ลงไปแล้วทำการตีปั่นตัวอย่างฝรั่งให้ละเอียดด้วยเครื่อง stomacher (Masticator Nr2557/400, IUL instruments; Barcelona, Spain) (Poubol และคณะ, 2013) เพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ทำ dilution plate count แบบ spread plate โดยดูดสารละลายฝรั่งปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA; Merck; Darmstadt, Germany), Deoxycholate agar (HiMedia Laboratories; Mumbai, India), de Man, Rogosa and Sharpe agar (MRS; Merck; Darmstadt, Germany) และ Potato dextrose agar (PDA; HiMedia Laboratories; Mumbai, India) ตามลำดับ เกลี่ยสารละลายฝรั่งแท่งแก้วงอที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ นำอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA, Deoxycholate agar และ MRS ไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48±3 ชั่วโมง สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน ตรวจนับจำนวนโคโลนี คำนวณหาค่าเฉลี่ยของโคโลนีที่นับได้และรายงานผลเป็น Colony Forming Unit

ต่อกรัม (CFU/g) วางแผนการทดลองแบบ factorial completely randomized designs ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### ผลของการอบผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองด้วยลมร้อนต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติคเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา

ภายหลังจากที่อบผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 และ 30 นาที ก่อนการแปรรูปเป็นชิ้นฝรั่งพร้อมบริโภค พบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาฝรั่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และแลคติกเอซิดแบคทีเรีย อยู่ในช่วง 1.6-1.8, 1.3-2.5 และ 1.3-2.4 Log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่ตรวจไม่พบยีสต์และรา (Figure 1A-D) โดยการอบผลฝรั่งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ให้ผลในลดปริมาณโคลิฟอร์มในชิ้นฝรั่งได้ดีกว่าการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณโคลิฟอร์มที่ตรวจพบมีค่าต่ำกว่าปริมาณจุลินทรีย์ต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (2.4 Log CFU/g) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองก่อนหน้านี้ที่นำชิ้นฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองมาอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 และ 30 นาที พบว่าชิ้นฝรั่งที่ผ่านการอบด้วยลมร้อนมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และราต่ำกว่าปริมาณจุลินทรีย์ต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2558)

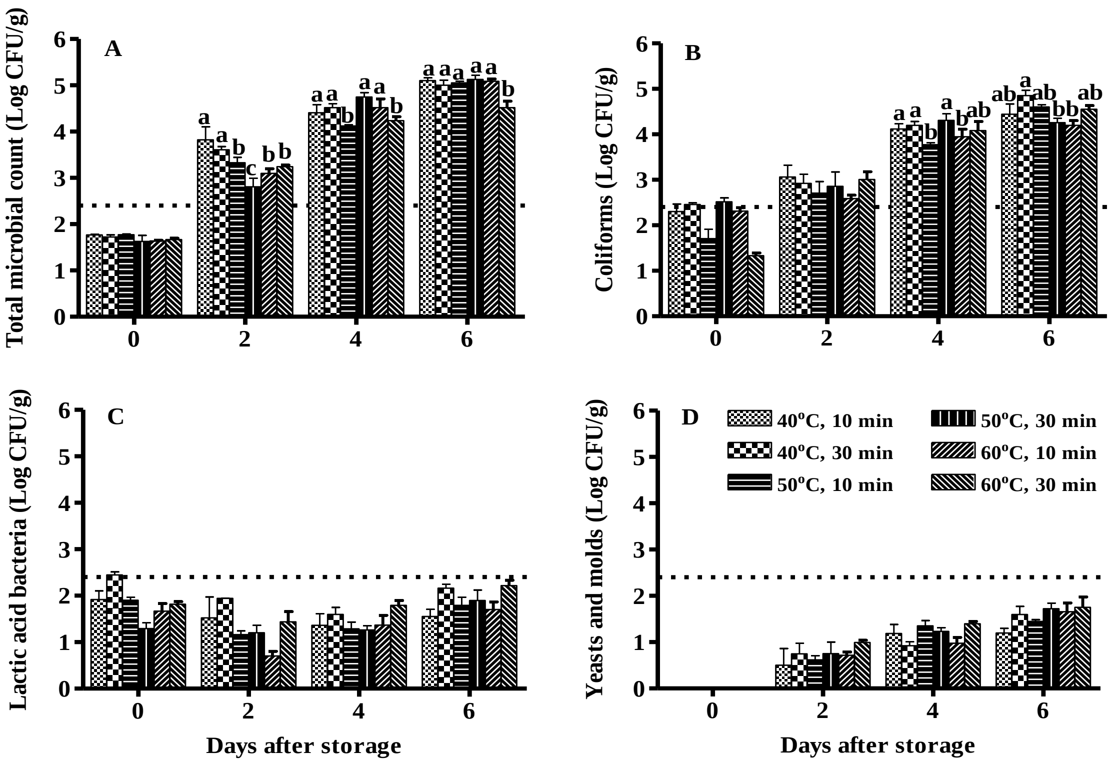



Figure 1 Total microbial (A), coliforms (B), lactic acid bacteria (C), yeasts and molds of fresh-cut 'Pan Srithong' guava as affected by fruit treated with hot air at 40, 50 and 60°C for 10 and 30 minutes. Guava cubes were packed in foam tray and wrapped with PVC films, and then stored at 10°C for 6 days. Dotted line represents that microbial counts were below the detection level. [a, b,c...] Mean values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

ภายหลังจากที่เก็บรักษาชิ้นฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทองมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และโคลิฟอร์มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่แลคติกเอซิดแบคทีเรียมีแนวโน้มลดลงในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา สำหรับยีสต์และราพบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามปริมาณแลคติกเอซิด

แบคทีเรีย ยีสต์และราที่ตรวจพบมีค่าต่ำกว่าปริมาณจุลินทรีย์ต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ตลอดอายุการเก็บรักษา (<2.4 Log CFU/g) ในวันสุดท้ายของเก็บรักษาพบว่าฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทองมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกแอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และราอยู่ในช่วง 4.4-5.0, 4.0-4.8, 1.5-2.2 และ 1.0-1.7 Log CFU/g ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าการอบผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ก่อนการแปรรูปและเก็บรักษาชิ้นฝรั่งที่อุณหภูมิต่ำสามาระช่วยชะลอการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่การอบผลฝรั่งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ช่วยชะลอการเพิ่มปริมาณโคลิฟอร์มได้ดีกว่าการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิและเวลาอื่นๆ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองก่อนหน้านี้ จะพบว่าการอบผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองด้วยลมร้อนก่อนการแปรรูปเป็นชิ้น ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ จะมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าการอบชิ้นฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองด้วยลมร้อนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพียงเล็กน้อย (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2558) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากผลฝรั่งมีพื้นที่ผิวน้อยกว่าชิ้นฝรั่งเมื่อเทียบกับน้ำหนักของฝรั่งทั้งหมด ดังนั้นการอบชิ้นฝรั่งด้วยลมร้อนจะทำให้ชิ้นฝรั่งได้รับความความร้อนอย่างทั่วถึงและความร้อนสามารถถ่ายเทได้ถึงเนื้อเยื่อภายในชิ้นฝรั่ง จึงอาจทำให้ชิ้นฝรั่งได้รับอันตรายอันเนื่องมาจากความร้อนที่ได้รับซึ่งเร็วทั่วถึงกว่าผลฝรั่ง ดังที่มีรายงานการเกิดอันตรายของผลิตผลจากการได้รับความร้อนมากเกินไป ซึ่งทำให้เกิดการรั่วไหลของของเหลวภายในเซลล์ของ บร็อคโคลีตัดแต่ง (Lemoine และคณะ, 2009) ซึ่งของเหลวที่รั่วไหลออกมานี้สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ได้

## สรุปผล

การอบผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์ม ในฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทองดได้ดีกว่าการอบผลฝรั่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย และขอขอบคุณหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2558

## เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร และศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2558, การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์แป้นสีทองที่ผ่านการอบด้วยลมร้อน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. (อยู่ในระหว่างการตีพิมพ์)

Barkai-Golan, R. and Phillips, D.J., 1991, Postharvest Heat Treatment of Fresh Fruits and Vegetables for Decay Control, Plant Diseases, 75: 1085-1089.

Lemoine, M.L., Civello, P., Chaves, A. and Martinez, G, 2009, Hot Air Treatment Delays Senescence and Maintains Quality of Fresh-Cut Broccoli Florets during Refrigerated Storage, LWT-Food Science and Technology, 42: 1076-1081.

Lurie, S., 1997, Postharvest Heat Treatment of Horticultural Crops, Horticultural Reviews, 22: 91-183.

Lurie, S., 1998, Postharvest Heat Treatments, Postharvest Biology and Technology, 14: 257-269.

Poubol, J., Techavuthiporn, C. and Kanlayanarat, S., 2013, Microbiology and Quality of Fresh-Cut ‘Kimju’ Guava Treated with Hot Water, Acta Horticulturae, 973: 135-138.

Singh, S.P., 2011, Guava (*Psidium guajava* L.). In Yahia, E.M. (Ed.). Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits, Volume 3. (pp.213-246). Woodhead Publishing Limited.

Wang, L., Jin, P., Wang, J., Gong, H., Zhang, S. and Zheng, Y, 2015, Hot Air Treatment Induces Resistance against Blue Mold Decay Caused by *Penicillium expansum* in Sweet Cherry (*Prunus cerasus* L.) Fruit, Scientia Horticulturae, 189: 74-80.

Wang, K., Cao, S., Jin, P., Rui, H. and Zheng, Y, 2010, Effect of Hot air Treatment on Postharvest Mould Decay in Chinese Bayberry Fruit and the Possible Mechanisms, International Journal of Food Microbiology, 141: 11-16.

# ผลของการใช้ไอระเหยของเอทานอลต่อคุณภาพผลลำไย

# Effect of Ethanol Vapor on Quality of Longan Fruit

วาริช ศรีละออง[1,2] ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,2] พรพรรณนา เล็กขำ[1] และ เปมิกา พรหมแก้ว[1]

Srilaong, V.[1,2], Pongprasert, N.[1,2], Lekkhum, P.[1] and Promkaew, P.[1]

## Abstract

This study aimed to investigate the effects of ethanol vapor on quality of Longan fruit. Longan were packed in polypropylene tray with 0, 0.3 and 3 g of EtOH PAD (EP) then sealed with polypropylene film and stored at 4°C. Fruit stored in plastic tray without with EP and without packaging was a control. The results showed that water loss of Longan stored in plastic tray with and without EP reduced and the accumulation of brown pigment was retarded. There were no significant difference of total soluble solids and titratable acidity in all treatments. The quality attributes of Longan packed in plastic tray with and without EP rated by panelists were higher than that of the control. The peel color acceptance of Longan packed in plastic tray with and without EP was higher than that of the control. The use of ethanol at 0.3 g showed the same result of color acceptance score as in the fruit packed without EP while the application of 3 g of ethanol had lower color acceptance score. Longan packed in plastic tray with and without EP had higher acceptance of smell and taste compared with the control. However, Longan packed in plastic tray with 3 g of ethanol showed lower smell acceptance score than that of packed with 0.3 g of ethanol and without EP respectively.

**Keywords:** Longan, ethanol pad, browning, quality

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของการใช้ไอระเหยของเอทานอลต่อคุณภาพ และการยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยสด โดยนำผลลำไยบรรจุในถาดพลาสติกโพลีโพรพิลีนร่วมกับการใช้ ethanol pad (EP) ที่มีเอทานอล 0, 0.3 และ 3 กรัมหลังจากนั้นทำการปิดผนึกถาดด้วยฟิล์มโพลีโพรพิลีนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4ºC โดยชุดควบคุมคือผลลำไยที่เก็บรักษาในถาดโดยไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ ผลการศึกษาพบว่าผลลำไยที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งที่มี และไม่มี EP สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ทั้งที่มี และไม่มี EP สามารถชะลอการสะสมของรงควัตถุสีน้ำตาลในเปลือกผลได้ดีกว่ากว่าชุดควบคุม โดยในทุกชุดการทดลองไม่พบความแตกต่างของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ เมื่อพิจารณาการยอมรับด้านสีเปลือกของลำไยพบว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ทั้งที่มี และไม่มี EP มีคะแนนการยอมรับของสีเปลือกมากกว่าชุดควบคุม โดยการใช้เอทานอล 0.3 กรัม มีคะแนนการยอมรับใกล้เคียงกันกับลำไยที่บรรจุในถาดที่ไม่มี EP ในขณะที่การใช้เอทานอล 3 กรัม มีคะแนนการยอมรับด้านสีเปลือกน้อยกว่า เมื่อพิจารณาการยอมรับด้านกลิ่น และรสชาติของลำไยพบว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ทั้งที่มี และไม่มี EP มีคะแนนด้านกลิ่น และรสชาติมากกว่าชุดควบคุม โดยการบรรจุในถาดที่มีเอทานอล 3 กรัม มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยกว่าการใช้เอทนานอล 0.3 กรัม และไม่ใช้เอทานอลตามลำดับ

**คำสำคัญ**: ลำไย ethanol pad การเกิดสีน้ำตาล คุณภาพ

## คำนำ

ลำไย (*Dimocarpus Longan* Lour.) เป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยว คือ การเน่าเสีย การเกิดโรค และการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไย (Jiang et al., 2002) ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกนี้มีสาเหตุหลักมาจาก การสูญเสียน้ำ และการเกิด

---

[1] สายวิชาเทคโนโลยีเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีกรุงเทพฯ 10140

[1] Division of Postharvest Technology,School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangoko 10400

อาการ สะท้านหนาว ซึ่งมีลักษณะเป็นจุดสีน้ำตาลที่มีลักษณะฉ่ำน้ำกระจายบนเปลือก (Wang, 1990) ส่งผลให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยวิธีที่นิยมใช้กันมากคือ การรมด้วย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวยังทำให้เกิดสารตกค้างในลำไย ปัจจุบันได้มีการศึกษาวิธีการในการชะลอการเกิดสีน้ำตาลในลำไยหลายวิธี รวมถึงการใช้ ไอระเหยของเอทานอลซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตผลสดหลายชนิด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของการใช้ไอระเหยของเอทานอลต่อคุณภาพของผลลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยว

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บเกี่ยวผลลำไยระยะบริบูรณ์ทางการค้าจากสวนเกษตรกรในเขตจังหวัดจันทบุรี โดยคัดเลือกผลที่มีความสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิหรือบาดแผล บรรจุในตะกร้าพลาสติก แล้วขนส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้รถตู้ปรับอากาศ หลังจากนั้นทำการตัดลำไยเป็นผลเดี่ยวและคัดคุณภาพอีกครั้งก่อนนำไปใช้ในการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) และแบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลองย่อยในแต่ละวิธีการใช้ลำไย 250 g บรรจุในถาดพลาสติกโพลีโพรพิลีน ร่วมกับการใช้ EP ที่มีเอทานอล 0, 0.3 และ 3 กรัม หลังจากนั้นทำการปิดผนึกถาดด้วยฟิล์มโพลีโพรพิลีน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C โดยชุดควบคุมคือผลลำไยที่วางในถาดโดยไม่ปิดผนึก ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพทุกๆ 5 วัน ดังนี้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก การเกิดสีน้ำตาลของเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ การประเมินโดยผู้บริโภคด้าน สีเปลือก กลิ่นและความชอบโดยรวม

## ผลการทดลอง

ผลการศึกษาพบว่าผลลำไยที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่มี และไม่มี EP สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Figure 1A) โดยมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 0.5% ในขณะที่ชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า 1.5% ในวันสุดท้าย

สำหรับการเปลี่ยนแปลงรงควัตถุสีน้ำตาลในเปลือกผลลำไยพบว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีและไม่มี EP สามารถชะลอการสะสมของรงควัตถุสีน้ำตาลในเปลือกผลได้ดีกว่าชุดควบคุม (Figure 1B) โดยพบว่ารงควัตถุสีน้ำตาลในชุดควบคุมเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ส่วนการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่มี และไม่มี EP พบการเพิ่มขึ้นของรงควัตถุสีน้ำตาลในปริมาณที่ใกล้เคียงกับชุดควบคุมในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของเนื้อผลลำไยพบว่า ในทุกชุดการทดลองไม่พบความแตกต่างกัน (Figure 1C และ D) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าคงที่ในช่วง 10 วันแรกของการเก็บรักษาและหลังจากนั้นมีปริมาณลดลง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันกับที่ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ที่มีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วง 10 วันแรกของการเก็บรักษาและลดลงในเวลาต่อมา

เมื่อพิจารณาการยอมรับด้านสีเปลือกของลำไยพบว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ทั้งที่มี และไม่มี EP มีคะแนนการยอมรับของสีเปลือกมากกว่าชุดควบคุม โดยการใช้เอทานอล 0.3 กรัม มีคะแนนการยอมรับใกล้เคียงกันกับลำไยที่บรรจุในถาดที่ไม่มี EP ในขณะที่การใช้ เอทานอล 3 กรัม มีคะแนนการยอมรับด้านสีเปลือกน้อยกว่า (Figure 2A) เมื่อพิจารณาการยอมรับด้านกลิ่น และรสชาติของลำไยพบว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ทั้งที่มี และไม่มี EP มีคะแนนด้านกลิ่น และรสชาติมากกว่าชุดควบคุม โดยการบรรจุในถาดที่มีเอทานอล 3 กรัม มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยกว่าการใช้เอทานอล 0.3 กรัม และไม่ใช้เอทานอลตามลำดับ (Figure 2B และ C)

## วิจารณ์ผล

การใช้ EP ในการเก็บรักษาคุณภาพของลำไยพบว่าการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และการยอมรับของผู้บริโภคมีค่าใกล้เคียงกับลำไยที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มี EP แสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ 4 มีผลต่อการรักษาคุณภาพของผลลำไยมากกว่าการเก็บรักษาร่วมกันกับการใช้ EP โดยบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด PP สามารถชะลออัตราการหายใจของผลผลิตสดหลายชนิด ซึ่งอาจทำให้อัตราการหายใจของผลลำไยลดลงเช่นกัน เพราะพลาสติก PP มีความต้านทานต่อการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี (ทิตา, 2555) ส่งผลให้สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และการเกิดสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ให้ผลต่างจากการใช้ EP กับผลิตผลสดหลายชนิดที่พบว่า

สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้ (Lurie และคณะ, 2006; Bai และคณะ, 2011) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใช้ EP ไม่สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกลำไยซึ่งเป็นคุณภาพหลักที่ผู้บริโภคใช้ในการพิจารณาซื้อลำไย อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้ EP ที่ความเข้มข้นสูงสามารถชะลอการเกิดโรคในลำไยได้ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) แต่มีผลต่อการยอมรับในด้านกลิ่น

## สรุปผล

ผลลำไยที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่มีและไม่มี EP ให้ผลในการรักษาคุณภาพของผลลำไยสดไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการใช้ EP ไม่สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกลำไยได้

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำงานวิจัยนี้

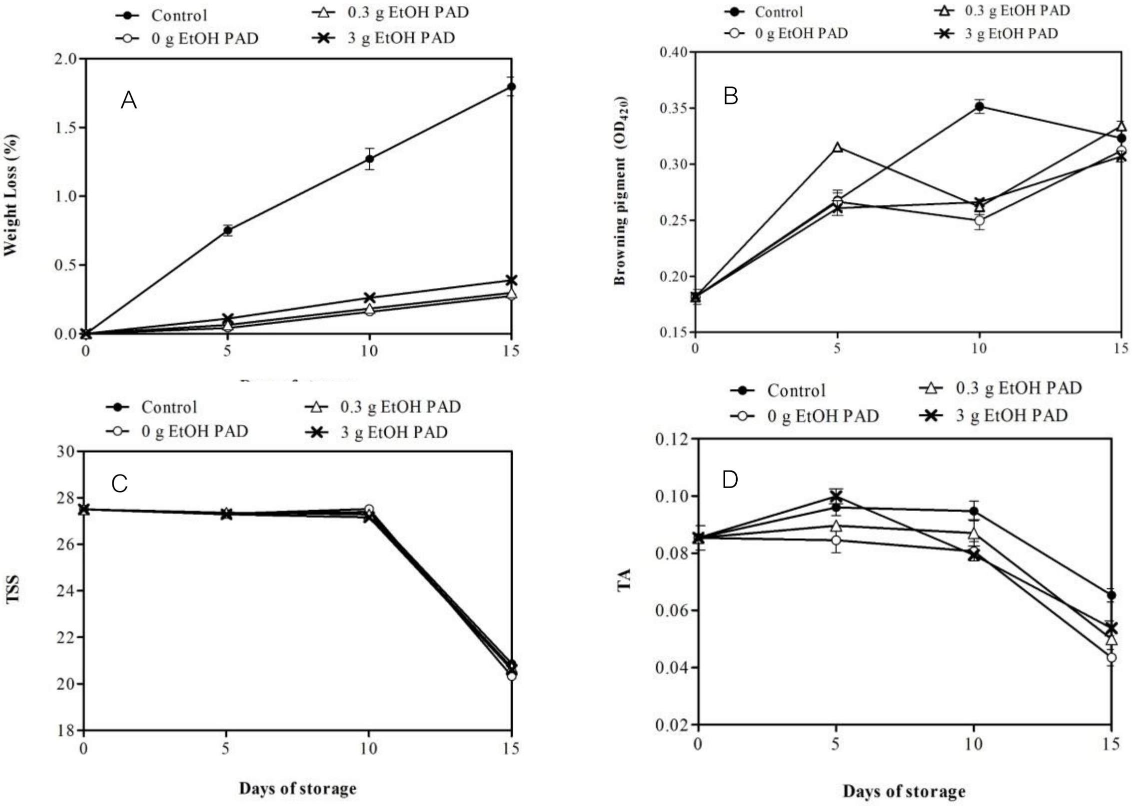



**Figure 1** Changes in percentage of weight loss (A), browning pigment (B), total soluble solids (C) and tritable acidity of Longan packed in polypropylene tray with 0, 0.3 and 3 g of EP and stored at 4°C for 15 days. Fruit stored in plastic tray without with EP and without heat-sealed with polypropylene film was a control treatment.

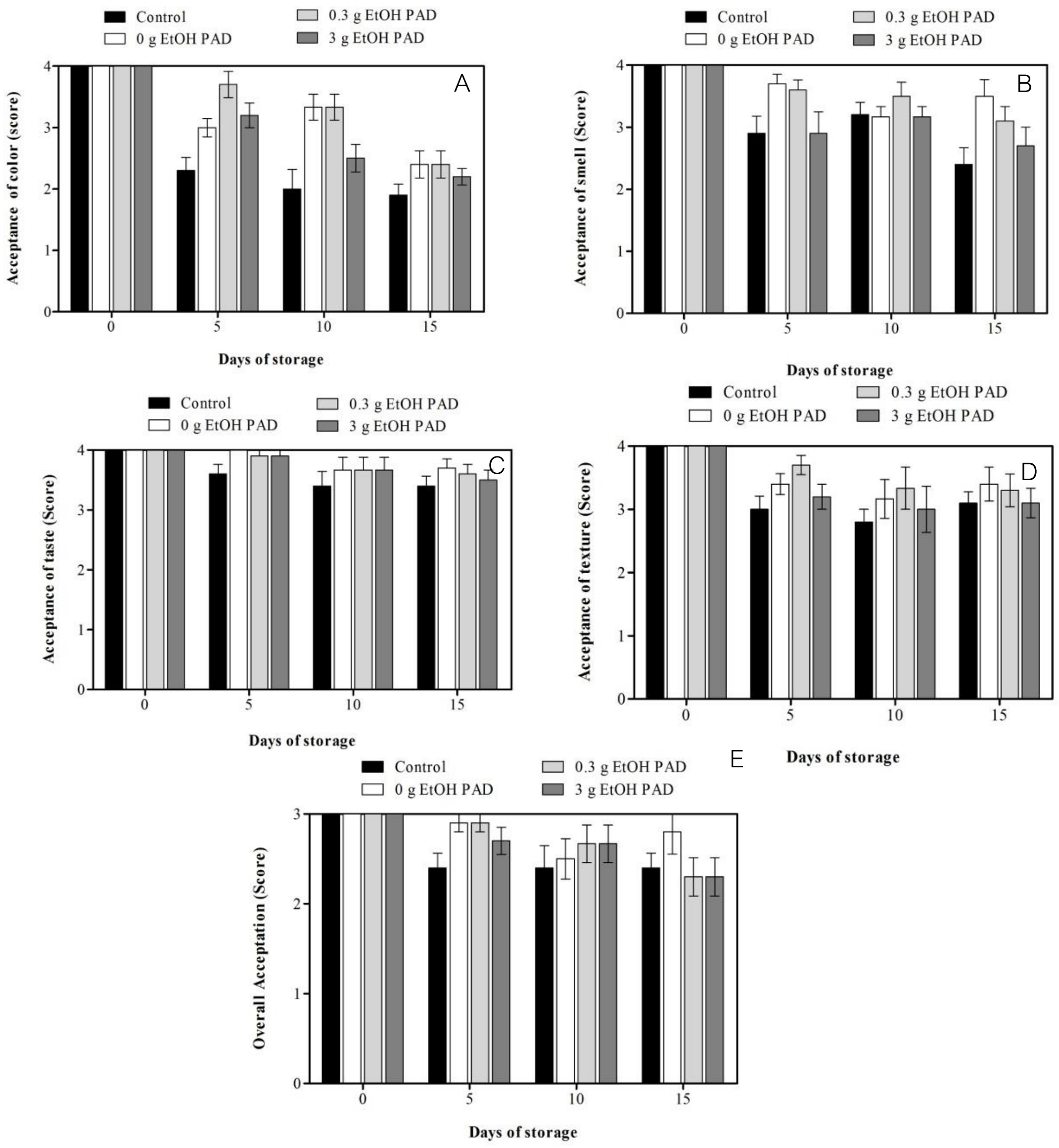



**Figure 2** Change of acceptance of color (A), smell (B), taste (C), texture (D) and overall acceptation (E) of Longan packed in polypropylene tray with 0, 0.3 and 3 g of EP then sealed with polypropylene film and stored at 4°C for 15 days. Fruit stored in plastic tray without with EP and without sealed with polypropylene film was a control.

## เอกสารอ้างอิง


ทิตา สุนทรวิภาต, 2555, ผลของภาชนะบรรจุดัดแปลงบรรยากาศและอุณหภูมิต่อคุณภาพของใบมะกรูด, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Bai, J., Plotto, A., Spotts, R. and Rattanapanone, N., 2011, Ethanol Vapor and Saprophytic Yeast Treatments Reduce Decay and Maintain Quality of Intact and Fresh-Cut Sweet Cherries, Postharvest Biology and Technology, 62(2): 204-212.

Jiang, Y.M., Zhang, Z., Joyce, D.C. and Ketsa, S., 2002, Postharvest Biology and Handling of Longan Fruit (*Dimocarpus Longan* Lour.), Postharvest Biology and Technology, 26: 241-252.

Lurie, S., Pesis, E., Gadiyeva, O., Feygenberg, O., Ben-Arie, R., Kaplunov, T., Zutahy, Y. and Lichter, A., 2006, Modified Ethanol Atmosphere to Control Decay of Table Grapes during Storage, Postharvest Biology and Technology, 42(3): 222-227

Wang, C.Y., 1990, Chilling Injury of Horticultural Crops. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 313p.

# ผลของการฉายรังสียูวีซีต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพในส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง

# Effects of UV-C Irradiation on Postharvest Quality and Bioactive Compounds in Mandarin cv. 'Sai Nam Pung'

**สุทธิวัลย์ สีทา[1] อรทัย พลเยี่ยม[1] สิริภาส สัมฤทธิ์[1] และ มัชฌิมา นราดิศร[1]**
Setha, S.[1], Phonyium, O.[1], Somrit, S.[1] and Naradisron, M.[1]

## Abstract

The effect of UV-C irradiated at 5 and 10 kJ $m^{-2}$ on quality changes of mandarin cv. Sai Nam Pung during storage at 10 $^{o}$C for 35 days was studied. In addition changes of bioactive compound content i.e., total phenolics, flavonoids and carotenoids and antioxidant activity by DPPH radical scavenging activity and ferric reducing antioxidant power assays was investigated in flesh and peel. UV-C irradiation significantly delayed color change and maintained fruit firmness during storage. There was no significant difference in titratable acidity and total soluble solid among different treatments. However, UV-C reduced vitamin C content but there was no adverse effect of UV-C irradiation on mandarin fruit was observed. UV-C irradiation had effects on increase or delays the decline of bioactive compound and antioxidant activity in the peel than in the flesh.
**Keywords:** antioxidant activity, bioactive compounds, mandarin, UV-C

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการฉายรังสียูวีซีที่ความเข้ม 5 และ 10 kJ $m^{-2}$ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน และการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ ได้แก่สารฟี-นอลิก ฟลาโวนอยด์ และแคโรทีนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity และ ferric reducing antioxidant power ทั้งในเนื้อและเปลือกส้ม พบว่าการฉายรังสียูวีซีสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีและรักษาความแน่นเนื้อของส้มได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำและกรดที่ไตเตรทได้ในแต่ละชุดการทดลอง การฉายรังสียูวีซีทำให้ปริมาณวิตามินซีลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มในชุดควบคุม แต่ไม่พบความผิดปกติที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการฉายรังสียูวีซีที่ทั้งสองระดับความเข้ม และการฉายรังสียูวีซีมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือชะลอการลดลงของสารออกฤทธิ์สำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเปลือกมากกว่าในเนื้อผล
**คำสำคัญ:** ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพ ส้ม ยูวีซี

## คำนำ

ส้มเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นที่รู้จักและนิยมบริโภคของบุคคลทั่วไปเนื่องจากมีรสชาติดีและอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารฟลาโวนอยด์ สารโพลีฟีนอลส์ และวิตามินซี ช่วยป้องกันการอักเสบและโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ เป็นต้น ส้มนอกจากจะใช้บริโภคภายในประเทศอย่างแพร่หลายแล้ว ยังมีการส่งไปจำหน่ายยังประเทศเพื่อนบ้านใกล้เคียง ซึ่งปีหนึ่งๆ มีมูลค่าหลายสิบล้านบาท การจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยวจึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการยืดอายุการเก็บรักษา โดยเฉพาะการส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ ดังนั้นหากวิธีการปฏิบัติภายหลังการเกี่ยวไม่เหมาะสมนอกจากจะทำให้ส้มมีอายุการเก็บรักษาสั้นลงแล้ว ยังอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญต่างๆ ดังกล่าวอาจลดลงในระหว่างการเก็บรักษาด้วย ปัจจุบันได้มีการศึกษาการนำรังสียูวีซีมาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่ายูวีซี มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดและควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น สามารถฆ่าเชื้อ *E. coli* และ *Salmonella* ใน

---

[1] สำนักวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง 333 หมู่ 1 ต. ท่าสุด อ. เมือง จ. เชียงราย 57100
[1] School of Agro-Industry Mae Fah Luang University 333 Moo 1 Thasud Muang Chaing Rai 57100

ใบกระเพรา (จุฑาทิพย์ และ ผ่องเพ็ญ, 2553) และลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในคะน้า (ชัยรัตน์ และคณะ, 2551) การใช้ยูวีซี สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีในพืชได้หลายชนิด เช่น บรอคโคลีที่ได้รับการฉายด้วยรังสียูวีซี มีการสลายตัวของคลอโรฟิลด์ลดลง และมีการกระตุ้นให้มีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น (Costa และคณะ, 2006) การฉายรังสียูวีซี สามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระ และการฉายรังสียูวีซียังสามารถชะลอการลดลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินซี และคาโรทีนอยด์ในระหว่างการเก็บรักษาใบคะน้า (ชัยรัตน์และวาริช, 2552) จากรายงานวิจัยที่ผ่านมาถึงแม้ว่า การใช้ยูวีซีจะสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเน่าเสียของผลิตผลสดภายหลังการเก็บเกี่ยว แต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการฉายรังสียูวีซี ยังขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผลและความเข้มของรังสีที่ใช้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มของรังสียูวีซี ต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ในระหว่างการเก็บรักษาส้มสายน้ำผึ้ง

## อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง นำมาทำความสะอาดแล้วฉายด้วยรังสียูวีซี (254 nm) ที่ระดับความเข้ม 5 และ 10 kJ $m^{-2}$ วัดความเข้มแสงโดย UV digital radiometer โดยผลที่ไม่ได้รับการฉายแสงเป็นชุดควบคุม หลังจากนั้นนำมาบรรจุลงกล่องกระดาษและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส บันทึกการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา ทุกๆ 7 วัน จนกระทั่ง 35 วัน ดังนี้ คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและความแน่นเนื้อ คุณภาพทางเคมีของน้ำคั้น ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้และวิตามินซี การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญทั้งในเปลือกและเนื้อผล ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดวิเคราะห์โดยวิธีของ folin-ciocalteau รายงานผลเป็น mg gallic acid equivalent (GAE)/100 gFW วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดโดยวิธี aluminum chloride colorimetric รายงานผลในรูป mg catechin equivalents (CAE) /100 gFW ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดรายงานผลในรูป μg beta-carotene equivalents /100 gFW และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์โดยวิธี DPPH radical scavenging activity รายงานค่า radical scavenging activity ในรูป mg trolox equivalents /100g และ ferric reducing antioxidant power โดยรายงานผลค่า reducing power activity ในรูป μmol Fe (II) equivalents /100 gFW

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงสีแสดงโดยค่า hue ภายหลังการฉายรังสียูวีซีและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าค่า hue มีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับที่เปลือกส้มมีสีเขียวลดลงและปรากฏสีเหลืองส้มมากขึ้น โดยส้มที่ได้รับการฉายรังสียูวีซีที่ทั้งสองระดับความเข้มสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากยูวีซีสามารถชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลด์ ดังที่มีรายงานในบรอคโคลี (Costa และคณะ, 2006) นอกจากนั้นยังช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลส้มได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รับการฉายรังสี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะยูวีซีที่ระดับ 5 และ 10 kJ $m^{-2}$ สามารถชะลอการเสื่อมของผลไม้ได้ ผลส้มที่ได้รับการฉายรังสียูวีซีที่ความเข้มข้น 5 kJ $m^{-2}$ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุดแต่ขณะเดียวกันไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Table 1) นอกจากนั้นยังไม่พบความผิดปกติที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการฉายแสงยูวีซีที่เปลือกส้มที่ทั้งสองระดับความเข้มข้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อผลพบว่าวิตามินซีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา ส้มที่ได้รับการฉายแสงยูวีซีมีปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มในชุดควบคุม เช่นเดียวกับรายงาน Mohammad และ คณะ (2009) พบว่าการฉายด้วยรังสียูวีซีทำให้ปริมาณวิตามินซีใน สับปะรด กล้วย และฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคลดลง ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากวิตามินซีเป็นสารที่ไม่ทนต่อความร้อน โดยเฉพาะในสภาวะที่มีออกซิเจนจะเกิดออกซิเดชันได้ง่ายจึงอาจเป็นสาเหตุให้ผลส้มในชุดการทดลองที่ได้รับการฉายรังสียูวีมีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าผลส้มในชุดควบคุม ปริมาณฟีนอลิกและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาและไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผลส้มในแต่ละชุดการทดลอง ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยผลส้มที่ได้รับการฉายรังสียูวีซีที่ความเข้มข้น 5 kJ $m^{-2}$ มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 35 ของการเก็บรักษา ค่า DPPH radical scavenging activity และ ferric reducing antioxidant power มีแนวโน้มลงลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละชุดการทดลอง (Table 2) การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเปลือกผล (Table 3) พบว่าปริมาณฟีนอลิก

ทั้งหมดในเปลือกผลมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย และการฉายรังสียูวีซีที่ความเข้มข้น 5 kJ $m^{-2}$ สามารถชะลอการลดลงของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดได้สูงสุดในวันที่ 35 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาโดยการฉายรังสียูวีซีที่ความเข้มข้น 5 kJ $m^{-2}$ สามารถช่วยเพิ่มปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในเปลือกผลได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ยกเว้นในผลส้มที่ได้รับการฉายรังสียูวีซีที่ความเข้มข้น 10 kJ $m^{-2}$ แคโรทีนอยด์มีปริมาณลดลงในวันที่ 35 ของการเก็บรักษา โดยผลส้มในชุดควบคุมมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับส้มที่ได้รับการฉายรังสียูวีซีที่ทั้งสองระดับความเข้มข้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเปลือกส้มพบว่า DPPH radical scavenging activity เพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยการฉายรังสียูวีซีที่ความเข้มข้น 5 kJ $m^{-2}$ ช่วยเพิ่มฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ในขณะที่ ferric reducing antioxidant power ในเปลือกผลมีแนวโน้มลดลง แต่อย่างไรก็ตามการฉายรังสียูวีซีที่ความเข้มข้น 5 kJ $m^{-2}$ ยังคงมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 35 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการฉายรังสียูวีซีสามารถกระตุ้นการสร้างสารในกลุ่ม secondary metabolism เช่น สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และ แคโรทีนอยด์ ซึ่งสารต่างๆ เหล่านี้มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2010) แต่อย่างไรก็ตามการฉายรังสียูวีซีมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือชะลอการลดลงของสารออกฤทธิ์สำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเปลือกมากกว่าในเนื้อผลทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากขีดจำกัดในการแทรกซึมผ่านวัตถุของรังสียูวีซี จึงทำให้รังสียูวีซีถูกดูดซับไว้ที่ส่วนของเปลือกมากกว่าเนื้อ

**Table 1** Physical and chemical parameters in UV-C treated mandarin fruit and stored at 10°C

| Physical and chemical parameters | Before treatment (Day 0) | 35 Days after treatment | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Control | 5 kJ $m^{-2}$ | 10 kJ $m^{-2}$ |
| Color (hue value) | 82.63 ± 0.65 | 69.12 ± 0.23* | 73.05 ± 0.54 | 72.77 ± 0.51 |
| Compression (Kg) | 5.86 ± 0.48 | 6.48 ± 0.18* | 7.06 ± 0.20 | 7.19 ± 0.36 |
| TSS (%) | 12.32 ± 0.33 | 12.70 ± 0.38 | 13.28 ± 0.19* | 12.68 ± 0.19 |
| TA (%) | 0.63 ± 0.07 | 0.49 ± 0.05 | 0.50 ± 0.02 | 0.47 ± 0.01 |

Values are the mean ± SD of n=10 fruits. Within a row * show significant differences ($P < 0.05$) among different treatments at 35 days of storage.

**Table 2** Bioactive compound contents and antioxidant activities in UV-C treated mandarin pulp and stored at 10°C

| Bioactive compound contents and antioxidant activities | Before treatment (Day 0) | 35 Days after treatment | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Control | 5 kJ $m^{-2}$ | 10 kJ $m^{-2}$ |
| Vitamin C (mg/100 ml) | 45.06 ± 1.87 | 55.61 ± 1.17* | 53.08 ± 0.81 | 54.09 ± 0.87 |
| Total phenolic (mg GAE/100gFW) | 536.72 ± 23.94 | 506.72 ± 41.80 | 499.46 ± 14.76 | 502.72 ± 10.84 |
| Total Flavonoids (mg CAE/100g FW) | 7.14 ± 0.43 | 5.72 ± 0.67 | 6.54 ± 0.61 | 6.13 ± 0.05 |
| Total carotenoids (μg beta-carotene/ gFW) | 29.20 ± 0.53 | 35.20 ± 1.14 | 39.19 ± 2.10* | 34.95 ± 1.25 |
| DPPH radical scavenging activity (mg trolox /100g) | 154.13 ± 2.75 | 112.69 ± 23.26 | 136.92 ± 25.27 | 128.64 ± 3.01 |
| Ferric reducing antioxidant power (μmol Fe (II) /100 gFW) | 736.48 ±52.42 | 503.77 ± 45.82 | 495.74 ± 18.77 | 493.40 ± 38.40 |

Values are the mean ± SD of n=3 samples. Within a row * show significant differences ($P < 0.05$) among different treatments at 35 days of storage.

**Table 3** Bioactive compound contents and antioxidant activities in UV-C treated mandarin peel and stored at 10°C

| Bioactive compound contents and antioxidant activities | Before treatment (Day 0) | 35 Days after treatment | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Control | 5 kJ $m^{-2}$ | 10 kJ $m^{-2}$ |
| Total phenolic (mg GAE/100gFW) | 6653.95±117.84 | 5247.78 ± 312.76* | 6120.62 ± 286.80 | 5844.07 ± 239.43 |
| Total Flavonoids (mg CAE/100gFW) | 61.79 ± 4.47 | 65.78 ± 4.71 | 70.12 ± 1.50* | 62.02 ± 0.85 |
| Total carotenoids (μg/ gFW) | 26.56 ± 1.91 | 35.01 ± 2.88* | 27.11 ± 6.10 | 21.36 ± 0.54 |
| DPPH radical scavenging activity (mg trolox /100g) | 496.44 ± 121.25 | 548.71 ± 15.44 | 620.09 ± 50.72* | 527.74± 62.32 |
| Ferric reducing antioxidant power (μmol Fe (II) /100 gFW) | 483.74 ± 128.42 | 2349.03 ± 242.14 | 3574.34±13.09* | 2423.10 ± 140.49 |

Values are the mean ± SD of n=3 samples. Within a row * show significant differences ($P < 0.05$) among different treatments at 35 days of storage.

## สรุปผล

การฉายรังสียูวีซีที่ความเข้มข้น 5 และ 10 kJ $m^{-2}$ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีและรักษาความแน่นเนื้อของส้มสายน้ำผึ้งในระหว่างการเก็บรักษาและไม่พบความผิดปกติที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการฉายรังสียูวีซีที่ทั้งสองระดับความเข้มและการฉายรังสียูวีซีมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือชะลอการลดลงของสารออกฤทธิ์สำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเปลือกมากกว่าในเนื้อผล

## คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

## เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล และผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, 2553, การลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ อี.โคไลและซาลโมเนลลาในใบกระเพรา, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1): 401-404.

ชัยรัตน์ บูรณะ ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ และวาริช ศรีลออง, 2551, การใช้รังสี UV-C ชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และรักษาคุณภาพของคะน้า, Postharvest New letter, 7(3): 4.

ชัยรัตน์ บูรณะ และวาริช ศรีละออง, 2552, ผลของรังสี UV-C ต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในคะน้า, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(พิเศษ): 137-140.

Costa, L., Vicente, A.R., Civello, P.M., Chaves, A.R. and Martínez, G.A., 2006, UV-C Treatment Delays Postharvest Senescence in Broccoli Florets, Postharvest Biology and Technology, 39: 204–210.

Gonzalez-Aguilar, A.G., Villa-Rodriguea, A.J., Ayala-Zavala, F.J., and Yahia, M.E., 2010, Improvement of the Antioxidant Status of Tropical Fruits as a Secondary Response to Some Postharvest Treatment, Trends in Food Science & Technology, 21: 475-482.

Mohammad, A., Rajeev, B. and Karim, A.A., 2009, UV Radiation-Induced Changes of Antioxidant Capacity of Fresh-Cut Tropical Fruits, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 10: 512-516.

# ผลของชนิดช่อดอกต่อความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ที่ออกดอกนอกฤดูกาล

# Effect of Inflorescence Types on Pollen Viability and Germination in 'Thong Dee' Pummelo Flowered during Off-season

ดรุณี ถาวรเจริญ[1] สายพรรณ คำทิพย์[1] พงษ์นาถ นาถวรานันต์[2] และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์[1, 3]

Thaworncharern, D.[1], Khumtip, K.[1], Nartvaranant, P.[2] and Thaipong, K.[1, 3]

## Abstract

The objective of this research was to investigate pollen viability and germination in five inflorescence types of 'Thong Dee' pummelo flowering during the off-season. Pollen viability test was done by a staining method using 1% acetomarmine and the germination test was done by the hanging drop technique with 10% sucrose. Results showed that inflorescence type had no effect on pollen viability or germination of 'Thong Dee' pummelo pollens. The average pollen viability and germination in inflorescence with many flowers with many leaves, one flower with no leaves, few or many flowers with few leaves, one flower with many leaves and one flower with no leaves were 88.4 and 36.8, 88.9 and 49.1, 90.4 and 37.8, 91.6 and 45.6, and 87.0 and 43.7%, respectively. This research indicates that fruit set in different inflorescence types of 'Thong Dee' pummelo was not affected by pollen viability and germination.

**Keywords:** flowering, fruit set, *Citrus maxima* Merr.

## บทคัดย่อ

การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรของช่อดอกทั้ง 5 ชนิดในส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ที่ออกดอกนอกฤดูกาล โดยทดสอบความมีชีวิตด้วยการย้อมสี acetocarmine ความเข้มข้น 1% และทดสอบการงอกด้วยวิธี hanging drop ในอาหารสังเคราะห์ ความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 10% (w/v) พบว่า ชนิดช่อดอกไม่มีผลต่อความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' โดยช่อดอกที่มีหลายดอกและหลายใบ ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ ช่อดอกที่มีใบ 2-3 ใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกและหลายใบ และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ มีค่าเฉลี่ยความมีชีวิตและการงอกเท่ากับ 88.4 และ 36.8, 88.9 และ 49.1, 90.4 และ 37.8, 91.6 และ 45.6 และ 87.0 และ 43.7% ตามลำดับ เห็นได้ว่าช่อดอกส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' แต่ละชนิดมีการติดผลต่างกันไม่ได้มีสาเหตุมาจากละอองเกสรมีชีวิตและการงอกต่างกัน

**คำสำคัญ:** การออกดอก การติดผล *Citrus maxima* Merr.

## คำนำ

ส้มโอ [*Citrus maxima* (Burm.) Merr.] เป็นไม้ผลชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยพันธุ์ 'ทองดี' เป็นพันธุ์ที่ผู้บริโภคนิยมทั้งในและต่างประเทศ มีการผลิตทั้งในและนอกฤดูกาล โดยส้มโอที่ปลูกในภาคกลางจะเริ่มออกดอกในฤดูกาลปกติระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม ส่วนดอกที่ออกในเดือนอื่นๆ ถือว่าเป็นการออกดอกนอกฤดูกาล แหล่งปลูกที่สำคัญของพันธุ์ 'ทองดี' อยู่ในเขตภาคกลาง จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร และราชบุรี (กรมวิชาการเกษตร, 2545) โดยเฉพาะในเขตอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ถือว่าเป็นเขตที่เหมาะสมและสามารถผลิตส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ที่มีคุณภาพดีที่สุดในประเทศ อย่างไรก็ตามพบว่าส้มโอรวมทั้งพันธุ์ 'ทองดี' มีการติดผลน้อยและมีการหลุดร่วงของผลจำนวนมากถึงแม้ว่าส้มโอจะออกดอกเป็นจำนวนมากก็ตาม โดยสามารถแบ่งชนิดช่อดอกส้มโอพันธุ์ทองดีตามเกณฑ์ของ Moss (1969) ได้ 5 ชนิด ได้แก่ ช่อดอกที่มีหลายดอกและหลายใบ ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ ช่อดอกที่มี

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] โปรแกรมวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จ.นครปฐม 73000

[2] Program of Agriculture, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000

[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[3] Tropical Fruit Research and Development Center, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand

ใบ 2-3 ใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกและหลายใบ และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ โดยช่อดอกแต่ละชนิดมีการติดผลต่างกัน รัตวุฒิ (2553) รายงานว่าช่อดอกที่มีหลายดอกและมีใบน้อยมีแนวโน้มติดผลมากที่สุด การที่ชนิดช่อดอกต่างกันติดผลต่างกันอาจเนื่องมาจากละอองเกสรมีชีวิต และสามารถงอกได้ต่างกัน จึงทดสอบความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรของช่อดอกทั้ง 5 ชนิด เพื่อให้ได้ข้อมูลว่าการที่ช่อดอกส้มโอพันธุ์ทองดีต่างชนิดกันติดผลต่างกันมีสาเหตุมาจากละอองเกสรมีชีวิตและงอกได้ต่างกันหรือไม่

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจนับการงอกของละอองเกสร

เนื่องจากระยะเวลาที่เหมาะสมในการเลี้ยงละอองเกสรเพื่อตรวจนับการงอกมีความแตกต่างกันตามชนิดพืชและพันธุ์ โดยยังไม่มีข้อมูลยืนยันชัดเจนว่าละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' เมื่อนำมาเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์แล้วจะงอกในเวลากี่ชั่วโมง จึงนำละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงละอองเกสรสูตร Brewbaker and Kwack (1963) ที่มีความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 10% (w/v)ด้วยเทคนิคหยดแขวน (hanging drop technique) ตรวจสอบการงอกของละอองเกสรทุกชั่วโมง เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจนับการงอกของละอองเกสร โดยเป็นระยะเวลาที่ละอองเกสรมีจำนวนงอกสูงสุด และความยาวของหลอดละอองเกสรไม่ยาวมากจนเป็นอุปสรรคต่อการตรวจนับ

### การทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสร

นำละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ในระยะดอกบานจาก 5 ชนิดช่อดอก ได้แก่ ช่อดอกที่มีหลายดอกและหลายใบ (Figure 1a) ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ (Figure 1b) ช่อดอกที่มีใบ 2-3 ใบ (Figure 1c) ช่อดอกที่มี 1 ดอกและหลายใบ (Figure 1d) และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ (Figure 1e) จากสวนส้มโอเขตลุ่มน้ำนครชัยศรี อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ที่ออกดอกนอกฤดูกาลระหว่างเดือนกันยายนถึงตุลาคม มาตรวจสอบความมีชีวิตด้วยการย้อมสี 1% acetoncamine ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า ละอองเกสรที่ย้อมติดสีแดงเข้ม รูปร่างกลมโต ผิวเรียบ ไม่บิดเบี้ยว จัดเป็นละอองเกสรที่มีชีวิต สุ่มนับละอองเกสรจำนวน 3 บริเวณต่อ 1 สไลด์ จำนวน 7 สไลด์ต่อชนิดช่อดอก จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณความมีชีวิต มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

### การทดสอบการงอกของละอองเกสร

เมื่อทราบระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการตรวจนับการงอกของละอองเกสรแล้วจึงนำละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' จากทั้ง 5 ชนิดช่อดอก (Figure 1) มาตรวจสอบการงอกด้วยวิธี hanging drop ในอาหารสูตร Brewbaker and Kwack (1963) ความเข้มข้นน้ำตาล 10% ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า ละอองเกสรที่จะนับว่างอกได้ต้องมีลักษณะของหลอดละอองเกสรสมบูรณ์ โดยมีความยาวของหลอดละอองเกสรมากกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของละอองเกสร สุ่มนับละอองเกสรที่งอกจำนวน 3 บริเวณต่อ 1 สไลด์ จำนวน 7 สไลด์ต่อชนิดช่อดอก จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณความงอกมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

### การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 7 ซ้ำ (ดอก) ต่อสิ่งทดลอง (ชนิดช่อดอก) โดยหน่วยทดลอง คือ ดอกส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการของ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### ระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจนับการงอกของละอองเกสร

จากการตรวจสอบการงอกของละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ที่เลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สูตร Brewbaker and Kwack (1963) ที่มีความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 10% ด้วยวิธี hanging drop ทุกชั่วโมง เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจนับการงอกของละอองเกสร พบว่า ละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' เริ่มงอกเมื่อบ่มทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ที่ 3 ชั่วโมงมีจำนวนละอองเกสรที่งอกจำนวนน้อย ที่ 4 ชั่วโมง มีจำนวนละอองเกสรงอกสูงสุด โดยที่หลอดละอองเกสรยังไม่ยาวมากจนเป็นอุปสรรคต่อการนับ และที่ 5 ชั่วโมง มีจำนวนละอองเกสรงอกสูงสุด แต่หลอดละอองเกสรยาวมากจนเป็นอุปสรรคต่อการนับ (Figure 2) ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการเลี้ยงละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' เพื่อตรวจนับการงอก คือ 4 ชั่วโมง

**ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร**

การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' จากดอกที่เก็บมาจากช่อดอก 5 ชนิด ประกอบด้วยช่อดอกที่มีหลายดอกและหลายใบ ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ ช่อดอกที่มีใบ 2-3 ใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกและหลายใบ และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ ด้วยการย้อมสี พบว่า ละอองเกสรของส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ทั้ง 5 ชนิดช่อดอกมีความมีชีวิตของละอองเกสรไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P$ > 0.05) โดยแต่ละชนิดช่อดอกมีค่าเฉลี่ยความมีชีวิตของละอองเกสร ดังนี้ ช่อดอกที่มีหลายดอกและหลายใบ (88.35%) ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ (88.92%) ช่อดอกที่มีใบ 2-3 ใบ (90.42%) ช่อดอกที่มี 1 ดอกและหลายใบ (91.55%) และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ (87.04%) (Table 1)

การทดสอบการงอกของละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ด้วยเทคนิคหยดแขวนในอาหารสังเคราะห์สูตร Brewbaker and Kwack (1963) ความเข้มข้นของน้ำตาล 10% พบว่า ละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ทั้ง 5 ชนิดช่อดอกมีการงอกของละอองเกสรไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P$ > 0.05) โดยแต่ละชนิดช่อดอกมีค่าเฉลี่ยการงอกของละอองเกสร ดังนี้ ช่อดอกที่มีหลายดอกและหลายใบ (36.76%) ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ (49.10%) ช่อดอกที่มีใบ 2-3 ใบ (37.81%) ช่อดอกที่มี 1 ดอกและหลายใบ (45.62%) และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ (43.68%) (Table 1)

รายงานผลการศึกษาผลของลักษณะช่อดอก 5 ชนิด ได้แก่ ช่อดอกที่มีหลายดอกและหลายใบ ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ ช่อดอกที่มีใบ 2-3 ใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกและหลายใบ และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ ต่อการติดผลของส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' พบว่า ชนิดช่อดอกต่างกันติดผลต่างกัน โดยชนิดช่อดอกที่มีใบ 2-3 ใบ มีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงสุด (รัตวุฒิ, 2553) ในขณะที่ผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า ค่าเฉลี่ยความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรส้มโอในช่อดอกต่างชนิดกันมีค่าไม่แตกต่างกัน (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ดรุณี และคณะ (2556) ที่พบว่าช่อดอกชนิดต่างๆ ของส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ที่ออกดอกในฤดูกาลไม่มีผลต่อความงอกของละอองเกสร ดังนั้นการที่ชนิดช่อดอกต่างกันมีการติดผลต่างกันนั้นไม่ได้มีสาเหตุมาจากละอองเกสรมีชีวิตและความงอกต่างกัน อย่างไรก็ตามในชนิดช่อดอกที่มีหลายดอกนั้นมีทั้งดอกกลางและดอกข้างหลายดอก ซึ่ง รัตวุฒิ (2553) พบว่า ดอกกลางมีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงกว่าดอกข้าง ในขณะที่การทดลองครั้งนี้เป็นการสุ่มดอกมา ซึ่งอาจมีทั้งดอกกลางและดอกข้างที่ถูกสุ่มศึกษา ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร ระหว่างดอกกลางและดอกข้างในช่อดอกที่มีหลายดอกชนิดต่างๆ เพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีชัดเจนมากยิ่งขึ้น

## สรุปผล

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจนับการงอกของละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' คือ 4 ชั่วโมง ชนิดช่อดอกไม่มีผลต่อความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสร ดังนั้นการที่ชนิดช่อดอกต่างกันติดผลต่างกันจึงไม่ได้มีสาเหตุมาจากการที่ละอองเกสรมีชีวิตและการงอกต่างกัน

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่สนับสนุนทุนวิจัย และภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2545, เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ดรุณี ถาวรเจริญ พงษ์นาถ นาถวรานันต์ และเกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์, 2556, ผลของชนิดช่อดอกต่อความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ในช่วงการผลิตในฤดูกาล, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2)(พิเศษ): 385-388.

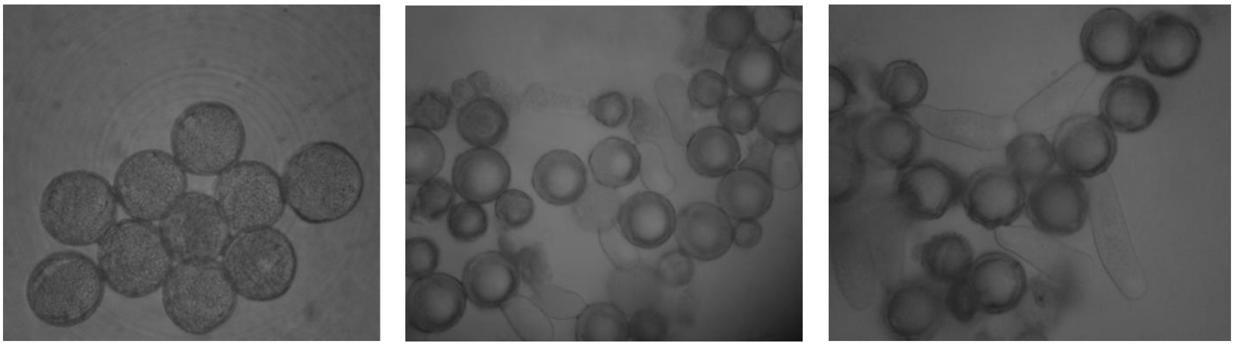
รัตวุฒิ พึ่งไทย, 2553, ลักษณะช่อดอกต่อการติดผลของส้มโอพันธุ์ทองดี, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

Brewbaker, J.L. and Kwack, B.H., 1963, The Essential Role of Calcium Ion in Pollen Germination and Pollen Tube Growth, American Journal of Botany, 50: 859-865.

Moss, G.I., 1969, Influence of Temperature and Photoperiod on Flower Induction and Inflorescence Development in Sweet Orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck), Journal of Horticultural Science, 44: 311-320.

a b c d e

**Figure 1** Inflorescence types of 'Thong Dee' pummelo: many flowers with many leaves (a), one flower with no leaves (b), few or many flowers with few leaves (c), one flower with many leaves (d) and one flower with no leaves (e).



a b c

**Figure 2** Germination of 'Thong Dee' pummelo pollen at 2 hr (a) 3 hr (b) and 4 hr (c).

**Table 1** Mean with SD of pollen viability and germination of different inflorescence types in 'Thong Dee' pummelo.

| Inflorescence type | Pollen viability (%) | Pollen germination (%) |
|---|---|---|
| Many flowers with many leaves | 88.35 ± 12.51 | 36.76 ± 17.31 |
| One flower with no leaves | 88.92 ± 5.94 | 49.10 ± 17.26 |
| Few or many flowers with few leaves | 90.42 ± 4.99 | 37.81 ± 23.37 |
| One flower with many leaves | 91.55 ± 3.94 | 45.62 ± 22.82 |
| One flower with no leaves | 87.04 ± 8.06 | 43.68 ± 19.53 |
| *P* - value | 0.83 | 0.76 |

# การเปรียบเทียบแป้งไรซ์เบอรี่และสารให้ความหวานต่อคุณภาพของซาลาเปาไรซ์เบอรี่ไส้คัสตาร์ดครีม

# Comparison of Rice Berry Flour and Sweeteners Affecting Quality of Custard Cream Stuffed Rice Berry Chinese Bun

**ชญาณี บุญทัน[1] ธัญมาศ หลำเนียม[1] จุฬารัตน์ ทรายหมอ[1] และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1]**

Boontun, C.[1], Lomeniem T.[1], Saimo Chu, J.[1] and Thumthanaruk, B.[1]

## Abstract

The objective of this research was to compare four ratios of rice berry flour substituted for wheat flour (20, 30, 40 and 50%) used for Chinese bun and four types of sweetener (palm sugar, coconut sugar, inulin and inulin mixed with stevia) used for producing custard cream. Results showed that increased ratio of rice berry flour for bun production reduced dough expansion. Sensory results showed that the bun having 40% rice berry flour was acceptable. The stuff custard creams were made from four different sweeteners. The use of palm sugar as a sweetener received the highest sensory score, but did not differ from coconut sugar, followed by inulin mixed with stevia, and inulin only. The bun having 40% rice berry flour stuffed custard cream with the use of palm sugar had proximate values of carbohydrate (51.28%), protein (3.08%), fat (10.95%), crude fiber (1.25%), ash (1.33%), moisture (34.69%) and phenolic content (4.28 ± 1.58 mg GAE/100 g).

**Keywords:** Chinese bun, rice berry flour, palm sugar, coconut sugar, inulin, stevia

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลี 4 ระดับ (20, 30, 40 และ 50%) ในการผลิตซาลาเปาและเปรียบเทียบชนิดของน้ำตาลที่ใช้ทำไส้ครีมคัสตาร์ด 4 ชนิด (น้ำตาลโตนด น้ำตาลมะพร้าว แก่นตะวัน และแก่นตะวันผสมหญ้าหวาน) ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การขยายตัวของโดลดลงและผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสในการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่คือ 40% ในส่วนของไส้ครีมคัสตาร์ดสารให้ความหวานที่ใช้น้ำตาลโตนดได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ผลคะแนนที่ได้ไม่ต่างจากไส้ครีมคัสตาร์ดที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว รองลงมาเป็น แก่นตะวันผสมหญ้าหวาน และแก่นตะวัน ซาลาเปาแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 40% ไส้ครีมคัสตาร์ดที่ใช้น้ำตาลโตนดมีค่าการวิเคราะห์ดังนี้ คาร์โบไฮเดรต (51.28%) โปรตีน (3.08%) ไขมัน(10.95%) กากใยอาหาร (1.25%) เถ้า (1.33%) ความชื้น (34.69%) และสารประกอบฟีนอลิก (4.28 ± 1.58 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม)

**คำสำคัญ**: ซาลาเปา แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ น้ำตาลโตนด น้ำตาลมะพร้าว แก่นตะวัน หญ้าหวาน

## คำนำ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (*Oryza sativa* L.) เป็นข้าวสีม่วงเข้มที่เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีกลิ่นหอม (Kongkachuichai และคณะ, 2013) โดยคุณค่าโภชนาการในข้าวกล้องไรซ์เบอรี่มีดังนี้ ธาตุเหล็ก สังกะสี โอเมก้า-3 ปริมาณ 13-18 31.9 และ 25.51 mg/kg วิตามินอี โฟเลต เบต้าแคโรทีน ปริมาณ 678 48.1 และ 63 µg/100g สารโพลีฟีนอล แทนนิน ปริมาณ 113.5 และ 89.33 mg/100g แกมมา-โอไรซานอล ปริมาณ 462 ug/g และสารต้านอนุมูลอิสระชนิดละลายในน้ำและน้ำมันเท่ากับ 47.5 mg ascorbic acid และ 33.4 mg trolox equivalent/100 g ตามลำดับ (โครงการข้าวไรซ์เบอร์รี่อินทรีย์, 2558) การนำข้าวไรซ์เบอรี่มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งให้แก่ผู้บริโภคและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าข้าวให้กับเกษตรกรไทย เช่น ข้าวเกรียบไรซ์เบอร์รี่ (กัญญาพัชร และคณะ, 2557) และไอศกรีมไขมันต่ำ (นรินทร์ภพ และคณะ, 2556)

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environment Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok,1518 Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800

สารให้ความหวานที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวานของไทยคือน้ำตาลโตนดและน้ำตาลมะพร้าว (รพีพร และคณะ, 2557) มีการรายงานองค์ประกอบทางเคมีกายภาพของน้ำตาลโตนดสดที่มีส่วนประกอบของไม้พะยอมและชุดควบคุม (ไม่มีส่วนประกอบของไม้พะยอม) พบว่ามีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.50 และ 6.04 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 14.32 และ 15.68 น้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับร้อยละ 1.85 และ 2.63 มีกิจกรรมของ radical scavenging ร้อยละ 65.16 และ 50.72 ตามลำดับ (คณิตนันท์ และคณะ, 2557) ได้ศึกษาน้ำตาลมะพร้าวพบว่า มีสีเหลืองอ่อนกลิ่นหอมรสชาติหวานปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 19 ± 1 องศาบริกซ์และมีค่าร้อยละกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 78.33 ± 0.40 และปริมาณสารฟีนอลิกเท่ากับ 916.21 ± 17.18mg (น้ำหนักแห้ง) แก่นตะวันมีดอกสีเหลืองคล้ายดอกบัวตองและดอกทานตะวัน มีหัวสะสมอาหารโดยส่วนหัวของแก่นตะวัน ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตประเภทฟรุกแตน (Fructan) เช่น สารอินนูลิน (Inulin) ถึง 16-20% และฟรุกโตโอลิโกแซคคสไรด์ (Fructooligosaccharide) 10-25% มีความหวานแต่ให้พลังงานต่ำ จึงสามารถนำมาบริโภคได้และเป็นประโยชน์โดยเฉพาะผู้ป่วยโรคเบาหวาน (ดารารัตน์ และสาโรจน์ , 2554) หญ้าหวานมีประโยชน์ต่อร่างกายในการควบคุมน้ำตาลในเลือด มีการนำเอาสารสกัดหญ้าหวานช่วยรักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน และโรคไฮโปไกลซีเมีย นอกจากนี้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและการแพร่ของแบคทีเรียที่มีผลทำให้ฟันผุ (Misra และคณะ, 2011) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มาใช้ในการทดแทนแป้งสาลีและเปรียบเทียบการใช้น้ำตาลชนิดต่างๆ เพื่อเป็นสารให้ความหวานในไส้ครีมทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายและส่งเสริมการใช้วัตถุดิบในประเทศให้มากขึ้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการเตรียมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ โดยนำข้าวไรซ์เบอรี่มาโม่ด้วยเครื่องบดจนได้แป้งที่ละเอียด จากนั้นเตรียมส่วนผสมของซาลาเปาที่มีส่วนผสมดัดแปลงจาก กมลวรรณ และคณะ (2556) โดยชุดควบคุมมีแป้งสาลี ยีสต์ น้ำตาล เกลือ ผงฟู เนยขาว และน้ำ เท่ากับ 300 6 75 1 6 30 และ 138 กรัม ตามลำดับ แปรส่วนผสมด้วยแป้งไรซ์ -เบอรี่ในปริมาณ 20% 30% 40% และ 50% ของแป้งสาลี ตามลำดับ ปั้นเป็นก้อนโด ขั้นตอนการเตรียมไส้ซาลาเปาดัดแปลงจากวิธีการของ กมลวรรณ และคณะ (2556) โดยทำการชั่งอัตราส่วนตามสูตรไส้คัสตาร์ดครีม โดยมีผงคัสตาร์ด นมข้นจืด แป้งสาลี แป้งข้าวโพด นมข้นหวาน ไข่ไก่ เนย น้ำตาลจากธรรมชาติ และสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายในสูตร จากนั้นนำไปให้ความร้อนจนสุกได้ความหนืดที่ต้องการ แล้วนำมาวัดค่าความหวาน ($^{o}$Brix) นำก้อนโดมาตัดก้อนละ 30 กรัม คลึงเป็นก้อนกลม ใส่ไส้ 10 กรัมต่อลูก วางซาลาเปาบนกระดาษ นำไปนึ่งเป็นเวลา 15 นาที ทิ้งให้เย็นและบรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิท

ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่และผลิตภัณฑ์ซาลาเปาด้านปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณใยอาหาร ปริมาณเถ้า ด้วยวิธี AOAC (2000) สารประกอบฟีนอลิก (Amarowicz และคณะ, 2004) และศึกษาหาอัตราการเกิดโดของแป้ง ด้วยวิธี rape seed displacement (AOAC, 2000) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซาลาเปาแบบ 9-Point hedonic scale เพื่อคัดเลือกการทดแทนแป้งไรซ์เบอรี่ในปริมาณสูงสุดที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด และเปรียบเทียบความชอบของซาลาเปาไรซ์เบอรี่ที่มีไส้ครีมคัสตาร์ดที่ใช้น้ำตาลแตกต่างกัน 4 ชนิด วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า ซาลาเปาทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งไรซ์เบอรี่มีสีม่วงแดงเนื่องจากสีแอนโทไซยานินของแป้งไรซ์เบอร์รี่ (พัชราภรณ์ และคณะ, 2556) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ในปริมาณมากขึ้นมีผลทำให้อัตราการเกิดโดของแป้งมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากแป้งสาลี (ชุดควบคุม) ประกอบด้วยโปรตีนไกลอะดีนและกลูเตนินเมื่อผสมกับน้ำทำให้เกิดมีการดูดน้ำและพองตัวเกิดเป็นโครงสร้างกลูเตน สารขึ้นฟูและยีสต์ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะถูกกักไว้ในโด ทำให้โดของแป้งมีการเพิ่มปริมาตรขึ้นตามระยะเวลาการหมัก (สุวรรณ, 2535) จนถึงจุดคงที่ การทดแทนด้วยแป้งไรซ์เบอรี่ที่มีปริมาณความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า ใยอาหาร และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 34.69 3.08 51.28 10.95 1.33 1.25 และ 4.28 ± 1.58 มิลลิกรัม gallic acid ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าแป้งไรซ์เบอรี่มีปริมาณโปรตีนต่ำเมื่อเพิ่มแป้งไรซ์เบอรี่มากขึ้นทำให้ปริมาณกลูเตนลดลงมากขึ้น จึงส่งผลต่อการกักเก็บก๊าซไว้ในก้อนโดน้อยลง อัตราการขยายตัวของโดจึงต่ำลง ผลการทดสอบความชอบของซาลาเปาไรซ์เบอรี่พบว่าการทดแทนแป้งสาลี 40% ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดจากผู้ทดสอบ 30 คนมีค่า 7.55 ± 0.76 (ข้อมูลไม่ได้แสดง)

ในส่วนของไส้ครีมคัสตาร์ดพบว่า การใช้สารให้ความหวานคือน้ำตาลโตนดและน้ำตาลมะพร้าวทำให้มีกลิ่นหอมมากกว่าการใช้แก่นตะวันผสมหญ้าหวานและแก่นตะวันอย่างเดียว และมีค่า° Brix ของไส้ครีมเมื่อใช้น้ำตาลโตนด น้ำตาลมะพร้าว แก่นตะวันและแก่นตะวันและหญ้าหวาน เท่ากับ 5.4 5.0 4.3 และ 4.3 ตามลำดับ ในส่วนของไส้ครีมคัสตาร์ดพบว่าการใช้แก่นตะวันหรือหญ้าหวานผสมแก่นตะวันจะทำให้ความเหลวของไส้คัสตาร์ดลดลง (ข้อมูลไม่ได้แสดง) เมื่อนำซาลาเปาไส้คัสตาร์ดที่ใช้น้ำตาลต่างชนิดกัน มาทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ จำนวน 100 คน พบว่าคะแนนความหอม (aroma) ของน้ำตาลโตนดและน้ำตาลมะพร้าวใกล้เคียงกันแตกต่างจากแก่นตะวันผสมหญ้าหวานและแก่นตะวันอย่างเดียว แต่ความหวาน (sweetness) สี (color) ความอร่อย (delicious) ความนุ่ม (softness) และ ความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) (Figure 1) โดยพบว่ามีคะแนนความชอบด้านสีและความนุ่มน้อย เนื่องจากผู้บริโภคไม่คุ้นเคยสีของผลิตภัณฑ์ที่มาจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และลักษณะเนื้อของซาลาเปามีความแน่นของเนื้อแป้งมากกว่าเป็นผลมาจากการขยายตัวของโดที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งสาลี 100% ในชุดควบคุม

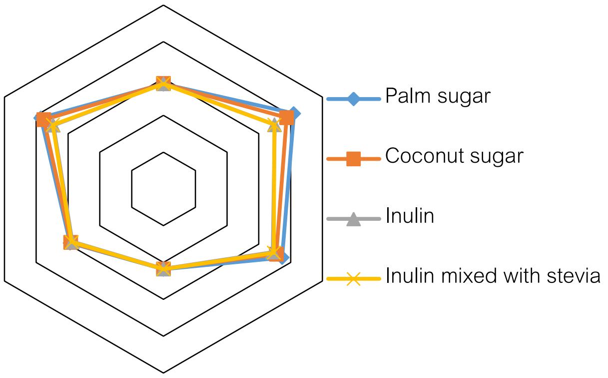



**Figure 1** Sensory Score of Custard Cream Stuffed Riceberry Chinese Bun

ผลการตรวจสอบ proximate ของซาลาเปาไรซ์เบอรี่ไส้คัสตาร์ด ที่ใช้สารให้ความหวานแตกต่างกันพบว่าคุณภาพโดยรวมของซาลาเปาทั้ง 4 ชนิด ไม่แตกต่างกันมาก (Table 1) ทั้งนี้อาจเนื่องจากส่วนผสมที่เป็นไส้นั้นมีการใช้ในปริมาณน้อยจึงทำให้แคลอรี่ส่วนมากมาจากส่วนของแป้ง (จากซาลาเปา) และส่วนของน้ำตาลจากส่วนไส้ (custard cream) เป็นหลัก ส่วนผลิตภัณฑ์ซาลาเปาข้าวไรซ์เบอรี่ไส้คัสตาร์ดครีมที่มีส่วนประกอบของน้ำตาลมะพร้าวมีปริมาณฟีนอลิกรวมมากกว่าน้ำตาลชนิดอื่น ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารกลุ่มหนึ่งที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Habila และคณะ, 2010)

**Table 1** Chemical Composition of Custard Cream Stuffed Riceberry Chinese Bun with Different Sweetener

| Sweetener | % Moisture | % Protein | %Carbohydrate$^{ns}$ | %Fat | %Ash | %Fiber |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Palm sugar | $34.69 \pm 0.01^{a}$ | $3.08 \pm 0.06^{c}$ | $51.28 \pm 0.03$ | $10.95 \pm 0.03^{c}$ | $1.33 \pm 0.02^{a}$ | $1.25 \pm 0.02^{c}$ |
| Coconut sugar | $34.70 \pm 0.02^{a}$ | $2.62 \pm 0.01^{a}$ | $50.85 \pm 0.05$ | $11.02 \pm 0.02^{d}$ | $1.40 \pm 0.01^{b}$ | $1.10 \pm 0.005^{b}$ |
| Inulin | $34.98 \pm 0.02^{ab}$ | $2.94 \pm 0.02^{b}$ | $51.13 \pm 0.05$ | $10.79 \pm 0.02^{b}$ | $1.38 \pm 0.01^{b}$ | $1.05 \pm 0.02^{a}$ |
| Inulin mixed with stevia | $35.00 \pm 0.10^{b}$ | $2.94 \pm 0.001^{b}$ | $50.01 \pm 0.03$ | $9.43 \pm 0.03^{a}$ | $1.63 \pm 0.03^{c}$ | $1.02 \pm 0.02^{a}$ |

Means in the same column with different superscripts letter are significant different ($p<0.05$)

## สรุปผล

การใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 40 ได้รับคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสสูงสุด จึงถูกคัดเลือกใช้เป็นสูตรต้นแบบของผลิตภัณฑ์ซาลาเปาใส่ไส้ครีมคัสตาร์ดที่ใช้น้ำตาลแตกต่างกัน ผู้ทดสอบให้คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสของซาลาเปาไส้ครีมคัสตาร์ดที่ทำจากน้ำตาลโตนดได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด

**เอกสารอ้างอิง**


กมลวรรณ สกุณา ศราวุฒิ ถาวรโรจน์ และเอกราช จักสาร, 2556, เปาเปา, วิทยาลัยเทคโนโลยีสยามธุรกิจในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าภคินีเธอเจ้าฟ้าเพชรรัตนราชสุดาสิริโสภาพัณณวดี

กัญญาพัชร โสนะสาร วรฤทัย เปรมประเสริฐ และสุทัศน์ มุกดาอ่อน, 2557, ข้าวเกรียบไรซ์เบอร์รี่, วิทยาการอาชีพนครไทยอาชีวศึกษาจังหวัดพิษณุโลก.

คณิตนันท์ เอซัน เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ สุภาภรณ์ เลขวัต และรัฐกรณ์ จำนงผล, 2557, ผลของสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระของน้ำตาลมะพร้าวผง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45(2)(พิเศษ): 493-496.

โครงการข้าวไรซ์เบอร์รี่อินทรีย์, 2558, พันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ [สืบค้น], http://www.riceberryvalley.org/index.php/2015-07-21-04-13-07/44-receberry-rice [12/ June/ 15].

ดารารัตน์ มงคลการ และสาโรจน์ ศิริศันสนียกุล, 2554, แก่นตะวันพืชหัวเพื่อสุขภาพ, สรรสาระเทคโนโลยีชีวภาพ, สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ

นรินทร์ภพ ช่วยการ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ ฉัตรภา หัตถโกศล และพร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล, 2556, อิทธิพลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2)(พิเศษ): 589-592.

พัชราภรณ์ รัตนธรรม ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น, 2556, สารประกอบฟีนอลิก แอนโธไซยานิน และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องสีงอก,วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2)(พิเศษ): 441-444.

รพีพร เอี่ยมสะอาด เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ รัฐกรณ์ จำนงผล และสุภาภรณ์ เลขวัตร, 2557, คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอสิระของน้ำตาลโตนด, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45(2)(พิเศษ): 657-660.

สุวรรณ สุทธิขจรกิจการ, 2535, กลไกการเกิดโครงสร้างของขนมปัง, วารสารอุตสาหกรรมเกษตร, หน้า 18-27.

Amarowicz, R., Pegg, R.B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B. and Weil, J.A., 2004, Free-radical Scavenging Capacity and Antioxidant Activity of Selected Plant Species from the Canadian Prairies, food Chemistry, 84: 551-562.

AOAC, 2000, Official methods of analysis (17$^{th}$ ed.), Association of Analytical Chemists, Arlington

Kongkachuichai, R., Prangthip, P., Surasiang, R., Posuwan, J., Charoensiri, R., Kettawan, A. and Vanavichit, A., 2013, Effect of Riceberry oil (deep purple oil; Oryza sativa Indica) Supplementation on Hyperglycemia and Change in Lipid Profile in Streptozotocin (STZ)-induced Diabetic Rats Fed a High Fat Diet, International Food Research Journal, 20(2): 873-882.

Misra, H., Soni, M., Silawat, N., Mehta, D., Mehta, B.K. and Jain, D.C., 2011. Antidiabetic Activity of Medium-polar Extract from the Leaves of *Stevia rebaudiana* Bert.(Bertoni) on Alloxan-induced Diabetic Rats, Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences, 3(2): 242-248.

# การทำให้รำข้าวคงตัวด้วยการอบแห้ง

# Stabilization of Rice Bran using Drying

ชนินทร์ คมแหลม[1] ปรีชา พีรศักดิ์ภักดี[1] และ ชลิดา เนียมนุ้ย[1]
Khomlaem, C.[1], Preerasakpakdee, P.[1] and Niamnuy, C.[1]

## Abstract

The objective of this work was to study the effect of drying on drying kinetics, qualities and stability of rice bran. The studied parameters were hot air drying (100, 120, 140 and150 ºC), infrared drying (100, 120 and 140 ºC) and microwave drying (800 W). The rice bran was dried until the final moisture content was 4% (dry basis). The results showed that infrared drying gave the shortest drying time comparing to hot air drying at the same temperature and microwave drying. In addition, the hot air drying at 140 ºC presented the higher percentage oil yield and better stability of rice bran (in term of inhibition of lipase activity, free fatty acid content and peroxide value) compared to other drying conditions. However, it gave the highest color changes of rice bran. It was found that drying technique and drying temperature did not significantly affect on gamma-oryzanol content and total phenolic content of dried rice bran.

**Keywords**: infrared drying, microwave drying, rice bran stabilization

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาผลของการอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้ง คุณภาพด้านต่างๆ และความคงตัวของรำข้าว ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ การอบแห้งด้วยอากาศร้อน (100 120 140 และ 150ºC) การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด (100 120 และ 140ºC ) และการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ (800 W) ทำการอบแห้งรำข้าวจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 4 (มาตรฐานแห้ง) จากผลการทดลอง พบว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดใช้เวลาในการอบแห้งสั้นที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิเดียวกัน และการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ นอกจากนี้พบว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิสูง 140ºC ให้ร้อยละผลได้ของน้ำมันสูงกว่าและทำให้เกิดความคงตัวของรำข้าวดีกว่า (ในแง่ของการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ปริมาณกรดไขมันอิสระ และค่าเพอร์ออกไซด์ของรำข้าว) เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะการอบแห้งอื่นๆ อย่างไรก็ตามที่สภาวะการอบแห้งดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของรำข้าวมากที่สุด และพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่าทำให้ปริมาณแกมมา-ออไรซานอลและปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดของรำข้าวอบแห้งที่ได้ต่ำกว่า

**คำสำคัญ**: การทำให้รำข้าวมีความคงตัว การอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

## คำนำ

รำข้าวเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสกัดเป็นน้ำมันรำข้าวเพื่อบริโภคและเป็นอาหารเสริมได้ อย่างไรก็ตามรำข้าวที่ได้หลังการสีข้าวจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสโดยเอนไซม์ไลเปส ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระในรำข้าวสูง ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันในกระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการทำให้รำข้าวมีความคงตัว โดยการยับยั้งการทำงานหรือทำลายสภาพธรรมชาติของเอนไซม์ไลเปสให้เร็วที่สุดหลังการสีข้าว โครงงานนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการให้ความร้อนโดยการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ ที่มีต่อความคงตัวของรำข้าว

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำรำข้าวมาปรับความชื้นจากประมาณ 8-9 % (d.b.) ให้มีความชื้นประมาณ 16 % (d.b.) จากนั้นนำรำข้าวปริมาณ 200 กรัม มาอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 100 120 140 และ 150 ºC รังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 100 120 และ 140 ºC และคลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ จนกระทั่งมีความชื้นเท่ากับ 4 % (d.b.) ศึกษาจลนพลศาสตร์การ

---

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ. งามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

อบแห้งโดยทำการเก็บตัวอย่างที่เวลาต่างๆ เพื่อนำมาหาปริมาณความชื้นตามวิธีการของ AOAC (1995) จากนั้นนำรำข้าวดิบและรำข้าวหลังการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ ไปวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ได้แก่การเปลี่ยนแปลงสีของรำข้าวร้อยละผลได้ของน้ำมันรำข้าว (Hu และคณะ, 1996) กิจกรรมเอนไซม์ไลเปส (Hoi และคณะ, 1999) ปริมาณกรดไขมันอิสระ (AOAC, 1995) ค่าเพอร์ออกไซด์ (AOAC, 1995) ปริมาณแกมมา-ออไรซานอล (Chotimarkorn และคณะ, 2008)ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Hyun-Il และคณะ, 2012)

เก็บรักษารำข้าวหลังการอบแห้งที่สภาวะต่างๆในถุงโพลีโพรพิลีน (PP) ที่อุณหภูมิห้อง โดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 70 % เป็นเวลา 30 วัน

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งรำข้าวที่สภาวะต่างๆ ใน Figure 1 เพื่อให้ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 4 % (d.b.) พบว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 100 120 140 และ 150ºC ใช้เวลา 30 20 15 และ 9.5 นาที ตามลำดับ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 100 120 และ 140 ºC โดยใช้เวลา 5 4 และ 3.5 นาที ตามลำดับ และการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ ใช้เวลา 15.5 นาที โดยอัตราการอบแห้งสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงทำให้มีการถ่ายเทความร้อนและมวลสารได้มาก ส่งผลให้อัตราการระเหยของน้ำในรำข้าวมีค่ามากขึ้น

จาก Table 1 พบว่ารำข้าวที่อบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 140 และ 150ºC ให้ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ปริมาณกรดไขมันอิสระและค่าเพอร์ออกไซด์น้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม การอบแห้งที่สภาวะต่างๆ ส่งผลต่อปริมาณแกมมา-ออไรซานอลและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และจาก Table 2 พบว่ารำข้าวที่อบแห้งด้วยสภาวะต่างๆ มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเทียบกับรำข้าวดิบ และการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 140 ºC ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม ($\Delta E^*$) สูงที่สุด

จาก Table 3 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษารำข้าวหลังอบแห้งนาน 30 วัน พบว่าปริมาณความชื้นมีค่าอยู่ในช่วง 12-14 % (d.b.) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นทำให้กิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ปริมาณกรดไขมันอิสระ และค่าเพอร์ออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ส่งผลให้ร้อยละผลได้ของน้ำมันรำข้าว ปริมาณแกมมา-ออไรซานอล และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าลดลง โดยพบว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 140ºC มีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ปริมาณกรดไขมันอิสระ และค่าเพอร์ออกไซด์น้อยที่สุด สอดคล้องกับผลร้อยละผลได้ของน้ำมันรำข้าวที่มีค่ามากที่สุด แสดงให้เห็นว่าสภาวะการอบแห้งนี้มีการให้ความร้อนในระดับที่เพียงพอและระยะเวลาที่ยาวนานพอทำให้ยับยั้งเอนไซม์ไลเปสได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับสภาวะการอบแห้งอื่นๆ นอกจากนี้ พบว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 100 และ 120 ºC สามารถรักษาปริมาณแกมมา-ออไรซานอลและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดได้มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการใช้อุณหภูมิสูงกว่าแม้ระยะเวลาสั้นส่งผลต่อการสูญเสียปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้มากกว่าที่สภาวะการอบแห้งดังกล่าว อย่างไรก็ตามสภาวะการอบแห้งส่งผลให้ปริมาณแกมมา-ออไรซานอลและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

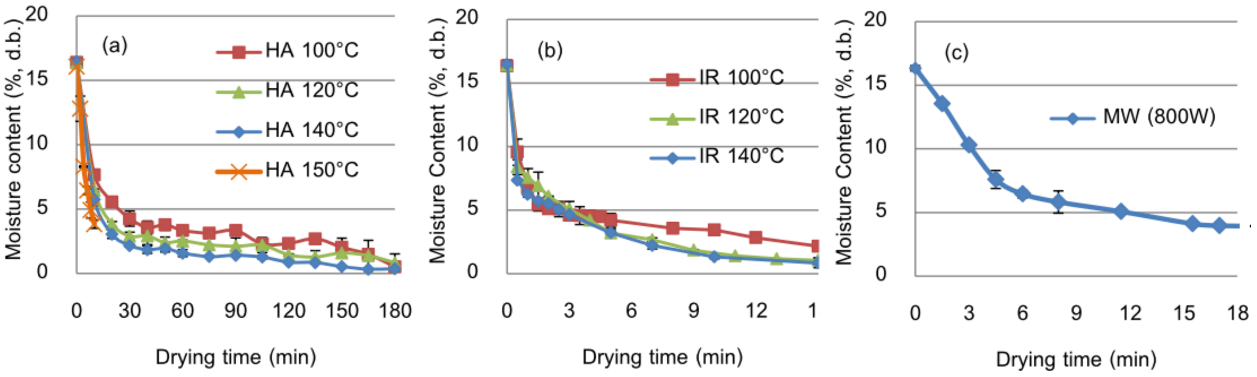



**Figure 1** Moisture content of rice bran during (a) hot air drying, (b) infrared drying and (c) microwave drying

**Table 1** Effects of drying on physicochemical properties of rice bran

| Condition | Yield (%) | Lipase activity (% hydrolysis) | Free fatty acid (% linoleic) | Peroxide value (meq/kg) | gamma-oryzanol (g/kg dry bran) | Total phenolic (g gallic acid/kg dry bran) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Raw rice bran | 15.43±0.24[c] | 15.06±0.31[a] | 18.48±0.07[a] | 10.47±0.07[a] | 1.76±0.47[a] | 2.62±0.12[a] |
| HA100 ºC | 16.46±0.34[abc] | 13.33±0.30[b] | 15.65±0.43[b] | 6.93±0.04[b] | 2.13±0.26[a] | 3.07±0.41[a] |
| HA120 ºC | 17.13±0.24[abc] | 10.08±0.30[de] | 12.28±0.21[d] | 6.87±0.07[bc] | 2.41±0.20[a] | 2.99±0.00[a] |
| HA140 ºC | 17.77±0.48[a] | 9.21±0.91[e] | 8.65±0.14[f] | 6.58±0.02[d] | 2.34±0.50[a] | 2.80±0.48[a] |
| HA150 ºC | 17.64±0.57[ab] | 8.56±1.23[e] | 9.63±0.09[e] | 5.57±0.07[e] | 2.15±0.25[a] | 2.61±0.16[a] |
| IR100 ºC | 15.57±0.07[c] | 11.92±0.76[bc] | 16.05±0.09[b] | 6.97±0.03[b] | 2.47±0.14[a] | 2.82±0.25[a] |
| IR120 ºC | 17.10±0.38[abc] | 11.59±0.61[cd] | 14.65±0.17[c] | 6.77±0.03[c] | 2.34±0.12[a] | 2.73±0.00[a] |
| IR140 ºC | 15.73±2.09[bc] | 11.27±0.45[cd] | 12.22±0.13[d] | 6.63±0.02[d] | 2.17±0.02[a] | 2.69±0.36[a] |
| MW (800 W) | 17.57±0.48[ab] | 9.10±0.15[e] | 14.22±0.02[c] | 6.86±0.02[bc] | 2.15±0.44[a] | 2.79±0.30[a] |

Data are means ± SD and values in the same column with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$).

**Table 2** Effects of drying on color changes of rice bran

| Condition | Raw rice bran | HA100 ºC | HA120 ºC | HA140 ºC | HA150 ºC | IR100 ºC | IR120 ºC | IR140 ºC | MW (800 W) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta E^*$ | - | 0.29±0.19[d] | 0.61±0.14[c] | 2.01±0.11[a] | 1.60±0.16[b] | 0.45±0.19[cd] | 0.39±0.19[cd] | 0.26±0.07[d] | 0.60±0.44[c] |

Data are means ± SD and values in the same column with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$).

**Note** HA mean hot air drying

IR mean infrared drying

MW mean microwave drying

**Table 3** Effects of drying on physicochemical properties of rice bran dried at storage time of 30 days

| Condition | Yield (%) | Lipase activity (% hydrolysis) | Free fatty acid (% linoleic) | Peroxide value (meq/kg) | gamma-oryzanol (g/kg dry bran) | Total phenolic (g gallic acid/ kg dry bran) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| HA100 ºC | 9.46±0.42[ab] | 14.63±0.30[a] | 39.63±0.73[ab] | 10.22±0.08[a] | 1.86±1.05[a] | 2.83±0.24[a] |
| HA120 ºC | 9.90±0.04[a] | 12.35±0.15[bc] | 35.65±2.13[bc] | 9.74±0.14[c] | 2.00±0.07[a] | 2.61±0.28[a] |
| HA140 ºC | 10.25±0.98[a] | 11.59±0.61[c] | 29.19±2.03[d] | 9.40±0.07[d] | 1.73±0.50[a] | 2.60±0.53[a] |
| HA150 ºC | 10.04±0.86[a] | 12.46±0.31[bc] | 35.62±1.70[bc] | 9.75±0.02[c] | 1.73±0.02[a] | 2.42±0.03[a] |
| IR100 ºC | 8.10±0.07[b] | 14.52±0.15[a] | 41.84±2.94[a] | 10.23±0.12[a] | 1.75±0.79[a] | 2.69±0.16[a] |
| IR120 ºC | 9.51±0.37[a] | 14.41±0.60[a] | 38.31±0.98[abc] | 9.99±0.04[b] | 1.96±0.38[a] | 2.61±0.24[a] |
| IR140 ºC | 8.90±0.44[ab] | 14.30±0.15[ab] | 36.33±1.10[bc] | 9.96±0.07[b] | 1.57±0.16[a] | 2.35±0.35[a] |
| MW (800 W) | 9.97±0.34[a] | 13.19±0.61[a] | 34.08±1.30[c] | 9.81±0.04[bc] | 1.71±0.02[a] | 2.52±0.04[a] |

Data are means ± SD and values in the same column with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$).

## สรุปผล

การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดใช้เวลาในการอบแห้งสั้นที่สุดเมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิเดียวกัน และการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ นอกจากนี้การอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 140ºC ให้ร้อยละผลได้ของน้ำมันสูงกว่าและทำให้เกิดความคงตัวของรำข้าวดีกว่า (ในแง่ของการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ไลเปส ปริมาณกรดไขมันอิสระและค่าเพอร์ออกไซด์ของรำข้าว) เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะการอบแห้งอื่นๆ อย่างไรก็ตามที่สภาวะการอบแห้งดังกล่าวทำ

ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของรำข้าวมากที่สุด และพบว่าสภาวะการอบแห้งที่ทำการศึกษามีผลอย่างไม่มีมีนัยสำคัญต่อปริมาณแกมมา-ออไรซานอลและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของรำข้าว

## เอกสารอ้างอิง


AOAC, 1995, Official Methods of Analysis of AOAC Internatonal, 16th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.

Chotimarkorn, C., Benjakul, S. and Silalai, N., 2008, Antioxidant Components and Properties of Five Long-grained Rice Bran Extracts from Commercial Available Cultivars in Thailand, Food Chemistry, 111: 636–641.

Hoi, S.W., Holland, J.B. and Hammond, E.G., 1999, Heritability of Lipase Activity of Oat Caryopes, Crop Science, 39: 1056-1059.

Hu, W., Wells, J.H., Shin, T.S. and Godber, J.S., 1996, Comparison of Isopropanol and Hexane for Extraction of Vitamin E and Oryzanols from Stabilized Rice Bran, Journal of the American Oil Chemists' Society, 73(12): 1653-1656.

Hyun-Il, J., Geun-Seoup, S., Eun-In, Y., Youn, Y. and Young-Soo, K., 2012, Antioxidant Activities and Phenolic Compounds of Pigmented Rice Bran Extracts, Journal of Food Science, 77(7): 759-764.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 533-536 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 533-536 (2558)

# ผลของปริมาณสารหญ้าหวานต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมี

# Effect of Stevia Concentration on Physicochemical Properties of Gummy

**ณปภา บุศยโสพส[1] เครือมาศ หอมนวล[1] อรรถพร ร้อยถิ่น[1] และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1]**

Bussayasorose, N.[1], Homnuan, K.[1], Roytin, A.[1] and Thumthanaruk, B.[1]

## Abstract

The aim of this study was to compare five concentrations (0.05%, 0.1%, 0.15%, 0.2% and 0.4%) of stevia on the qualities of gummy product. Results showed that gummies produced with different stevia concentrations had no significant effect on moisture, protein, ash, titratable acidity and total soluble solids and physical properties (hardness, adhesiveness, springiness, gumminess and chewiness). However, the values of hardness, gumminess and chewiness of gummies using stevia were lower than those of commercial gummy. Stevia at 0.1% and 0.15% had the most acceptances by panelist. The colorant of green, yellow and red was applied to the gummy. Results showed that the values indicating specific color slightly changed if the concentration of stevia varied. In conclusion, stevia can be used to substitute sugar for producing low sugar gummy with soft texture characteristic.

**Keywords:** gummy, stevia, hardness

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของสารหญ้าหวาน 5 ระดับ (0.05, 0.1, 0.15, 0.2 และ 0.4%) ในผลิตภัณฑ์กัมมี ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์กัมมีที่ใช้สารหญ้าหวานทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันด้านคุณภาพทางเคมี (ความชื้น โปรตีน เถ้า ปริมาณกรดที่ไตเตรท และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้) และด้านคุณภาพทางฟิสิกส์ (hardness, adhesiveness, springiness, gumminess และ chewiness) แต่มีค่า hardness, gumminess และ chewiness น้อยกว่าผลิตภัณฑ์กัมมีที่จำหน่ายในท้องตลาด การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าการใช้สารหญ้าหวานที่ความเข้มข้น 0.1% และ 0.15% เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด เมื่อนำผลิตภัณฑ์กัมมีที่ใช้สารหญ้าหวานมาแต่งสีเขียว เหลือง และแดง พบว่าผลการวิเคราะห์ค่าสีเขียว เหลือง และ แดงจะเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการใช้สารหญ้าหวาน สรุปผลการทดลองพบว่าสารหญ้าหวานสามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำตาลในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมีชนิดน้ำตาลต่ำโดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสนิ่ม

**คำสำคัญ**: กัมมี สารหญ้าหวาน ความแข็ง

## คำนำ

โรคเบาหวานพบว่าจำนวนผู้ป่วยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี สถิติอุบัติการณ์ผู้ป่วยใหม่ปี พ.ศ. 2555 พบว่ามีจำนวนถึง 552.39 คนต่อประชากรแสนคน (อมรา, 2012) ในประเทศสหรัฐอเมริกามีรายงานว่าโรคเบาหวานทำให้เกิดการตายอันดับที่ 7 โดยมีประชากรเสียชีวิตมากถึง 69,071 ราย ในปี คศ. 2010 โรคเบาหวานไม่ได้เป็นเฉพาะในผู้ใหญ่เท่านั้น ยังพบว่าในเด็กและวัยรุ่นเป็นโรคเบาหวานมากขึ้น (สุนทร, 2012) โดยเฉพาะโรคเบาหวานประเภทที่ 2 (Type 2 Diabetes) ในประเทศไทยโดยกรมอนามัยได้จัดทำโครงการหมู่บ้าน/ชุมชน ลด หวาน มัน เค็ม ลดอ้วน ลดโรค (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย, 2554) เพื่อรณรงค์ลดการเกิดโรคต่างๆ เนื่องจากขนมหรืออาหารขบเคี้ยวจะมีส่วนประกอบของน้ำตาลและแป้งเป็นหลัก โดยสำนักโภชนาการ กรมอนามัย (2554) แนะนำให้บริโภคน้ำตาลเพียงวันละ 6 ช้อนชา ดังนั้นการใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลจึงเป็นประโยชน์ในการบริโภค

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environment Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharatch 1 Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800

หญ้าหวานเป็นพืชที่ให้ความหวานโดยธรรมชาติ มีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 150 - 300 เท่า และทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส และเป็นความหวานที่ปราศจากแคลอรี่และไม่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำตาลในร่างกาย เพราะเมื่อรับประทานร่างกายสามารถขับออกมาได้ทันทีไม่มีการสะสม (พิสมัย, 2555) และประกาศตามกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 360 (2556) กำหนดให้สติวิออลไกลโคไซด์เป็นวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาล และในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้หญ้าหวานในผลิตภัณฑ์กัมมี่ เพื่อศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กัมมี่หญ้าหวานทั้ง 5 สูตร

## อุปกรณ์และวิธีการ

ผลิตภัณฑ์กัมมี่หญ้าหวานประกอบด้วยเจลาติน 250 บลูม น้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป กรดซิตริก น้ำ จำนวน 10, 33, 31.5, 0.7 และ 24.5 กรัม (ดัดแปลงสูตรจาก วิลาสินี, 2552) โดยสูตรที่ทดลองจะทดแทนน้ำตาลทรายด้วยหญ้าหวานแปรปริมาณ 0.01, 0.02, 0.04, 0.05 และ 0.10 กรัมตามลำดับ การเตรียมผลิตภัณฑ์กัมมี่โดยละลายเจลาตินในน้ำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เติมกลูโคสไซรัปและสารละลายหญ้าหวาน ตามลำดับ กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียว แล้วเติมกรดซิตริก สีจากธรรมชาติคือ สีเขียว สีเหลือง และสีแดงและกลิ่น แล้วเทใส่พิมพ์รอให้กัมมี่แข็งตัวและแกะออกจากพิมพ์ ขั้นตอนการเตรียมสีจากธรรมชาติ สีเหลืองจากดอกเก๊กฮวย สีแดงจากดอกกระเจี๊ยบ และสีเขียวจากใบเตย โดยใช้ดอกเก๊กฮวย ดอกกระเจี๊ยบ และใบเตยต้มในน้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1:5 w/w เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำน้ำสีที่สกัดได้ไปผสมในผลิตภัณฑ์กัมมี่

ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ด้านปริมาณความชื้น (Oven drying method) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า % Titratable acidity ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้าด้วยวิธี AOAC (2000) และวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE $L^*$ $a^*$ $b^*$ ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Associates Laboratory, Inc., USA) วัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Texture analyzer (TA.XT2) ใช้หัววัดทรงกระบอก (P/35) โดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาด ตรวจสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 5 – Point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 16.0

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ด้านปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า ปริมาณกรด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กัมมี่หญ้าหวานทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่ามีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 41 - 45% ปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 5.83 - 5.96% ปริมาณเถ้าอยู่ระหว่าง 0.1 - 0.11% ปริมาณกรดอยู่ระหว่าง 1.23 -1.29% และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 27 - 28.5% (Table 1)ทั้งนี้เนื่องจากในผลิตภัณฑ์กัมมี่ทั้ง 5 สูตรมีปริมาณของสารหญ้าหวานที่แตกต่างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Table 1 Physicochemical properties of stevia gummy

| Fomula | $a_w$ [ns] | Moisture[ns] (%) | Protein[ns] (%) | Ash[ns] (%) | Total acid[ns] (%) | TSS (%) | Fat[ns] (%) | Fiber[ns] (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.79±0.04 | 45.37 ± 6.15 | 5.96 ± 0.05 | 0.10 ± 0.03 | 1.23 ± 0.03 | 27.40±0.17[a] | 1.28 ± 0.03 | 0.45 ± 0.06 |
| 2 | 0.79±0.03 | 42.11 ± 2.53 | 5.83 ± 0.08 | 0.10 ± 0.02 | 1.25 ± 0.05 | 28.13±0.23[b] | 1.31 ± 0.03 | 0.45 ± 0.09 |
| 3 | 0.77±0.02 | 42.93 ± 2.70 | 5.90 ± 0.11 | 0.11 ± 0.02 | 1.27 ± 0.03 | 28.07±0.12[b] | 1.33 ± 0.01 | 0.44 ± 0.11 |
| 4 | 0.78±0.04 | 42.19 ± 2.24 | 5.88 ± 0.11 | 0.10 ± 0.03 | 1.28 ± 0.02 | 28.17±0.15[b] | 1.35 ± 0.02 | 0.45 ± 0.10 |
| 5 | 0.83±0.02 | 41.26 + 1.96 | 5.86 ± 0.09 | 0.11 ± 0.01 | 1.29 ± 0.01 | 28.17±0.29[b] | 1.24 ± 0.01 | 0.44 ± 0.08 |

Remark. Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p<0.05$). ns refers to no significant different.

เมื่อนำผลิตภัณฑ์กัมมี่หญ้าหวานมาแต่งสีโดยใช้สีธรรมชาติสีเหลืองจากดอกเก๊กฮวย สีแดงจากดอกกระเจี๊ยบและสีเขียวจากใบเตย ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายพบว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่หญ้าหวานพบว่าค่าสีมีความแตกต่างกันเนื่องจากสีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เป็นสีที่สกัดได้จากธรรมชาติส่วนมากไม่มีความเสถียรเมื่อโดนความร้อนและกรดจึงมีความคงตัวของสีน้อย (กิติมา, 2549; Johnson และ Clydesdale, 1982)

ผลการตรวจสอบลักษณะทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมี่หญ้าหวาน โดยการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่าค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์กัมมีหญ้าหวานมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ถ้าผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งสูงแสดงว่าเจลเจลาตินมีความแข็งแรงมาก (ศิมาภรณ์ และคณะ, 2546; Kroyer, 2010) โดยความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มมากขึ้น (Pye, 1997) ทำให้ต้องใช้พลังงานในการบดเคี้ยวเพิ่มมากขึ้น (เฉลิมพล, 2552) โดยพบว่าค่า Chewiness และ Gumminess ของตัวอย่างควบคุมสูงกว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่หญ้าหวาน ในส่วนของค่า Springiness มีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากสัดส่วนของเจลาติน น้ำตาลทรายและกลูโคสไซรัปไม่แตกต่างกันมากจึงไม่มีผลต่อความยืดหยุ่นของตัวผลิตภัณฑ์ (เมทินี, 2554)

ผลการตรวจสอบความชอบของผลิตภัณฑ์กัมมี่ทั้ง 5 สูตรพบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่หญ้าหวานที่มีการแต่งสีเขียว เหลือง และแดง ในสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบด้านความหวานมากที่สุดโดยใช้ปริมาณหญ้าหวานเพียง 0.04 กรัม สีแดงเป็นสีที่มีคะแนนความชอบสูงสุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากความคงตัวของสี ซึ่งสีธรรมชาติจะสะลายตัวได้ง่าย (Figure 1)

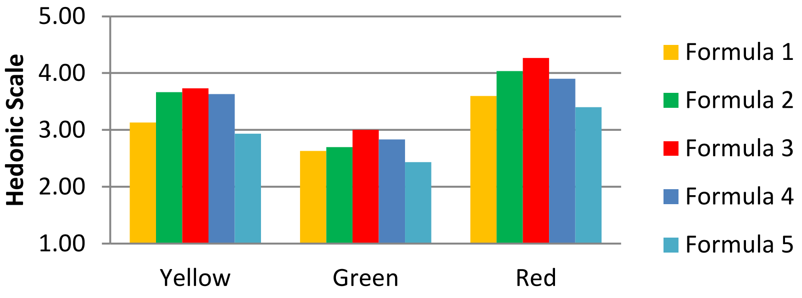



Figure 1 Sensory score of stevia gummy

## สรุปผล

ผลิตภัณฑ์กัมมี่หญ้าหวานสามารถใช้หญ้าหวานเป็นสารให้ความหวานได้ ผลิตภัณฑ์กัมมี่หญ้าหวานทั้ง 5 สูตร พบว่า สูตรที่ 3 ที่มีการใช้หญ้าหวานปริมาณ 0.04% ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงที่สุด การใช้สีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์กัมมี่ทำให้ค่าสีไม่มีความคงตัวเมื่อเทียบกับทางการค้า ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสเทียบกับผลิตภัณฑ์กัมมี่ทางการค้า พบว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่หญ้าหวานทั้ง 5 สูตรมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย

## เอกสารอ้างอิง

กิตติมา เหมวงษา, 2549, การพัฒนาการผลิตผงสีจากแครอทและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร.

เฉลิมพล ถนอมวงศ์, 2552, ผลของเจลาตินและกรดซิตริกต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกัมมี่เยลลี่รสตะไคร้, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, พิษณุโลก.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2556, สติวีออลไกลโคไซด์ (ฉบับที่ 360) พ.ศ. 2556

พิสมัย กุลกาญจนาธร, 2555, บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน หวาน - ธรรมชาติ – เพื่อสุขภาพ, ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เมทินี ห้วยหงส์ทอง, 2554, ผลของปริมาณเจลาติน น้ำตาลทราย และกลูโคสไซรัปต่อคุณภาพของกัมมี่เยลลี่มะม่วงหิมพานต์, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิลาสินี ดีปัญญา, 2552, การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลีมะขาม,ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏ

ศิมาภรณ์ มีแสง ไพศาล วุฒิจำนงค์ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต และสุมนรัตน์ ชื่นพุฒิ, 2546, ผลของเจลาตินอัตราส่วนของซูโครส/กลูโคสไซรัป และกรดซิตริก ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41, หน้า 20-27

สุนทร ตรีนันทวัน, 2555, บทความเด็กก็เป็นเบาหวานได้ ผู้เชี่ยวชาญสาขาเทคโนโลยีการศึกษา สสวท, สำนักโภชนาการ กรมอนามัย 2554 คู่มือการดำเนินงานโครงการหมู่บ้าน/ชุมชน ลด หวาน มัน เค็ม ลดอ้วน ลดโรค โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก กรุงเทพ 36 หน้า เพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์.

อมรา ทองหงษ์, 2555, โรคเบาหวาน (Diabetes), สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค ประจำปี 2555, สำนักระบาดวิทยา, กระทรวงสาธารณสุข.

Johnson, J. and Clydesdale, F.M., 1982, Perceived Sweetness and Redness in Colored Sucrose Solutions, Journal of Food Science, 47: 747-752.

Kroyer, G., 2010, Stevioside and Stevia-sweetener in Food: Application, Stability and Interaction with Food Ingredients, Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 5: 225-229.

Pye, J., 1997, Gelatin and Applications. In S. Maneepan, ed. Symposium on Confectionery Technology, Food Science and Technology Association of Thailand. Bangkok, Thailand. pp. 28-40.

# ผลของการทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดงต่อคุณภาพหลังการต้มและลักษณะทางประสาทสัมผัสของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน

## Effect of Partial Replacement of Rice Flour with Red Bean Flour on Cooking Quality and Sensory Attributes of Extruded Rice Pasta

**กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์**[1] **อโนชา สุขสมบูรณ์**[1] **และ อาภัสรา แสงนาค**[2]
Limroongreungrat, K.[1], Suksomboon, A.[1] and Sangmark, A.[2]

### Abstract

Red bean flour contains high amount of protein, minerals, dietary fiber, and anthocyanin and has a potential to enhance the nutritive values of rice pasta. The objective of this research was to investigate the quality of extruded rice pasta as affected by partial replacement of rice flour with red bean flour (0-50% by flour weight). Results showed that cooking yield, firmness and tensile strength of cooked pasta increased with the increase of red bean flour, whereas, cooking time, cooking loss, and adhesiveness decreased ($p<0.05$). The hue angle ($h^{\circ}$) of dried and cooked pasta decreased ($p<0.05$) as the levels of red bean flour increased. Sensory evaluation of pasta indicated that the intensity of red color, bean flavor and firmness increased with the increase of red bean flour levels. The overall acceptability scores of pasta with 10-40% red bean flour were higher than those of pasta with 0 and 50% red bean flour.

**Keywords:** rice pasta, red bean flour, cooking quality, sensory characteristics

### บทคัดย่อ

แป้งถั่วนิ้วนางแดงมีปริมาณโปรตีน แร่ธาตุ ใยอาหาร และแอนโทไซยานินสูงจึงมีศักยภาพในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่พาสต้าข้าวเจ้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งถั่วนิ้วนางแดงทดแทนแป้งข้าวเจ้า (0-50% โดยน้ำหนักแป้ง ) ต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ความแน่นเนื้อ และความต้านทานต่อการดึงขาดของพาสต้าต้มสุกเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งถั่วนิ้วนางแดงเพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการต้ม ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม และค่าการเกาะติดที่ผิวหน้าลดลง ($p<0.05$) พาสต้าที่ผ่านการอบแห้งและต้มสุกมีค่ามุมของเฉดสีลดลงเมื่อปริมาณแป้งถั่วนิ้วนางแดงเพิ่มขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า คะแนนความเข้มในด้านสีแดง กลิ่นถั่ว และความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของแป้งถั่วนิ้วนางแดงเพิ่มขึ้น โดยพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดง 10-40% ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดง 0 และ 50%

**คำสำคัญ:** พาสต้าข้าวเจ้า แป้งถั่วนิ้วนางแดง คุณภาพหลังการต้ม ลักษณะทางประสาทสัมผัส

### คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ทำให้ความนิยมอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีรูปแบบต่างๆ พาสต้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั่วโลก ดังนั้นผลิตภัณฑ์พาสต้าจึงเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลักที่น่าสนใจในการส่งผ่านสารอาหารสู่ผู้บริโภคโดยการเสริมคุณค่าทางโภชนาการจากวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ถั่วนิ้วนางแดง (Red bean หรือ Rice bean) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเมล็ดถั่วนิ้วนางแดงประกอบด้วยโปรตีน 16.82-22.4% คาร์โบไฮเดรต 61.09-64.73% ไขมัน 3.46-4.03% เถ้า 3.99-4.58% และเส้นใย 5.22-7.43 % โดยน้ำหนักแห้ง (Rodriguez and Mendoza, 1991) นอกจากนี้ถั่วนิ้วนางแดงยังมีสารพฤกษเคมี (Phytochemical) ที่สำคัญ ได้แก่ โพลีฟีนอลและแอนโทไซยานิน โดยมีปริมาณโพลีฟีนอล 3.27-6.43 มิลลิกรัมแกลลิกต่อ

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, Tambon Saensuk, Amphor Muang, Chonburi 20131
[2] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ สาทร กรุงเทพฯ 10120
[2] Food Science and Technology Division, Faculty of Home Economic Technology, Rajamangkala University of Technology Krungthep, Sathorn, Bangkok 10120

กรัมตัวอย่าง (Yao และคณะ, 2012) และปริมาณแอนโทไซยานิน 0.02 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง (Yoshida และคณะ, 1996) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการเติมแป้งถั่วนิ้วนางแดงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์พาสต้าจากแป้งข้าวเจ้าที่เตรียมโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมแป้งถั่วแดงโดยนำเมล็ดถั่วแดงมาคัดแยกเมล็ดที่มีตำหนิออก ทำความสะอาด นำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช เตรียมพาสต้าข้าวเจ้าตามวิธีของ กุลยา และอโนชา (2557) แปรปริมาณแป้งถั่วนิ้วนางแดงที่ใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าเป็น 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 % นำพาสต้าที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้ม (Cooking quality) ตามวิธี AACC (1995) ได้แก่ เวลาที่เหมาะสมในการต้มพาสต้าให้สุก (Cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (Cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (Cooking yield) วัดค่าสีโดยนำพาสต้าอบแห้งและพาสต้าต้มสุกมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, รุ่น Miniscan XE Plus) รายงานเป็นค่า L* a* และ b* คำนวณค่ามุมของเฉดสี (Hue angle) จาก $h^o = tan^{-1}$ (b/a) และค่าความเข้มสี (Chroma) จาก $c^* = (a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Micro System, รุ่น TA-XT Plus) วัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาด (Tensile strength) โดยใช้หัววัด Spaghetti Tensile Grips (A/ SPR) วัดค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) โดยใช้หัววัด A/ LKB และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า (Adhesiveness) โดยใช้หัววัด P/ 35 วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และนำพาสต้าต้มสุกมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินความเข้มในด้านสี กลิ่นถั่ว ความแน่นเนื้อ ความสามารถในการเคี้ยว และการเกาะติดด้วยวิธี Scoring test โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน และประเมินความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์คุณภาพหลังการต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดง พบว่า เมื่อทดแทนแป้งถั่วนิ้วนางแดงในปริมาณเพิ่มขึ้น (0-50%) มีผลทำให้ระยะเวลาในการต้มสุกลดลงจาก 19.5 นาที เป็น 13.0 นาที ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มและค่าการเกาะติดที่ผิวหน้าลดลง แต่น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ค่าความแน่นเนื้อและค่าความต้านทานต่อการดึงขาดเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$, Table 1) อาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งถั่วนิ้วนางแดงแตกต่างจากแป้งข้าวเจ้า โดยแป้งถั่วนิ้วนางแดงมีโปรตีนและอะไมโลสสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า จึงช่วยเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างพาสต้าทำให้การแตกออกของเม็ดแป้งในระหว่างการต้มและการหลุดออกของอะไมโลสที่ผิวหน้าลดลง พาสต้าจึงมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างต้มและค่าการเกาะติดลดลง นอกจากนี้แป้งจากพืชตระกูลถั่วยังมีความสามารถในการดูดซับน้ำสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า (Surojannametkul และคณะ, 2002; Wani และคณะ, 2013) พาสต้าอบแห้งและพาสต้าต้มสุกมีค่ามุมของเฉดสี ($h^{o}$) ลดลงเมื่อปริมาณแป้งถั่วนิ้วนางแดงเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$, Table 2) โดยเมื่อปริมาณแป้งถั่วนิ้วนางแดงเพิ่มขึ้นจาก 10% เป็น 50% พาสต้าอบแห้งมีค่า $h^{o}$ ลดลงจาก 64.07 เป็น 37.66 และพาสต้าต้มสุกมีค่า $h^{o}$ ลดลงจาก 46.44 เป็น19.98 ซึ่งสีของผลิตภัณฑ์ปรากฏอยู่ในช่วงสีแดงถึงสีเหลือง โดยถ้ามุมของเฉดสีมีค่า $0^{o}$ วัตถุแสดงสีแดง และมุมของเฉดสีมีค่า $90^{o}$ วัตถุแสดงสีเหลือง (McGuire,1992) โดยพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดงเพิ่มขึ้นมีความเป็นสีแดงมากขึ้น อาจเนื่องจากแป้งถั่วนิ้วนางแดงมีรงควัตถุแอนโทไซยานินที่ให้สีแดงเป็นองค์ประกอบ (Yoshida และคณะ, 1996) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าพาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดงในปริมาณเพิ่มขึ้นได้คะแนนความเข้มด้านสีแดง กลิ่นรสถั่ว และความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) แต่คะแนนด้านความเหนียวและการเกาะติดกันไม่แตกต่างกัน (Figure 1) พาสต้าข้าวเจ้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดง (10- 50%) ได้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสสูงกว่าพาสต้าข้าวเจ้าที่ไม่เติมแป้งถั่วนิ้วนางแดง (0%) โดยพาสต้าทุกตัวอย่างได้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและรสชาติไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) และพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งถั่วนิ้วนางแดง 10-40% ได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันในระดับชอบเล็กน้อย (Figure 2) แสดงว่าสามารถใช้แป้งถั่วนิ้วนางแดงทดแทนแป้งข้าวเจ้าได้สูงถึง 40%

## สรุปผล

ถั่วนิ้วนางแดงมีศักยภาพในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์พาสต้าข้าวเจ้าเพื่อสุขภาพ และสามารถทดแทนแป้งถั่วแดงได้สูงถึง 40% โดยเมื่อปริมาณของแป้งถั่วนิ้วนางแดงเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อและค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของพาสต้าต้มสุกเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง และพาสต้าที่เตรียมได้มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความเข้มสีแดง กลิ่นถั่วและความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งถั่วนิ้วนางแดงเพิ่มขึ้น

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (ทุนอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ 2558

## เอกสารอ้างอิง

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และอโนชา สุขสมบูรณ์, 2557, ผลของการทดแทนแป้งถั่วดำต่อคุณภาพของพาสต้าข้าวเจ้าที่ผลิตโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45, 2(พิเศษ): 541-544.

AACC, 1995, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry (9th ed.), American Association of Cereal Chemists (AACC), Minnesota, USA.

McGuire, R.G., 1992, Reporting of Objective Color Measurements, HortScience, 27: 1254-1255.

Rodriguez, M.S. and Mendoza, E.M.T., 1991, Nutritional Assessment of Seed Proteins in Rice Bean [Vigna Umbellata (Thumb.) Ohwi and Ohashi], Plant Foods for Human Nutrition, 41: 1-9.

Surojannametakul, V., Tungtakul, P., Varanyanond, W. and Supasri, R., 2002, Effects of Partial Replacement of Rice Flour with Various Starches on the Physicochemical and Sensory Properties of "Sen Lek" Noodle, Kasetsart Journal (Natural Science), 36: 55-62.

Wani, I.A., Sogi, D.S., Wani, A.A. and Gill, B.S., 2013, Physico-chemical and Functional Properties of Flours from Indian Kindney Bean (*Phaseolus vulgais* L.) Cultivars, LWT-Food Science and Technology, 53: 278-284.

Yao, Y., Cheng, X.Z., Wang, L.X., Wang, S.H. and Ren, G., 2012, Major Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and Antidiabetic Potential of Rice Bean (*Vigna umbellata* L.) in China, International Journal of Molecular Sciences, 13: 2707-2716.

Yoshida, K., Sato, Y., Okuno, R., Kameda, K., Isobe, M. and Kondo, T., 1996, Structural Analysis and Measurement of Anthocyanins from Colored Seed Coats of *Vigna, Phaseolus,* and *Glycine* legumes, Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 60(4): 589-593.

**Table 1** Effect of red bean flour on cooking quality and texture of rice pasta

| Red bean flour (%) | Cooking loss (%) | Cooking yield (%) | Firmness (g force) | Tensile strength (g force) | Adhesiveness (g force. s) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | $18.32^{a} \pm 0.31$ | $190.74^{c} \pm 3.81$ | $307.64^{e} \pm 1.15$ | $39.33^{d} \pm 0.55$ | $4.03^{a} \pm 0.12$ |
| 10 | $14.30^{b} \pm 0.82$ | $194.90^{b} \pm 1.60$ | $319.01^{e} \pm 1.82$ | $43.59^{c} \pm 1.80$ | $3.61^{b} \pm 0.04$ |
| 20 | $12.73^{bc} \pm 0.99$ | $204.91^{a} \pm 1.77$ | $395.67^{d} \pm 2.83$ | $48.50^{b} \pm 1.23$ | $3.37^{b} \pm 0.13$ |
| 30 | $12.18^{c} \pm 0.89$ | $206.78^{a} \pm 0.32$ | $485.69^{c} \pm 1.84$ | $49.11^{b} \pm 0.16$ | $2.98^{c} \pm 0.09$ |
| 40 | $12.28^{c} \pm 1.06$ | $206.17^{a} \pm 0.52$ | $552.78^{b} \pm 1.70$ | $51.15^{a} \pm 0.59$ | $3.03^{c} \pm 0.22$ |
| 50 | $12.31^{c} \pm 0.21$ | $205.37^{a} \pm 1.30$ | $584.87^{a} \pm 2.47$ | $52.86^{a} \pm 0.77$ | $3.10^{c} \pm 0.19$ |

$^{a,b,c}$ Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

**Table 2** Effect of red bean flour on color values of uncooked and cooked rice pasta

| Red bean flour (%) | Uncooked pasta | | | Cooked pasta | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | L* | c* | h° | L* | c* | h° |
| 0 | 57.58[a] ±0.88 | 13.00[c] ±0.48 | 93.19[a] ±0.69 | 72.27[a] ±0.12 | 4.67[c] ±0.37 | 116.15[a] ±1.94 |
| 10 | 47.25[b] ±0.61 | 18.74[a] ±0.07 | 64.07[b] ±0.81 | 53.15[b] ±0.72 | 8.62[a] ±0.38 | 46.44[b] ±0.89 |
| 20 | 40.96[c] ±0.79 | 16.17[b] ±0.25 | 59.08[c] ±0.69 | 48.33[c] ±0.71 | 8.84[a] ±0.72 | 36.35[c] ±0.78 |
| 30 | 34.73[d] ±0.78 | 13.67[c] ±0.60 | 51.78[d] ±0.54 | 42.11[d] ±0.66 | 8.12[b] ±0.65 | 29.60[d] ±0.38 |
| 40 | 30.83[e] ±0.69 | 11.28[d] ±0.52 | 44.53[e] ±0.42 | 39.02[e] ±0.79 | 7.50[c] ±0.68 | 21.10[e] ±0.35 |
| 50 | 27.50[e] ±0.39 | 10.15[e] ±0.11 | 37.66[f] ±0.82 | 36.23[f] ±0.43 | 7.50[c] ±0.61 | 19.98[f] ±0.23 |

[a,b,c] Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

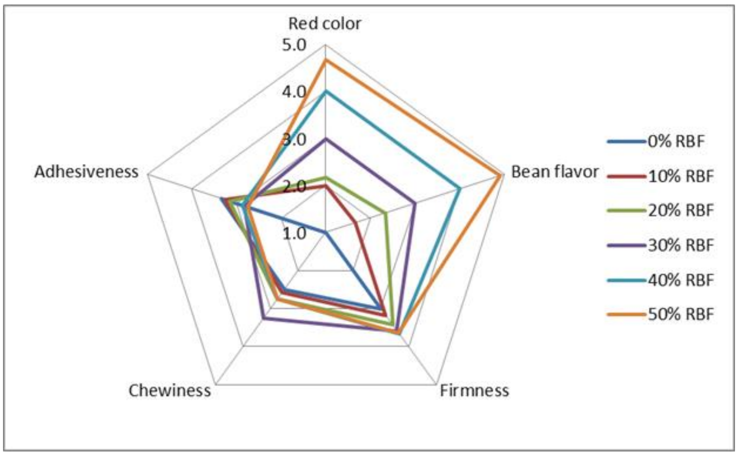



**Figure 1** Intensity of sensory characteristics of rice pasta as affected by different levels of red bean flour (RBF) (1= Weak intensity, 5= Strong intensity)

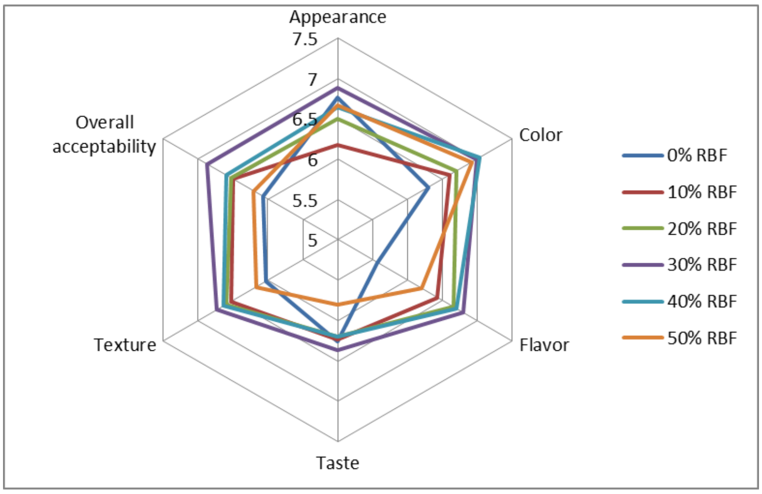



**Figure 2** Sensory scores of rice pasta as affected by different levels of red bean flour (RBF) (1= Dislike extremely, 9= Like extremely)

# การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของแก่นตะวัน

## Growth, Yield and Yield Component of Jerusalem Artichoke

สุปราณี งามประสิทธิ์[1] และ ประภาส ช่างเหล็ก[2]
Ngamprasitthi, S.[1] and Changlek, P.[2]

### Abstract

The objective of this research was to study growth, yield, and yield component of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.), and was conducted at the National Corn and Sorghum Research Center, Pakchong Nakhon Ratchasima. Jerusalem artichoke was planted in early rainy season during May – August 2011 in Randomized Complete Block Design (RCBD) with 4 replications, 7 treatments, and 7 varieties; JA 1, JA 2, JA 37, JA 38, Hel 53, Hel 61 and Hel 231. Results showed that total weight of fresh tuber of Jerusalem artichoke was significantly different depending on variety. The Jerusalem artichoke Hel 231 variety gave the highest average of total fresh tuber of 26,464.0 kg/rai. Yield component, weight of fresh tuber special size, large size and small size of Jerusalem artichoke were not significantly different. But weight of fresh tuber medium size was significantly different.

**Keywords**: growth, yield, yield component, Jerusalem artichoke

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตของแก่นตะวันในศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา ปลูกในเดือน พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2554 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 7 สิ่งทดลอง ได้แก่ สายพันธุ์แก่นตะวัน 7 สายพันธุ์ คือ JA 1, JA 2, JA 37, JA 38, Hel 53, Hel 61 และ Hel 231 ผลการทดลองพบว่าพันธุ์ Hel 231 ให้ผลผลิตน้ำหนักหัวสดรวมเฉลี่ยสูงที่สุด 26,464.0 กิโลกรัมต่อไร่และแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนองค์ประกอบของผลผลิตพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของน้ำหนักขนาดหัวพิเศษ หัวขนาดใหญ่และหัวขนาดเล็กแต่น้ำหนักของหัวขนาดกลางพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

**คำสำคัญ**: การเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต แก่นตะวัน

### บทนำ

แก่นตะวัน (*Jerusalem artichoke* หรือ sunchoke) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus tuberosus* L. เป็นพืชดอกในวงศ์เดียวกับทานตะวัน (Figure 1 และ Figure 2) มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาเหนือ ลักษณะต้น มีขนตามกิ่งและใบ และมีลำต้นใต้ดิน (tuber) หัวใช้ประกอบอาหารรับประทานได้ และมีสารอินนูลิน (inulin) ซึ่งเป็นสารใยอาหารที่ให้ความหวานจะไม่ถูกย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็กและสามารถอยู่ในระบบทางเดินอาหารเป็นเวลานาน หัวแก่นตะวันใช้เป็นวัตถุดิบแปรรูปในอุตสาหกรรมได้ ซึ่งประกอบด้วยฟรุ๊กโตสที่ต่อกันเป็นโมเลกุลยาว และลดความเสี่ยงการเป็นโรคมะเร็ง นอกจากนั้น หัวแก่นตะวันยังใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์ โดยใช้หัวสด 1 ตัน สามารถผลิตเอทานอลที่บริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ได้ 100 ลิตร นำไปผสมเบนซิน เพื่อผลิตแก๊สโซฮอลล์ จึงจัดเป็นพืชพลังงานทดแทนได้ด้วย (North Carolina Cooperative Extension Service, 1914)

[1] ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ 298 ต. กลางดง อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา 32320 คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[1] National Corn and Sorghum Research Center 298 Klang Dong Pak Chong Nakhon Rachasima 32320. Agricultural Faculty, Kasetsart University
[2] สถานีวิจัยเพชรบูรณ์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2] Petchaboon Research Station, Agricultural Faculty, Kasetsart University

## อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกทดลองในต้นฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน พ.ศ. 2554 วางแผนการทดลองแบบ Randomized completed block design 4 ซ้ำ 7 สิ่งทดลอง ได้แก่ ได้แก่สายพันธุ์แก่นตะวัน 7 สายพันธุ์ คือ JA 1, JA 2, JA 37, JA 38, Hel 53, Hel 61 และ Hel 231 ใช้ระยะปลูก ระหว่างแถวและระยะระหว่างต้น 0.5x0.5 เมตร ปลูกทดลองในชุดดินปากช่อง (Pak Chong Series: Pc) มีลักษณะเป็นดินเหนียว (Clay) pH 6.2-6.3 อินทรีย์วัตถุ 2.2-2.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปลูกแก่นตะวันลงในดินที่มีการเตรียมดินอย่างละเอียด โดยใช้ต้นอ่อน อายุ 21 วัน (Figure 1) นำมาปลูกในแปลงประมาณ 1.2 ไร่ และ แปลงย่อยกว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร ตามลำดับ ให้น้ำชลประทานและน้ำฝน ใส่ปุ๋ยคอก (มูลไก่) อัตรา 120 กิโลกรัมต่อไร่ เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต โดยหาค่าเฉลี่ยจากแก่นตะวันจำนวน 10 ต้น และเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 116 วันหลังปลูก วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยการหา LSD

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองปลูกแก่นตะวันในดินชุดปากช่อง ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา 7 ของสายพันธุ์ JA 1, JA 2, JA 37, JA 38, Hel 53, Hel 61 และ Hel 231 ผลการทดลองพบว่าแก่นตะวันทั้ง 7 สายพันธุ์ มีความสูงไม่แตกต่างกัน โดยมีความสูงเฉลี่ย 117.43 เซนติเมตร จำนวนหน่อต่อต้นเฉลี่ย 3.5 หน่อ และความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 95.7 เซ็นติเมตร เช่นเดียวกับสุปราณี และคณะ (2554) ปลูกแก่นตะวันเพื่อศึกษาระยะปลูกต่างๆ พบว่าการปลูกแก่นตะวัน ระยะ 0.5x0.5 เมตร มีความสูงเฉลี่ย 119.0 เซ็นติเมตร แต่จำนวนหน่อต่อต้นเฉลี่ย 2.0 หน่อ และความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 72.4 เซ็นติเมตร ซึ่งมีจำนวนหน่อต่อต้นและความกว้างทรงพุ่มน้อยกว่าสายพันธุ์ใหม่ และการปลูกแก่นตะวันบนชุดดินปากช่องในเดือนพฤษภาคม พันธุ์ Hel 231จะออกดอกเร็วขึ้นเฉลี่ย 36 วันหลังจากปลูกต้นอ่อนลงแปลง (Figure 2) ส่วนผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต พบว่าพันธุ์ Hel 231 ให้ผลผลิตน้ำหนักหัวสดรวมเฉลี่ยสูงที่สุด 26,464.0 กิโลกรัมต่อไร่และแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนองค์ประกอบของผลผลิตพบว่ามีน้ำหนักของขนาดหัวพิเศษ หัวขนาดใหญ่ หัวและหัวขนาดเล็กเท่ากับ 11,584.0, 7,765.2 และ 5,088.0 กรัมตามลำดับซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่นๆ (Figure 3, 4) ส่วนน้ำหนักของหัวขนาดกลางของพันธุ์ Hel 231เฉลี่ยเท่ากับ 2,185.4 กิโลกรัมและแตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์อื่นๆ ซึ่งการให้ผลผลิตของแก่นตะวันสอดคล้องกับการทดลอง ปลูกแก่นตะวันบนชุดดินปากช่องโดยใช้ระยะปลูกที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต และผลผลิตในสถานีวิจัยพืชไร่สุวรรณวาจกกสิกิจ อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา ปลูกในเดือนพฤษภาคม พบว่าในทุกระยะปลูกของแก่นตะวันมีระยะเวลางอก 50 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ย 15 วันหลังปลูก ความสูงต้นเฉลี่ย 112.0 เซนติเมตร วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ย 74 วันหลังปลูก ที่ระยะปลูก 0.5x. 0.5 เมตร ซึ่งเป็นระยะแคบให้ผลผลิตสูงที่สุด โดยมีจำนวนหัวขนาดพิเศษเฉลี่ย 376,000 หัวต่อไร่ส่วนน้ำหนักหัวต่อไร่เท่ากับ 25,400 กิโลกรัมต่อไร่ (สุปราณี และคณะ, 2554)

## สรุปผล

ผลการทดลองพบว่าการปลูกแก่นตะวันบนชุดดินปากช่องในเดือนพฤษภาคม พันธุ์ Hel 231 ออกดอกเร็วขึ้นประมาณ 36 วันหลังจากปลูกต้นอ่อนลงแปลง และให้ผลผลิตน้ำหนักหัวสดรวมเฉลี่ยสูงที่สุด 26,464.0 กิโลกรัมต่อไร่ โดยให้น้ำหนักของขนาดหัวพิเศษ 11,584.0 กิโลกรัม หัวขนาดใหญ่ 7,765.2 กิโลกรัม หัวขนาดกลาง 2,185.4 กิโลกรัมและหัวขนาดเล็กเท่ากับ 5,088.0 กิโลกรัม ดังนั้นการผลิตแก่นตะวันในชุดดินปากช่องระยะ 0.5x0.5 ปลูกฤดูต้นฝน สามารถให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพของหัวที่ดี

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ. มก.) โครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2557 อาจารย์ประภาส ช่างเหล็กที่ช่วยสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

สุปราณี งามประสิทธิ์ ประภาส ช่างเหล็ก และกิ่งกานท์ พานิชนอก, 2554, ผลของระยะปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของแก่นตะวันที่ปลูกบนชุดดินปากช่อง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3/1)(พิเศษ): 91-94.

North Carolina Cooperative Extension Service, 1914, Employment and Program Opportunities are Offered to All People Regard Lines of Race, Colour, National Origin, Sex, Age, or Disability, North Carolina State University at Raleigh.

**Figure 1** Seedling of Jerusalem artichoke, 21 days after planting

**Figure 2** Flowering stage of Jerusalem artichoke, 36 days after planting by seedling (21 days)

**Figure 3** Yield of Jerusalem artichoke,harvesting at 116 days after planting by seedling (21 days)

**Figure 4** Yield of Jerusalem artichoke,harvesting at 116 days after planting by seedling (21 days)

**Table 1** Plant height, canopy diameter and number tiller per plant of Jerusalem artichoke planting at National Corn and Sorghum Research Center.

| Variety | Plant height (cm.) | Canopy diameter (cm.) | No. tiller/plant |
|---|---|---|---|
| JA 1 | 114.7 | 97.5 | 3.5 |
| JA 2 | 122.0 | 94.7 | 2.9 |
| JA 37 | 119.5 | 96.2 | 3.7 |
| JA 38 | 116.2 | 94.7 | 3.3 |
| Hel 53 | 115.7 | 92.5 | 3.8 |
| Hel 61 | 115.6 | 96.0 | 3.2 |
| Hel 231 | 118.0 | 96.0 | 3.8 |
| Mean | 117.4 | 95.3 | 3.5 |
| C.V. (%) | 5.77 | 3.17 | 17.8 |
| F-test | ns | ns | ns |

Means within column followed by a different letter(s) indicate significant difference by LSD at P $\leq$ 0.05

**Table 2** Total weight of tuber per rai and yield component of Jerusalem artichoke planting at National Corn and Sorghum Research Center.

| Variety | Total weight of | Weight of tuber/plant (g) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | tuber/rai (kg.) | Special | Large | Medium | Small |
| JA 1 | 20,784.0 | 8,672.0 | 6,904.0 | 1,528.0 a-c | 3,680.0 |
| JA 2 | 23,636.8 | 9,560.0 | 6,984.0 | 2,320.0 a | 5,028.0 |
| JA 37 | 19,600.0 | 8,336.0 | 6,153.6 | 824.0 c | 4,056.0 |
| JA 38 | 18,432.0 | 7,712.0 | 5,328.0 | 1,382.5 bc | 3,840.0 |
| JA 53 | 22,336.0 | 10,562.2 | 6,417.8 | 1,208.0 c | 4,544.0 |
| Hel 61 | 21,480.0 | 8,496.0 | 7,312.0 | 1,360.0 bc | 4,248.0 |
| Hel 231 | 26,464.4 | 11,584.0 | 7,765.2 | 2,185.4 ab | 5,088.0 |
| Mean | 21,819.0 | 9,274.61 | 6,694.9 | 1,544.0 | 4,354.0 |
| C.V. (%) | 14.28 | 19.23 | 20.00 | 20.37 | 16.31 |
| F-test | * | ns | ns | * | ns |

Means within column followed by a different letter(s) indicate significant difference by LSD at P $\leq$ 0.05

# ผลของการเคลือบใบด้วยดินขาวคาโอลินต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซและปริมาณผลผลิตของพริกหวานพันธุ์แคลิฟอร์เนียวันเดอร์

# Effects of Kaolin Clay Coating on Leaf Gas Exchange and Yield of 'California Wonder' Sweet Pepper

**สุดใจ ล้อเจริญ[1] และ ปริยานุช จุลกะ[1]**
Locharoen, S.[1] and Chulaka, P.[1]

## Abstract

The objective of this experiment was to evaluate the effects of kaolin leaf coating on leaf gas exchange and yield of sweet pepper. The study was conducted at the experimental field, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University during March to August, 2014. Foliar spray of 50 $g{\cdot}L^{-1}$ kaolin was applied as aqueous suspension once a week. Leaf gas exchange of treated and untreated kaolin sweet peppers was measured at 16 and 30 days of leaf age after transplanting. Fruit were harvested at mature red. Results showed kaolin coating had no significant effect on leaf gas exchange and yield of sweet pepper. However, net photosynthesis at 16 and 30 days of leaf age after transplanting decreased when leaf age increased in both treated (16.46 and 13.25 µmol $CO_2{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^{-1}$) and untreated (16.42 and 12.20 µmol $CO_2{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^{-1}$) kaolin plants.

**Keywords:** heat stress, net photosynthesis, stomatal conductance, leaf temperature

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินผลของการเคลือบใบพริกหวานด้วยดินขาวคาโอลินต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซและปริมาณผลผลิต โดยปลูกพริกหวาน ทดลองภายในโรงเรือนหลังคาพลาสติก ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม 2557 ฉีดพ่นดินขาวคาโอลินในสภาพของเหลว ความเข้มข้น 50 กรัม/ลิตร ให้พริกหวานสัปดาห์ละหนึ่งครั้ง และวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซบริเวณใบพริกหวานที่อายุ 16 และ 30 วันหลังย้ายปลูกทั้งต้นที่เคลือบและไม่เคลือบด้วยดินขาวคาโอลิน เก็บเกี่ยวผลพริกหวานเมื่อเปลี่ยนเป็นสีแดงทั้งผล พบว่าการเคลือบด้วยดินขาวคาโอลินไม่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซและปริมาณผลผลิต อย่างไรก็ตามเมื่อวัดค่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิที่ใบอายุ 16 และ 30 วันหลังย้ายปลูก พบว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิลดลงเมื่อใบพริกหวานมีอายุมากขึ้นทั้งต้นที่เคลือบ (16.46 และ 13.25 µmol $CO_2{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^{-1}$ตามลำดับ) และไม่เคลือบ (16.42 และ 12.20 µmol $CO_2{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^{-1}$ ตามลำดับ) ด้วยดินขาวคาโอลิน

**คำสำคัญ**: ภาวะเครียดจากความร้อน การสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การชักนำการเปิดปากใบ อุณหภูมิใบ

## คำนำ

พริกหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญกับประเทศไทย โดยในปี 2557 มีพื้นที่ในการเพาะปลูก 962 ไร่ ให้ผลผลิตรวม 933 ตัน ซึ่งมีมูลค่าสูงถึง 31 ล้านบาท (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้นในทุกปีส่งผลต่อการเกษตร และพริกหวานอ่อนไหวกับสภาพอุณหภูมิสูงที่ส่งผลให้ดอกและผลหลุดร่วง (Deli และ Tiessen, 1969) กระทบต่อผลผลิตที่จะเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งการหลุดร่วงของดอกอาจเป็นผลมาจากการลดลงของการสังเคราะห์ด้วยแสง (Berry และ Bjorkman, 1980) เนื่องจากในสภาพอุณหภูมิสูงทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงถูกยับยั้ง (Buchaman และคณะ, 2000) ดินขาวคาโอลินถูกนำมาใช้ด้านการเกษตรเพื่อบรรเทาภาวะเครียดจากความร้อน โดยมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเนื่องจากสารนี้มีสีขาว จึงสามารถสะท้อนแสงได้ช่วยลดความร้อนที่พืชได้รับ โดยที่การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชไม่ลดลง (คณพล และคณะ, 2554) Jifon และ Syvertsen (2003) พบว่าการฉีดพ่นดินขาวคาโอลินช่วยเพิ่มการสังเคราะห์

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

ด้วยแสงของส้ม และสามารถลดอุณหภูมิใบ เพิ่มผลผลิตในแอปเปิ้ล (Glenn และคณะ, 2001) ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินผลของการเคลือบใบด้วยดินขาวคาโอลินต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซและปริมาณผลผลิตของพริกหวาน

## อุปกรณ์และวิธีการ

ย้ายปลูกต้นพริกหวานพันธุ์แคลิฟอร์เนียวันเดอร์อายุ 45 วันหลังเพาะเมล็ด จำนวน 24 ต้น ลงในกระถางขนาด 8 นิ้วที่มีวัสดุปลูกเป็นกาบมะพร้าวสับผสมขุยมะพร้าว (2:3 โดยปริมาตร) และให้สารละลายสูตร Resh tropical dry summer (Resh, 1978) ด้วยระบบน้ำหยด ซึ่งปลูกเลี้ยงภายใต้โรงเรือนหลังคาพลาสติก ที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพอากาศ (Watchdog data logger Model 1450) ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม 2557 วางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ เมื่อต้นพริกหวานเจริญเติบโตแตกกิ่งแขนงจนถึงชั้นที่ 5 จึงพ่นดินขาวคาโอลินในสภาพของเหลวความเข้มข้น 50 กรัม/ลิตร ให้กับต้นพริกหวาน และพ่นซ้ำทุก 7 วัน หลังการพ่นดินขาวคาโอลินหนึ่งวัน ทำการวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซของใบพริกหวานที่อายุ 16 และ 30 วันหลังย้ายปลูก เปรียบเทียบกับต้นพริกหวานที่ไม่ได้รับการพ่นดินขาวคาโอลิน โดยวัดการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ และการชักนำการเปิดปากใบด้วยเครื่องวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซระบบเปิด (LI-6400 บริษัท LI-COR, ประเทศสหรัฐอเมริกา) วัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงสองด้วยเครื่อง Pocket PEA chlorophyll fluorimeter (Hansatech instruments Ltd., ประเทศอังกฤษ) วัดอุณหภูมิใบด้วยเครื่อง Infrared thermometer camera (Therma CAM I7, FLIR System, ประเทศสหรัฐอเมริกา) เก็บเกี่ยวผลผลิตพริกหวานเมื่อเปลี่ยนเป็นสีแดงทั้งผล และจัดระดับคุณภาพภายนอกของผลพริก (Figure 1) ตามคู่มือการจัดชั้นคุณภาพผัก (ดนัย, 2545)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนมีความเข้มแสง (Photosynthetically active radiation; $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) ต่ำ และอุณหภูมิสูงกว่านอกโรงเรือน (Table 1) ต้นพริกหวานที่เคลือบด้วยดินขาวคาโอลิน (kaolin treated) มีค่าเฉลี่ยของการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (Net photosynthesis; $\mu mol\ CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) ค่าการชักนำการเปิดปากใบ (Stomatal conductance; $mol\ H_2O \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) และประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงสอง (PSII efficiency; Fv/Fm) มากกว่าต้นที่ไม่ได้เคลือบด้วยดินขาวคาโอลิน (control) และอุณหภูมิใบ (leaf temperature; °C) ของต้นที่เคลือบด้วยดินขาวคาโอลินต่ำกว่าต้นที่ไม่ได้เคลือบ ในทุกอายุใบ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในทุกพารามิเตอร์ เมื่ออายุใบมากขึ้นพบว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ และค่าการชักนำการเปิดปากใบลดลง (Table 2) อย่างไรก็ตามจำนวนผลต่อต้น (Figure 2) และน้ำหนักต่อผล (Figure 3) ของต้นที่เคลือบ และไม่ได้เคลือบด้วยดินขาวคาโอลินไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อาจเป็นเพราะการถ่ายเทอากาศระหว่างภายในและภายนอกโรงเรือนค่อนข้างต่ำ ทำให้เกิดการสะสมอุณหภูมิภายในโรงเรือน ต้นพริกหวานได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิที่สะสมภายในโรงเรือน จึงไม่สามารถลดอุณหภูมิใบพริกได้ การแลกเปลี่ยนก๊าซของใบพริกหวานจึงไม่แตกต่างกัน (Russo และ Diaz-Perez, 2005) นอกจากนี้หลังคาพลาสติกที่ขุ่นมัวทำให้ลดการส่องผ่านของแสง ภายในโรงเรือนจึงมีความเข้มแสงต่ำกว่าภายนอก ซึ่งดินขาวคาโอลินมีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงและทำให้อุณหภูมิลดลง จึงไม่สามารถแสดงประสิทธิภาพได้อย่างเต็มที่ ปริมาณผลผลิตของพืชมีความสัมพันธ์กับการสังเคราะห์ด้วยแสงในทิศทางเดียวกัน โดยการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก ได้ผลผลิตมาก (Stephen และคณะ, 2006) และในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของการสังเคราะห์ด้วยแสง จึงทำให้ปริมาณผลผลิตของต้นพริกที่เคลือบและไม่เคลือบด้วยดินขาวคาโอลินไม่แตกต่างกัน

## สรุปผล

การใช้ดินขาวคาโอลินเคลือบใบพริกไม่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซ และปริมาณผลผลิตของพริกหวานที่ปลูกในโรงเรือน

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากโครงการจัดสรรทุนการศึกษาระดับปริญญาเอก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และศูนย์ความมั่นคงทางอาหาร (Food Security Center; FSC) ในการอนุเคราะห์เครื่อง Pocket PEA

## เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557, ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online [สืบค้น], http://production.doae.go.th/report/report_main_plant_01_A_new.php? [24/ April/ 15]

คณพล จุฑามณี ชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์ และวิวัฒน์ โตธิรกุล, 2554, รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาดินขาวเคโอลินเป็นสารเคลือบผลเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิต ควบคุมเพลี้ยไฟและโรคแอนแทรคโนสในไม้ผลเศรษฐกิจ, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ดนัย บุณยเกียรติ, 2545, คู่มือการจัดชั้นคุณภาพผัก, กองพัฒนาเกษตรที่สูง, สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Berry, J. and Bjorkman, O., 1980, Photosynthetic Response and Adaptation to Temperature to Higher Plants, Annal Review of Plant Physiology, 31: 491-543.

Buchaman, B.B., Gruissen, W. and Jone, R.L., 2000, Biochemistry and Molecular Biology of Plants, Courien Company, Inc., USA.

Deli, J. and Tiessen, H., 1969, Interaction of Temperature and Light Intensity on Flowering of Capsicum frutescens var. grossum cv. California Wonder, Journal of the American Society for Horticultural Science, 40: 493–497.

Glenn, D.M., Puterka, G.J., Drake, S.R., Unruh, T.R., Knight, L.A., Baherle, P., Prado, E. and Baugher, T.A., 2001, Particle Film Application Influences Apple Leaf Physiology, Fruit Yield and Fruit Quality, Journal of the American Society for Horticultural Science, 126: 175–181.

Jifon, J.H. and Syvertsen, J.P., 2003, Kaolin Particle Film Applications can Increase Photosynthesis and Water Use Efficiency of ‘Ruby Red’ Grapefruit Leaves, Journal of the American Society for Horticultural Science, 128: 107-112.

Resh, M.H., 1978, Hydroponics for Food Production, Woodbridge Press Publishing Company, California.

Russo, V.M. and Diaz-Perez, J.C., 2005, Kaolin-based Particle Film Has No Effect on Physiological Measurements, Disease Incidence of Yield in Peppers, Hortscience, 40(1): 98-101.

Stephen, P.L., Xin-Guang, Z., Shawana, L.N. and Donald, R.O., 2006, Can Improvement in Photosynthesis Increase Crop Yields?, Plant, cell and environment, 29: 315-330.

**Figure 1** Sweet pepper fruit grading following handbook of vegetable standard of grading

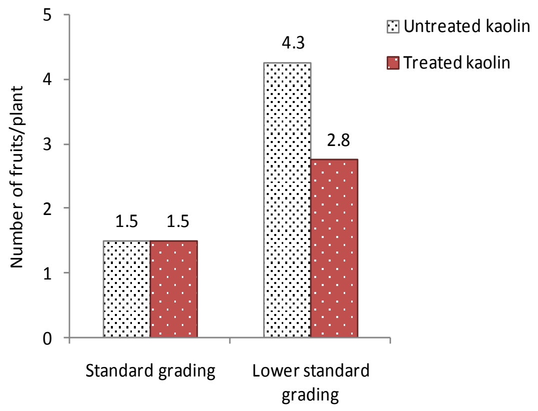



Figure 2 Effect of kaolin on number of fruit per plant of standard grading and lower standard grading of sweet pepper

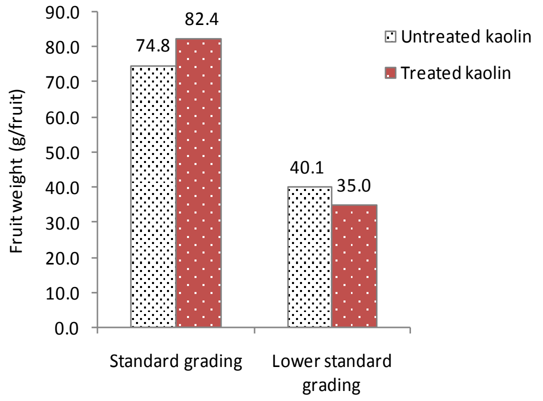



Figure 3 Effect of kaolin on fruit weight (g/fruit) of standard grading and lower standard grading of sweet pepper

Table 1 Photosynthetically active radiation and air temperature inside and outside net house during 10:00 to 12:30 on day to leaf gas exchange measurement

| Day to measurement | Photosynthetically active radiation ($\mu$mol·m$^{-2}$·s$^{-1}$) | | Air temperature (˚C) | |
|---|---|---|---|---|
| | inside | outside | inside | outside |
| June 5, 2014 (16 days of leaf age) | 433.94 | 1025.78 | 34.92 | 32.69 |
| June 19, 2014 (30 days of leaf age) | 498.00 | 1144.30 | 34.37 | 33.16 |

Table 2 Effect of kaolin on net photosynthesis, stomatal conductance, PSII efficiency and leaf temperature of sweet pepper leaf after spraying kaolin at 16 and 30 days of leaf age

| Treatment | Net photosynthesis ($\mu$mol $CO_2$·m$^{-2}$·s$^{-1}$) | | Stomatal conductance (mol $H_2O$·m$^{-2}$·s$^{-1}$) | | PSII efficiency (Fv/Fm) | | Leaf temperature (˚C) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 16 | 30 | 16 | 30 | 16 | 30 | 16 | 30 |
| Untreated kaolin | 16.42 | 12.20 | 0.60 | 0.21 | 0.80 | 0.79 | 33.58 | 35.40 |
| Treated Kaolin | 16.46 | 13.25 | 0.72 | 0.25 | 0.82 | 0.80 | 33.05 | 35.25 |
| *t*-test | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| C.V. (%) | 9.98 | 19.68 | 24.60 | 37.38 | 1.63 | 2.59 | 3.75 | 3.02 |

ns = nonsignificant at $P$ < 0.05 by $t$-test

# ผลของวัสดุปลูกดินผสมต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและรากของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

# Effect of Soil-based Growing Media on Shoot and Root Growth of Oil Palm Seedlings

ระวี เจียรวิภา[1] อนุธิดา ชูแก้ว[1] และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์[1]
Chiarawipa, R.[1], Chookaew, A.[1] and Eksomtramage, T.[1]

## Abstract

Soil based mixes are commonly used form of growing media for oil palm seedlings production. The objective of this study was to compare growth acceleration of oil palm seedlings (PSU. 1) during the nursery stage of the last 5-10 months. The seedlings were planted in rooting containers in four types of planting media followed with top soil (without additional compost), top soil+tea grounds (1:1), top soil+coffee grounds (1:1) and top soil+peat moss (1:1). Results showed that top soil + tea grounds significantly affected number of leaves, canopy diameter, and leaf area and biomass. In addition, the peat moss mixture had a positive effect on root length. However, all growth parameters of seedlings in the coffee grounds mixture were significantly lower compared to seedling grown in the other growing media. This study indicates that top soil + tea grounds can be a viable growing media for oil palm seedlings production.

**Keywords:** mini rhizotron, growth acceleration, planting medium, seedling production, nursery management

## บทคัดย่อ

ดินผสมเป็นวัสดุปลูกที่นิยมใช้สำหรับการอนุบาลต้นกล้าปาล์มน้ำมัน การศึกษานี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวัสดุปลูกดินผสมที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (ทรัพย์ ม.อ. 1) ได้ดีในช่วงอายุ 5-10 เดือน โดยทดลองในท่อสำหรับศึกษาระบบราก (rhizobox) ได้แก่ หน้าดิน (T1) หน้าดินร่วมกับกากชา (1:1) (T2) หน้าดินร่วมกับกากกาแฟ (1:1) (T3) และหน้าดินร่วมกับพีทมอส (1:1) (T4) ผลการทดลอง พบว่า การใช้วัสดุปลูกหน้าดินร่วมกับกากชาทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตทางลำต้นได้ดีที่สุด ทั้งความสูง จำนวนใบ ขนาดทรงพุ่ม และพื้นที่ใบ รวมถึงค่ามวลชีวภาพใน ใบ ลำต้น และราก ส่วนความยาวราก พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ใช้วัสดุปลูกหน้าดินร่วมกับพีทมอสสามารถกระตุ้นการเจริญของรากได้ดีที่สุด ขณะที่การใช้หน้าดินร่วมกับกากกาแฟทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันชะงักการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การใช้หน้าดินร่วมกับกากชาเป็นวัสดุปลูกอาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้ในการผลิตต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้

**คำสำคัญ:** มินิไรโซตรอน การกระตุ้นการเจริญเติบโต วัสดุปลูกพืช การผลิตต้นกล้า การจัดการโรงเรือน

## บทนำ

การปลูกสร้างสวนปาล์มน้ำมันนั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่จะมีผลต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตในอนาคต คือ คุณภาพของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน เพราะมีผลต่อผลผลิตและความคุ้มค่าในการปลูกสร้างสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งความไม่สมบูรณ์ของต้นกล้า อาจนำมาสู่ความมีชีวิตรอดต่ำหลังจากนำไปปลูกในสภาพสวนปาล์มน้ำมันได้ (สุรกิตติ, 2554) การผลิตต้นกล้าจึงเป็นวิธีที่นิยมใช้สำหรับการปลูกสร้างสวนปาล์มน้ำมัน ทำให้บางช่วงเวลาไม่เพียงพอต่อความต้องการและมีราคาแพงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สำหรับการปฏิบัติดูแลรักษาต้นกล้าปาล์มน้ำมันแบ่งได้ 2 ระยะ คือ ระยะอนุบาลแรก (pre-nursery) และระยะอนุบาลหลัก (main-nursery) และวางเลี้ยงจนกระทั่งต้นกล้าเจริญเติบโตเต็มที่เมื่ออายุ 8-12 เดือน จึงเหมาะสมสำหรับการย้ายไปปลูกในสภาพแปลง (Hertslet และ Duckett, 1983) ดังนั้น การอนุบาลต้นกล้าจึงจำเป็นต้องมีการใช้วัสดุปลูกที่สามารถอนุบาลต้นกล้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้ต้นกล้าที่มีความสมบูรณ์แข็งแรงและไม่มีการชะงักการเจริญเติบโตหรือตาย การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและราก โดยใช้วัสดุปลูกดินผสมที่สามารถร่นระยะเวลาในการการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันก่อนนำไปปลูกในสภาพแปลงต่อไป

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา
[1] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla

## อุปกรณ์และวิธีการ

ย้ายปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1 อายุ 4 เดือน ในท่อศึกษาระบบราก (rhizobox) ภายใต้สภาพโรงเรือนเพาะชำที่มีการพรางแสง 50% เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกล้าระหว่างวัสดุปลูกหน้าดิน (T1) หน้าดินร่วมกับกากชา (T2) หน้าดินร่วมกับกากกาแฟ (T3) และหน้าดินร่วมกับพีทมอส (T4) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวนทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ (1 ต้นต่อซ้ำ) สุ่มวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของหน้าดินและวัสดุอินทรีย์ ดูแลรักษาโดยให้ปุ๋ยเคมี (15-15-15) อัตรา 5 กรัม/ต้น/เดือน และให้น้ำทุก 2-3 วัน วัดการเจริญเติบโตเดือนละ 1 ครั้ง ในระยะต้นกล้าอายุ 5-10 เดือน ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบ และความกว้างทรงพุ่ม ส่วนความยาวราก วัดการเจริญเติบโตทุก 15 วัน ในระยะต้นกล้าอายุ 7-10 เดือน โดยใช้เทคนิคมินิไรโซตรอน (minirhizotron technique) บันทึกภาพถ่ายด้วยด้วยเครื่อง PSU Minirhizotron ร่วมกับการวิเคราะห์ภาพถ่ายดิจิตอล (image processing) เพื่อประเมินความยาวราก (ซม.) พร้อมทั้งบันทึกปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ที่ความยาวช่วงคลื่น 647 และ 664 น.ม. ด้วยเครื่อง UV spectrophotometer และสุ่มเก็บน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งหลังอายุต้นกล้าครบ 10 เดือน เพื่อเปรียบเทียบค่ามวลชีวภาพของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในส่วนต่างๆ ของต้น ได้แก่ ใบ ลำต้น และราก

## ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของหน้าดินและวัสดุปลูกอินทรีย์ ได้แก่ ความชื้น pH ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เฉพาะวัสดุปลูก)/ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (เฉพาะหน้าดิน) โพแทสเซียมทั้งหมด (เฉพาะวัสดุปลูก)/ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (เฉพาะหน้าดิน) พบว่า หน้าดินมีค่าเฉลี่ยความชื้น (16.42%) pH (4.75) ค่าการนำไฟฟ้า (65.60 µS/cm) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (0.05%) ต่ำว่ากว่าวัสดุปลูกอื่นๆ (Table 1) ส่วนการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (Figure 1) พบว่า การใช้หน้าดินร่วมกับกากชา (T2) เป็นวัสดุปลูกทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มเจริญเติบโตทางลำต้นได้ดีกว่า การใช้หน้าดินเพียงอย่างเดียว (T1) หรือร่วมกับวัสดุปลูกอื่นๆ อย่างชัดเจน โดยมีค่าสูงสุดในเดือนมกราคม 2558 ทั้งความสูง (127.33 ซม.) จำนวนทางใบ (11.33) และความกว้างทรงพุ่ม (100.67 ซม.) ทั้งนี้ การใช้หน้าดินร่วมกับกากกาแฟ (T3) ทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตช้าที่สุด ส่วนการใช้วัสดุปลูกหน้าดินเพียงอย่างเดียวและหน้าดินร่วมกับพีทมอส (T4) มีค่าการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ในส่วนของความยาวราก พบว่า มีการเจริญเติบโตดีที่สุดในหน้าดินร่วมกับพีทมอส (174.36 ซม.) โดยการใช้หน้าดินร่วมกับกากชาทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการเจริญของรากฝอยอย่างต่อเนื่อง ขณะเดียวกัน การใช้หน้าดินร่วมกับกากชายังมีค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งในส่วนของใบ (541.35 และ 182.33 กรัม) ลำต้น (341.33 และ 107.70 กรัม) และราก (243.69 และ 86.46 กรัม) ในต้นกล้าปาล์มน้ำมันสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกอื่นๆ (Figure 2) นอกจากนี้ จากการประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบ (38.13 มก.ต่อ ตร.ซม.) คลอโรฟิลล์ เอ (21.92 มก.ต่อ ตร.ซม.) และคลอโรฟิลล์ บี (16.14 มก.ต่อ ตร.ซม.) มีค่าสูงที่สุดในใบต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ปลูกในหน้าดินร่วมกับกากชา (Figure 3)

## วิจารณ์ผล

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและโพแทสเซียมทั้งหมดวิเคราะห์ในวัสดุปลูก มีค่าสูงใกล้เคียงกันในกากชาและกากกาแฟ ซึ่งหากประเมินในภาพรวมหน้าดินมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับวัสดุปลูกหรือปุ๋ยอินทรีย์ทั่วไป ซึ่งอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้การเจริญเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันแตกต่างกัน ทั้งนี้ ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่มีความสมบูรณ์ มักแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการในส่วนต่างๆ ของลำต้นได้ดี เช่น ขนาดใบ การเปลี่ยนลักษณะของใบ การสร้างใบใหม่ และความหนาแน่นของราก เป็นต้น (Hertslet และ Duckett, 1983) สำหรับชนิดวัสดุปลูกดินผสม พบว่า การใช้กากชาเป็นส่วนผสมส่งผลให้มีพัฒนาการและการเจริญเติบโตทางลำต้นดีที่สุด แสดงให้เห็นว่า กากชาซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากชุมชนที่นำมาทดแทนหน้าดินหรือวัสดุปลูกอื่นๆ ที่มีราคาสูงได้ ทั้งนี้ วัสดุปลูกอินทรีย์ เช่น กากชา กากกาแฟ หรือพีทมอส มักมีปริมาณไนโตรเจนสูงและช่วยให้ดินปลูกมีความร่วนซุยทำให้รากสามารถเจริญเติบโตได้ดี (Turhan และคณะ, 2007) อย่างไรก็ตาม กากกาแฟกลับส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันชะงักการเจริญเติบโตอย่างชัดเจน อาจเป็นเพราะกากกาแฟที่นำมาใช้ยังไม่ผ่านการหมักและมีการซึมผ่านของน้ำลดลง เช่นเดียวกับการเพิ่มสัดส่วนกากกาแฟทำให้การเจริญเติบโตในต้นกล้ามะเขือเทศลดลง (ปริยานุช และคณะ, 2557) หรือการใช้ดินผสมกับกากกาแฟ 45-60% ทำให้ต้นแพงพวยเลื้อยมีการเจริญเติบโตลดลงกว่าที่ระดับ 30% (ละอองดาว, 2558) ส่วนการใช้พีทมอสเป็นส่วนผสม พบว่า ทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตได้ดีกว่าการใช้หน้าดินเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับผลการทดลองในมะเขือเทศ (ชมพู่ และ

คณะ, 2551) ที่ทำให้มีการเจริญเติบโตและผลผลิตดีกว่าวัสดุปลูกอื่นๆ เช่น แกลบ หรือขุยมะพร้าว อย่างไรก็ตาม สำหรับการปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันนั้น พีทมอสที่มีคุณภาพดียังคงเป็นวัสดุปลูกที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงทำให้มีราคาสูง (ฐานันต์, 2556) ดังนั้น การใช้กากชาเป็นวัสดุปลูกร่วมกับหน้าดินอาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้ และยังเป็นการใช้วัสดุในท้องถิ่นเพื่อช่วยลดต้นทุนในด้านวัสดุเพาะกล้าปาล์มน้ำมันด้วย

## สรุปผล

การใช้หน้าดินร่วมกับกากชาเป็นวัสดุปลูกสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้ดีกว่าการใช้หน้าดินเป็นวัสดุปลูกเพียงอย่างเดียว แต่การใช้หน้าดินร่วมกับกากกาแฟเป็นวัสดุปลูกส่งผลเสียให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันชะงักการเจริญเติบโต

## คำขอบคุณ

ผลงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก โครงการสนับสนุนทุนนักวิจัยใหม่ (วท.) ประจำปี 2557 ฝ่ายนักเรียนทุนรัฐบาลกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน ระยะที่ 2 (Oil Palm Agronomical Research Center : Phase 2) คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนการผลิตบัณฑิตและการทำงานวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

ชมพู่ โทวรรณา ชานนท์ ลาภจิตร และสุชีลา เตชะวงค์เสถียร, 2551, ผลของวัสดุเพาะกล้าที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 39(3)(พิเศษ): 281-284.

ฐานันต์ จันทวงศ์, 2556, วัสดุปลูกกับการเกษตรในประชาคมอาเซียนม เอกสารประกอบการบรรยายพิเศษ ใน การประชุมทางวิชาการพืชศาสตร์ ครั้งที่ 1 คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 13-14 ส.ค. 2556 สงขลา.

ปริยานุช จุลกะ พิจิตรา แก้วสอน และปนัดดา จีนประสม, 2557, ผลของการใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของกากกาแฟต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45(2)(พิเศษ): 349-352.

ละอองดาว พวงแก้ว, 2558, ผลของวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของกากกาแฟต่อการเจริญเติบโตของแพงพวยเลื้อย, รายงานการฝึกภาคสนามพืชศาสตร์, ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรกิตติ ศรีกุล, 2554,. การจัดการแปลงเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมัน, หน้า 11-27, ใน เอกสารประกอบการอบรม เทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันแบบครบวงจร, 10-26 มกราคม 2554 ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานีสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร สุราษฎร์ธานี.

Hertslet, L.R. and Duckett, J.E., 1983, Oil Palm Nurseries, Casual papers on Oil Palm, The incorporated Society of Planters, Malaysia.

Turhan, H., Kahriman, F., Egesel, C.O. and Gul, M.K., 2007, The Effects of Different Growing Media on Flowering and Corm Formation of Saffron (*Crocus sativus* L.), African Journal of Biotechnology, 6(20): 2328-2332.

**Table 1** Chemical and physical properties of growing media for oil palm seedlings.

| Growing mediums | Moisture (%) | pH | Ec (μS/cm) | Total N (%) | P | K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| top soil (T1) | 16.42 | 4.75 | 65.6 | 0.05 | 5.48[1/] | 43.94[3/] |
| top soil + tea grounds (T2) | 25.85 | 6.10 | 1,650 | 2.24 | 0.18[2/] | 0.73[4/] |
| top soil + coffee grounds (T3) | 23.52 | 5.90 | 1,815 | 2.19 | 0.15[2/] | 0.71[4/] |
| top soil + peat moss (T4) | 25.28 | 5.51 | 1,529 | 1.00 | 0.10[2/] | 0.33[4/] |

[1/]Available P (mg/kg), [2/]Total P (%), [3/]Available K (mg/kg) and [4/] Total K (%)

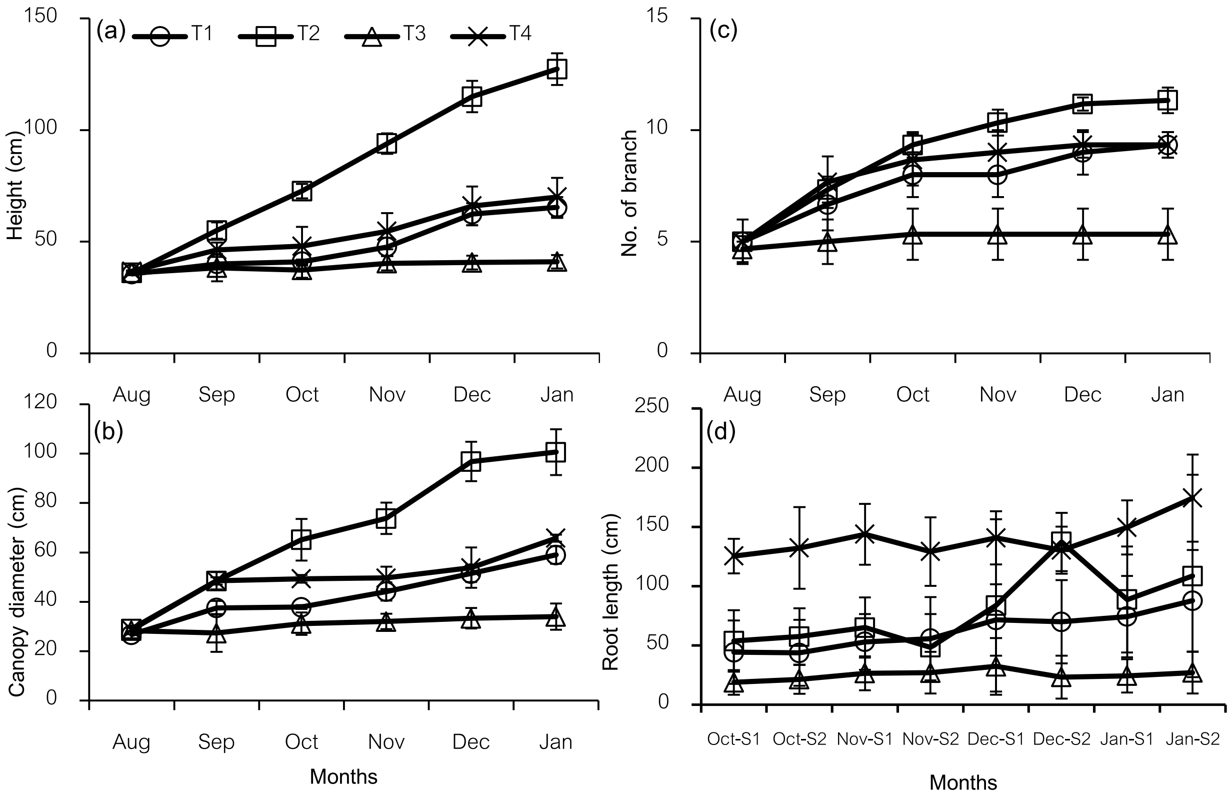



**Figure 1** Changes in height (a) canopy diameter (b) number of branch (c) and root length (d) of oil palm seedlings in top soil (T1), top soil + tea grounds (T2), top soil + coffee grounds (T3) and top soil + peat moss (T4) at different growth stages (5-10 months).

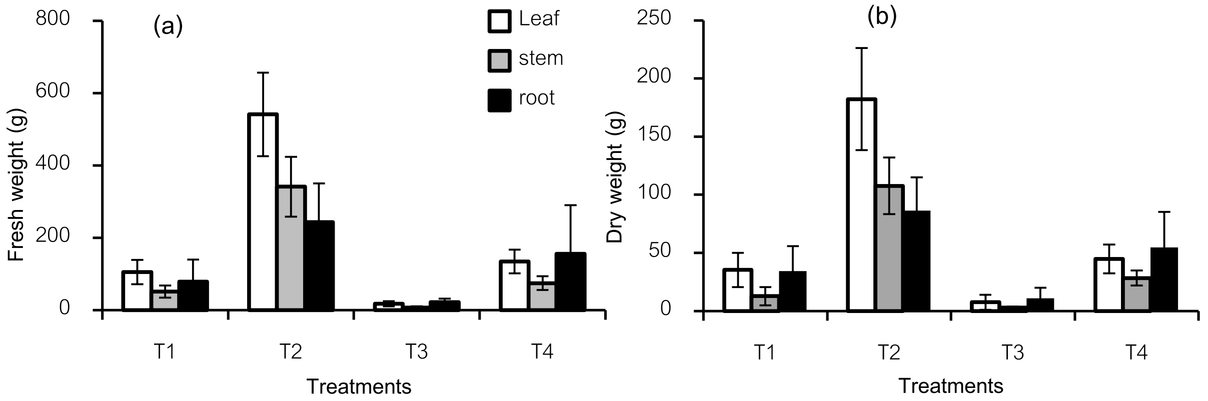



**Figure 2** Fresh weight (a) and dry weight (b) allocation in oil palm seedlings grown in top soil (T1), top soil + tea grounds (T2), top soil + coffee grounds (T3) and top soil + peat moss (T4).

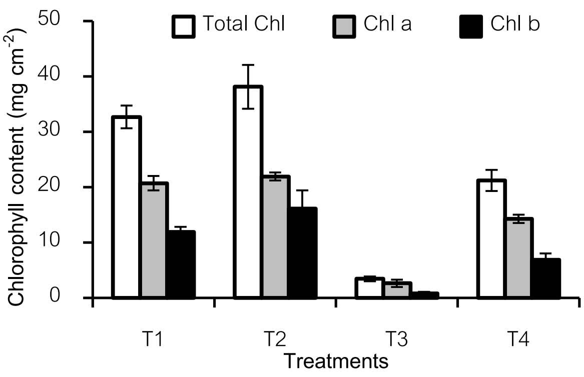



**Figure 3** Leaf chlorophyll content (total chlorophyll, chlorophyll a and chlorophyll b) in top soil (T1), top soil + tea grounds (T2), top soil + coffee grounds (T3) and top soil + peat moss (T4) of oil palm leaves .

# การยอมรับต่อระบบการจัดการคุณภาพข้าว(GAP) ของเกษตรกรในอำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง

## Farmer's Adoption on Quality Management System of Rice (GAP) In Wiset Chai Chan District, Angthong Province

**ณัฐวุฒิ จั่นทอง[1] และ พหล ศักดิ์คะทัศน์[2]**

Janthong, N.[1] and Sakkatat, P.[2]

### Abstract

This research was aimed to study the farmer's adoption of quality management system of rice (GAP) in Wiset-Chai-Chan district, Angthong province. The data was obtained from 305 farmers by means of interviewing. Results revealed that the majority of farmers were male (66.2%). Their average age was 53.8 years, 68.9% were High school educated, and 93.5% were married. The average income from rice farming was 154,520.50 baht/year with an average farmable area of 20.2 rais of their own lands. The average lnumber of laborors per farm and rice growing experience was 2.5 persons, and 21.1 years, respectively. All farmers are members of agricultural agencies and 58.6% were trained twice a year. Most farmers have contacted officers to receive GAP news twice a year (93.7%). Moreover, adoption of improvement of quality management system of GAP rice was recognized at a high level (average at 4.90) and the main problems were from uncleaned harvesting machines which were contaminated with other rice species.

**Keywords:** adoption, quality management system, rice, Wiset-Chai-Chan district

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับต่อระบบการจัดการคุณภาพข้าว (GAP) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าว (GAP) ในอำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 305 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า 1)เกษตรกรเป็นเพศชาย (ร้อยละ 66.2) มีอายุเฉลี่ย 53.8 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 68.9) มีสถานภาพสมรส (ร้อยละ 93.5) มีรายได้จากการปลูกข้าวเฉลี่ย 154,520.50 บาท/ปี มีพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 20.2 ไร่ ลักษณะการถือครองที่ดินเป็นของตนเอง มีแรงงานเฉลี่ย 2.5 คน มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 21.1 ปี ทุกคนเป็นสมาชิกกลุ่มสถาบันทางการเกษตร เกษตรกรเคยได้รับการฝึกอบรมเฉลี่ย 2 ครั้ง/ปี (ร้อยละ 58.6) มีติดต่อกับเจ้าหน้าที่ 2 ครั้ง/ปี (ร้อยละ 93.7) และได้รับข่าวสารเกี่ยวกับGAP จากการฝึกอบรมและเจ้าหน้าที่ สำหรับการยอมรับต่อระบบการจัดการคุณภาพข้าว (GAP) อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.90) ส่วนปัญหาที่พบ คือ การไม่ทำความสะอาดเครื่องเกี่ยวและนวดข้าว ทำให้มีข้าวพันธุ์อื่นปนมา

**คำสำคัญ**: การยอมรับ ระบบการจัดการคุณภาพ ข้าว อำเภอวิเศษชัยชาญ

### คำนำ

จี เอ พี (GAP) หรือการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP) เป็นแนวทางในการเพาะปลูกที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจากกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร เกษตรกร รวมถึงหน่วยงานภาครัฐ และองค์กรสาธารณประโยชน์ เพื่อจัดการการเพาะปลูกตั้งแต่การเตรียมพันธุ์ การปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว และการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว โดยมีเป้าหมายให้ผลผลิตได้มาตรฐานความปลอดภัยสำหรับตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ รวมถึงให้ผู้ผลิตสามารถ ใช้สารเคมีที่ถูกชนิดได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย และลดการทำลายสิ่งแวดล้อม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) สำหรับเกษตรกรผู้ที่จะเข้าร่วมโครงการการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ต้องทำตามข้อกำหนด เกณฑ์ที่กำหนด และวิธีการตรวจประเมินที่กำหนดไว้ โดยหน่วยงานของรัฐ ดังต่อไปนี้ ด้านพื้นที่ปลูก, ด้านแหล่งน้ำ, การใช้วัตถุอันตรายทาง

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Plant Production Technology Program, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University 13000, Thailand

[2] สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรชนบท คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2] Rural Development Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University 50290, Thailand

การเกษตร, ด้านการขนย้าย การเก็บรักษา และการรวบรวมผลผลิต, ด้านการบันทึกข้อมูลและการจัดเก็บข้อมูล, ด้านการจัดคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว และด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว ทุกข้อที่กล่าวมาต้องได้รับการตรวจสอบจากภาครัฐก่อนจึงสามารถเข้าร่วมการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2557) จังหวัดอ่างทองเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่หน่วยงานภาครัฐมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกข้าวปลอดสารพิษเป็นสินค้าส่งออกจำนวนมาก มีพื้นที่ปลูกในอำเภอวิเศษชัยชาญ อำเภอสามโก้ และอำเภอโพธิ์ทอง และมีอีกหลายอำเภอที่กำลังเข้าร่วม (สำนักงานเกษตรจังหวัดอ่างทอง, 2557) พื้นที่อำเภอวิเศษชัยชาญ มีเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสมจำนวนไม่มากนักเมื่อเทียบกับจำนวนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวทั้งหมดในอำเภอ อาจเป็นเพราะเกษตรกรยังไม่เข้าใจถึงขั้นตอนการปฏิบัติตามข้อกำหนดต่าง ๆ ที่หน่วยงานของรัฐกำหนดไว้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการยอมรับต่อระบบการจัดการคุณภาพข้าว(GAP) ของเกษตรกรในอำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง เพื่อใช้ผลที่ได้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการปลูกข้าว(GAP) ในพื้นที่อำเภอวิเศษชัยชาญ และพื้นที่อื่น ๆ ในประเทศ หรือผลผลิตผลทางการเกษตร (GAP) ชนิดอื่นๆ ต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสัมภาษณ์ ประกอบไปด้วย คำถามเป็นปลายเปิด (open-ended questions) และคำถามแบบปิด (close-ended questions) โดยแบ่งแบบทดสอบเป็น 3 ตอนดังนี้ ตอนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคม ตอนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับการยอมรับต่อระบบการจัดการคุณภาพข้าว(GAP) ตอนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับปัญหาเกี่ยวกับการผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพข้าว โดยแต่ละข้อของตอนที่ 2 และ 3 มีคำตอบให้เลือก 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด (พวงรัตน์, 2536) ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์เกษตรกรในปี พ.ศ. 2557-2558 จำนวน 305 ราย วิเคราะห์โดยใช้สถิติพรรณนา (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าสูงสุด-ต่ำสุด (Maximum-Minimum)

## ผลการทดลอง

ปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคม ของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 66.2) มีอายุเฉลี่ย 53.8 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษาภาคบังคับ(ร้อยละ 68.9) มีสถานภาพสมรส(ร้อยละ 93.5) มีรายได้จากการปลูกข้าวเฉลี่ย 154,520.50 บาท/ปี มีพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 20.2 ไร่ ลักษณะการถือครองที่ดีเป็นของตนเอง มีแรงงานเฉลี่ย 2.5 คน มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 21.1 ปี ทั้งหมดเป็นสมาชิกกลุ่มสถาบันทางการเกษตร เกษตรกรเคยได้รับการฝึกอบรมในรอบปีที่ผ่านมาเฉลี่ย 2 ครั้ง (ร้อยละ 58.6) เกษตรกรส่วนใหญ่เคยติดต่อกับเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชนเฉลี่ย 2 ครั้ง/ปี (ร้อยละ 93.7) และได้รับข่าวสารเกี่ยวกับข้าว(GAP) จากการฝึกอบรม(ร้อยละ 99.6) รองลงมาคือ เจ้าหน้าที่ของรัฐ (ร้อยละ 98.2) จากเพื่อนบ้าน (ร้อยละ 94.6) จากผู้นำชุมชน(ร้อยละ 89.8) และจากป้ายประชาสัมพันธ์ (ร้อยละ 80.7) การยอมรับต่อระบบการจัดการคุณภาพข้าว(GAP) พบว่า มีการยอมรับรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.90) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.96) รองลงมาคือ ด้านพื้นที่ปลูก, ด้านแหล่งน้ำ, ด้านการขนย้าย การเก็บรักษาและการรวบรวมผลผลิต, ด้านการบันทึกข้อมูลและการจัดเก็บข้อมูล, ด้านการจัดคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว และด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (ที่ค่าเฉลี่ย 4.95, 4.94, 4.90, 4.87, 4.85 และ4.82 ตามลำดับ) (Table 1) ปัญหาเกี่ยวกับการผลิตตามระบบการจัดการคุณภาพข้าว ได้แก่ เครื่องเกี่ยวนวดเคยใช้เกี่ยวข้าวพันธุ์อื่นมาก่อน มีปัญหามากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 2.55) และปัญหารองลงมาคือ การทำความสะอาดเครื่องเกี่ยวนวดและนวดก่อนใช้งาน (ค่าเฉลี่ย 2.20) เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าเครื่องเกี่ยวนวดเคยใช้เกี่ยวข้าวพันธุ์อื่นมาก่อนมาก่อนหรือไม่ และได้ทำความสะอาดมาก่อนหรือยัง ส่วนปัญหาอื่นๆ พบน้อยถึงไม่พบเลย ในด้านข้อเสนอแนะอื่นๆ เกษตรกรได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ควรมีการจัดสรรน้ำในการทำการเกษตรกรให้เท่ากัน เนื่องจากเกษตรกรที่อยู่ต้นน้ำจะสูบน้ำเก็บกักไว้ ทำให้เกษตรกรที่อยู่ปลายน้ำมีน้ำไม่พอทำการเกษตร และอยากให้เจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเข้ามาพบปะเกษตรกรที่ไร่นาบ่อยๆ เพราะเกษตรกรจะได้มั่นใจว่าได้รับความสนใจจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและไม่ถูกทอดทิ้งตามที่เกษตรกรคิด

Table 1 Adoption on quality management system of rice (GAP)

| Adoption | $\bar{x}$ | SD | Level |
|---|---|---|---|
| 1. Water source | 4.94 | 0.10 | High |
| 2. Planting area | 4.95 | 0.09 | High |
| 3. The use of hazardous substances in agriculture | 4.96 | 0.16 | High |
| 4. Quality management system before harvest | 4.85 | 0.14 | High |
| 5. Postharvest and postharvest management | 4.82 | 0.15 | High |
| 6. Transportation, Storage and collection of products | 4.90 | 0.10 | High |
| 7. Recording and collection | 4.87 | 0.15 | High |
| Total | 4.90 | 0.04 | High |

## วิจารณ์ผล

จากการศึกษาการยอมรับต่อระบบการจัดการคุณภาพข้าว (GAP) ของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีการยอมรับโดยรวมเฉลี่ย อยู่ในระดับมาก(ค่าเฉลี่ย 4.90)(Table 1) เพราะว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความเข้าใจข้อกำหนดเกี่ยวกับระบบการจัดการคุณภาพข้าว(GAP) เป็นอย่างดี เนื่องจากได้รับการอบรมจากเจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และต้องได้รับการตรวจประเมินแปลงนาก่อนเข้าร่วมปลูกข้าว(GAP) ซึ่งเป็นข้าวที่ปลอดสารเคมีและมีความปลอดภัย เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อกำหนด พบว่า

ข้อกำหนดที่ 1 แหล่งน้ำ มีการยอมรับอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.94) (Table 1) เนื่องจาก เกษตรกรทราบว่าต้องใช้น้ำที่ปลอดภัยจากสารเคมีเจือปน และต้องเป็นน้ำที่ไม่ไหลผ่านชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม แหล่งที่เลี้ยงสัตว์ หรือแหล่งทำการเกษตรที่ใช้สารเคมีจำนวนมาก เพราะจะเกิดผลกระทบต่อระบบการปลูกข้าว และอาจเกิดการดูดซึมสะสมสารพิษไปสะสมในต้นข้าว ทำให้ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค

ข้อกำหนดที่ 2 พื้นที่ปลูก มีการยอมรับอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.95) (Table 1) เนื่องจาก เกษตรกรทราบว่าต้องปลูกข้าวในแหล่งที่ปลอดภัยจากสารพิษ และต้องไม่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม ที่ทิ้งขยะ ที่ทิ้งสารเคมี หรือพื้นที่ที่เคยใช้สารเคมีจำนวนมากมาก่อน เพราะสารเคมีที่สะสมอยู่ในพื้นที่ปลูกข้าวอาจส่งผลทบต่อการเจริญเติบโตและอาจมีสารเคมีสะสมอยู่ในเมล็ดข้าวทำให้มีอันตรายต่อผู้บริโภค

ข้อกำหนดที่ 3 การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร มีการยอมรับอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.96) (Table 1) เนื่องจาก การทำการเกษตรแบบใช้สารเคมีที่ไม่ถูกวิธีจะมีอันตรายต่อผู้บริโภคโดยตรง ซึ่งเกษตรกรต้องไม่ใช้สารเคมีที่ไม่ได้ขึ้นทะเบียนอย่างถูกต้องตามกฎหมายในการกำจัดศัตรูพืช ไม่ใช้สารเคมีที่ประกาศห้ามใช้ในการกำจัดศัตรูพืช ไม่ใช้สารเคมีที่ไม่เหมาะสมกับชนิดพืชและศัตรูพืช ไม่ใช้สารเคมีในอัตราที่นอกเหนือจากคำแนะนำในฉลาก ไม่ใช้สารเคมีที่ประเทศผู้นำเข้าห้ามใช้ในการกำจัดศัตรูพืชของพืชที่จะส่งออก ไม่พ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในช่วงใกล้เก็บเกี่ยวผลผลิต และสถานที่เก็บสารเคมีไม่อยู่ใกล้แหล่งน้ำ ก่อนใช้สารเคมีอ่านฉลากก่อน สถานที่เก็บสารเคมีมีหลังคากันแดดและฝนภาชนะบรรจุสารเคมีมีการติดฉลากหรือป้าย

ข้อกำหนดที่ 4 การจัดคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว มีการยอมรับอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.85) (Table 1) เนื่องจาก เกษตรกรทราบว่าหากมีการจัดการหรือวางแผนที่ดีก่อนการเก็บเกี่ยวแล้ว จะทำให้ผลผลิตที่ได้มาคุ้มค่ากับการลงทุน และมีอัตราเสี่ยงต่อการขาดทุนต่ำลง เพราะเกษตรกรต้องใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ มีการเตรียมดิน มีการทิ้งช่วงระหว่างไถดะกับไถแปรนาน 7-15 วัน เพื่อกำจัดข้าวเรื้อ ต้องไม่พบโรคและแมลงที่สำคัญมากกว่า 10% ระบาดในนาข้าว ต้องมีการตรวจว่ามีข้าวพันธุ์อื่นปนหรือมีการระบาดของข้าวแดงหรือไม่ และการจัดเก็บผลผลิตต้องแยกตามพันธุ์

ข้อกำหนดที่ 5 การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว มีการยอมรับอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.82) (Table 1) เนื่องจาก การเก็บเกี่ยวในวันและเวลาที่เหมาะสมจะทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพตามที่ต้องการของตลาดและทำให้ข้าวมีราคาดี ซึ่งเกษตรกรต้องมีการจดบันทึกวันข้าวออกดอก 80% มีการระบายน้ำออกจากแปลงก่อนเก็บเกี่ยว 7-10 วัน มีการประเมินก่อนเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยวผลผลิตโดยคำนึงถึงความสุกแก่ของผลผลิตและคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่อาจทำให้ผลผลิสูญเสียคุณภาพ เครื่องเกี่ยวนวดเคยไม่ใช้เกี่ยวข้าวพันธุ์อื่นมาก่อนและทำความสะอาดเครื่องเกี่ยวนวด/เครื่องนวดก่อนใช้งาน มีการทำความสะอาดอุปกรณ์หรือภาชนะที่ใช้บรรจุผลิตผลหลังจากเก็บเกี่ยว มีการลดความชื้นภายใน 24

ชั่วโมง ไม่ตากฟ่อนข้าวมากกว่า 3 แดดและใช้วัสดุรองพื้นในการตากข้าว

ข้อกำหนดที่ 6 การขนย้าย การเก็บรักษา และการรวบรวมผลผลิต มีการยอมรับอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.90) (Table 1) เนื่องจาก เป็นขั้นตอนในการดูแลรักษาข้าวหลังการเก็บเกี่ยว เกษตรกรได้ให้ความสำคัญในข้อกำหนดนี้ เพราะจะทำให้ผลผลิตสะอาด ปลอดภัย และเป็นสินค้าที่มีคุณภาพดี ซึ่งไม่มีอันตรายต่อผู้บริโภค โดยที่เกษตรกรต้องดูแลในเรื่องการขนย้าย มีการทำความสะอาดอุปกรณ์และภาชนะบรรจุผลิตผลในการขนย้าย พาหนะในการขนย้ายต้องสะอาดและมีวัสดุป้องกันแดดและฝน ส่วนสถานที่เก็บรักษาต้องสะอาด ไม่รกรุงรัง และเป็นสัดส่วน มีการถ่ายเทของอากาศที่เหมาะสม และสามารถป้องกันสัตว์และแมลงรบกวนได้ มีการเก็บแยกตามพันธุ์ข้าวเป็นสัดส่วน ในส่วนการรวบรวมผลผลิต ภาชนะบรรจุผลิตผลสำหรับเก็บรักษาสะอาด ปลอดภัย มีป้ายหรือเครื่องหมายแสดงให้ทราบ

ข้อกำหนดที่ 7 การบันทึกข้อมูลและการจัดเก็บข้อมูล มีการยอมรับอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.87) (Table 1) เนื่องจาก การจดบันทึกข้อมูลจะทำให้เกษตรกรสามารถจำรายละเอียดต่างๆ ที่ทำไปแล้วได้ ตั้งแต่วันเริ่มปลูกจนถึงวันเก็บเกี่ยวและวันที่จำหน่ายข้าวออกไป โดยเกษตรกรมีการจดบันทึกตั้งแต่เรื่อง พันธุ์ข้าว แหล่งน้ำ กำหนดการใส่ปุ๋ยบำรุง โรคและแมลงศัตรูพืชที่พบ การใช้สารเคมี และข้อมูลการใช้สารเคมีในแปลงปลูก ฯลฯ

## สรุปผล

เกษตรกรในอำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง ส่วนใหญ่มีการยอมรับต่อระบบการจัดการคุณภาพข้าว (GAP) ในระดับที่มาก เนื่องจากการปลูกข้าวปลอดสารพิษหรือระบบการทำการเกษตรที่ดี (GAP) เกษตรกรต้องปฏิบัติข้อกำหนดต่างๆ ที่หน่วยงานของรัฐกำหนดขึ้นมาเพื่อให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพ ปราศจากสารพิษเจือปน และเพื่อให้เป็นไปในแนวทางเดียวกันทั้งประเทศ เกษตรกรต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดดังนี้ ใช้น้ำจากแหล่งน้ำสะอาดปลอดภัย พื้นที่เพาะปลูกไม่มีสารเคมีเจือปน ไม่มีการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร มีการจัดคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว มีการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลักการเก็บเกี่ยว มีการขนย้าย การเก็บรักษา และการรวบรวมผลผลิต และมีการบันทึกข้อมูลและการจัดเก็บข้อมูล เกษตรกรที่สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดได้ ผลผลิตที่ได้ออกมาเป็นผลผลิตที่มีคุณภาพ เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ ส่งผลทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้นและมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ในด้านปัญหา ได้แก่ เครื่องเกี่ยวนวดเคยใช้เกี่ยวข้าวพันธุ์อื่นมาก่อน และการทำความสะอาดเครื่องเกี่ยวนวด/เครื่องนวด ก่อนใช้งาน เกษตรกรต้องมีข้อบังคับให้ผู้รับเหมาเกี่ยวข้าว มีการทำความสะอาดเครื่องมือที่ใช้ในเก็บเกี่ยวก่อนใช้งาน เพื่อผลผลิตที่ได้มามีคุณภาพตรงตามข้อกำหนด และไม่มีสิ่งแปลกปลอมเจือปน

## เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557, การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี [สืบค้น], http://www.phtnet.org/ view-news.asp?nID=308 [10/ March/ 15].

กรมวิชาการเกษตร, 2557, เทคโนโลยีการผลิตข้าวตามระบบ GAP [สืบค้น], http://dric.ricethailand.go.th/index.php/2013 [20/ December/ 14].

พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2536, วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ : ฟิงเกอร์ปริ้นแอนด์ มีเดีย.

สำนักงานเกษตรจังหวัดอ่างทอง, 2557, ผลผลิต GAP [สืบค้น], http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=freshfarm&3 [15/ January/ 15].

# การเตรียมกากส้มจี๊ดผงและการประยุกต์ใช้ในอาหาร

# Preparation of Kumquat Residue Powder and Its Application in Food

สิริมา ชินสาร[1] สุพัตรา บริบูรณ์[1] และ ปาริชาติ ทรงพระ[1]

Chinnasarn, S.[1], Boriboon, S.[1] and Songpra, P.[1]

## Abstract

This research has prepared kumquat residue powder and applied in fried food. Initially, salt concentration (3 and 5%) and soaking time (1, 3 and 5 minutes at boiling temperature of salt solution) on limonin content was investigated. Soaking in 5% salt solution for 5 minutes reduced the amount of limonin by 50% compared to control. Secondly, the effect of drying temperature (60, 70 and 80°C) on properties of kumquat residue powder was studied. Results showed that the powder dried at 60°C had the lowest oil holding capacity ($p \leq 0.05$), and contained 84.25 g/100 g total dietary fiber. Then, the powder was added to donut mixture at 2, 4 and 6% (all ingredients basis). Results showed that 4% powder added to the sample reduced oil absorption by 18.16% as compared to the control. Moisture content and springiness value of this product was similar to the control.

**Keywords**: kumquat residue, dietary fiber, oil absorption

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมกากส้มจี๊ดผงและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารทอด ขั้นแรก ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเกลือ (3 และ 5%) และเวลาในการแช่กากส้มจี๊ด (1 3 และ 5 นาที) ที่อุณหภูมิสารละลายเดือดต่อปริมาณลิโมนิน พบว่า การแช่สารละลายเกลือความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดปริมาณลิโมนินได้มากที่สุดถึง 50% เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ขั้นที่สอง ศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้ง (60 70 และ 80 องศาเซลเซียส) ต่อสมบัติของกากส้มจี๊ดผง พบว่า การอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส ทำให้กากส้มจี๊ดผงมีการอุ้มน้ำมันต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยกากส้มจี๊ดผงที่ได้มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด 84.25 กรัม/100 กรัม และเมื่อนำมาเป็นส่วนผสมในโดนัทปริมาณ 2 4 และ 8% ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด พบว่า การเติมกากส้มจี๊ดผง 4% สามารถลดการดูดซับน้ำมันในโดนัทลงได้ถึง 18.16% เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงมีปริมาณความชื้นและความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม

**คำสำคัญ**: กากส้มจี๊ด ใยอาหาร การดูดซับน้ำมัน

## คำนำ

ส้มจี๊ดเป็นพืชท้องถิ่นที่ชาวบ้านปลูกไว้สำหรับใช้น้ำคั้นจากผลส้มจี๊ดแทนน้ำมะนาวในการทำผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ จึงมีส่วนของเปลือกและกากส้มเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก เปลือกของพืชตระกูลส้มนั้นเป็นแหล่งที่ดีของใยอาหาร และยังมีสีและกลิ่นซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่เป็นจุดเด่นที่จะสามารถนำไปผลิตเป็นอาหารได้หลายชนิด จากการสืบค้นข้อมูลยังไม่พบการรายงานเกี่ยวกับปริมาณใยอาหารในกากส้มจี๊ด แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ปริมาณใยอาหารในพืชตระกูลส้มนั้นมีปริมาณสูง เช่น สำหรับเปลือกส้มเขียวหวานมีปริมาณถึง 52 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง หรือ สำหรับกากมะนาวก็มีปริมาณสูงถึง 77 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง (นิธิมา, 2546; ไพลิน, 2549) จึงเป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ว่าในกากส้มจี๊ดจะมีปริมาณใยอาหารสูงเช่นกัน งานวิจัยนี้จึงสนใจนำกากส้มจี๊ดที่เหลือจากการคั้นน้ำมาแปรรูปเป็นกากส้มจี๊ดผง และการนำไปใช้ประโยชน์ในทางอาหาร โดยการเติมกากส้มจี๊ดผงในส่วนผสมของโดนัท เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณใยอาหารให้กับโดนัท และทดสอบความสามารถในการช่วยลดการดูดซับน้ำมันซึ่งเป็นสมบัติอย่างหนึ่งของใยอาหารอีกด้วย

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131.

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลส้มจี๊ดมาผ่าครึ่งผล แคะเมล็ด และบีบเอาน้ำออกด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบใช้มือกด จากนั้นศึกษาความเข้มข้นของสารละลายเกลือและเวลาที่มีผลต่อปริมาณลิโมนินในกากส้มจี๊ด โดยนำกากส้มจี๊ด 100 กรัม แช่ในสารละลายเกลือความเข้มข้น 3 และ 5% เป็นเวลา 1 3 และ 5 นาที ที่อุณหภูมิสารละลายเดือด ล้างด้วยน้ำกลั่น พักให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรง แล้ววิเคราะห์ปริมาณลิโมนิน (วรรณี, 2545) เลือกตัวอย่างที่มีปริมาณลิโมนินต่ำที่สุดสำหรับการทดลองขั้นต่อไป

ศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งต่อสมบัติของกากส้มจี๊ดผง โดยนำกากส้มจี๊ดที่ผ่านการลดความขมแล้วมาหั่นให้มีขนาดเล็กลงและนำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น จากนั้นทำการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน โดยแปรอุณหภูมิในการอบแห้งเป็น 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส จนกากส้มมีความชื้น 5% แล้วจึงนำกากส้มจี๊ดมาบดด้วยเครื่องบดของแห้งอีกครั้ง นำผงส้มจี๊ดไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 เมช ได้เป็นกากส้มจี๊ดผง นำไปวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ การอุ้มน้ำมัน (Ang, 1990) และค่าสี ในระบบ L*, a* และ b* (ค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลือง) เลือกกากส้มจี๊ดผงที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันต่ำที่สุดมาวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2005)

ศึกษาผลของกากส้มจี๊ดผงต่อการลดการดูดซับน้ำมันในโดนัท โดยแปรปริมาณกากส้มจี๊ดผงเป็น 0 (ตัวอย่างควบคุม) 2 4 และ 6 % ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด โดนัทสูตรพื้นฐานประกอบด้วย แป้งขนมปัง แป้งเค้ก น้ำตาล เกลือ นมผง ผงฟู ยีสต์ผง ไข่ไก่ เนยขาว และน้ำ ร้อยละ 62.5 37.5 6.2 1.5 6.2 1.5 2.0 12.5 18.5 และ 50.0 ตามลำดับ ทอดโดนัทแบบน้ำมันท่วม อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน ความชื้น (AOAC., 2005) และความยืดหยุ่น ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส TA-XT2 ใช้หัววัด P/35 (35 mm diameter cylinder probe)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายเกลือและเวลาที่มีผลต่อปริมาณลิโมนินในกากส้มจี๊ด (Table 1) พบว่า เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายเกลือสูงขึ้นและเวลาในการแช่สารละลายนานขึ้นทำให้ปริมาณลิโมนินลดลง โดยกากส้มจี๊ดที่แช่ในสารละลายเกลือความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณลิโมนินต่ำที่สุด คือ 0.52 ไมโครกรัม/ 1 กรัมตัวอย่างแห้ง ซึ่งสารลิโมนินนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดรสขมของเปลือกส้มจี๊ด แต่เมื่อแช่กากส้มจี๊ดลงในสารละลายเกลือจะทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารของน้ำในกากส้มออกมายังสารละลายเกลือภายนอก ซึ่งทำให้สาร Limonate A-ring lactone ซึ่งเป็น precursor ของลิโมนิน รวมทั้งลิโมนินเกิดการแพร่ออกมาพร้อมๆ กับน้ำ จึงทำให้ปริมาณลิโมนินในกากส้มลดลงส่งผลให้รสขมของกากส้มลดลงด้วย จากผลการทดลองสามารถเลือกวิธีการลดความขมด้วยการแช่กากส้มจี๊ดในสารละลายเกลือ 5% เป็นเวลา 5 นาที สำหรับใช้เป็นวิธีการเตรียมกากส้มในการทดลองขั้นต่อไป

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อสมบัติของกากส้มจี๊ดผง (Table 2) พบว่า ค่าการอุ้มน้ำของใยอาหารผงจากกากส้มจี๊ดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนค่าการอุ้มน้ำมันของใยอาหารผงจากกากส้มจี๊ด พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีค่าการอุ้มน้ำมันน้อยที่สุด และปริมาณการอุ้มน้ำมันจะเพิ่มมากขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้อบ เนื่องจากการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงจะทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์เกิดการเสียหายส่งผลให้สามารถอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันสูงขึ้น (Gould et al., 1989) และเมื่อพิจารณาค่าสี พบว่า เมื่อทำการอบแห้งกากส้มจี๊ดที่อุณหภูมิ 60°C ค่าความสว่างของกากส้มจี๊ดผงมีค่ามากที่สุด ส่วนค่าสีแดง และค่าสีเหลืองมีค่าน้อยที่สุด เพราะอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งมีผลโดยตรงต่อค่าสีของวัตถุดิบ เนื่องจากในเปลือกส้มมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย เมื่อโดนความร้อนในการอบที่ค่อนข้างสูงและเวลาในการอบที่นานขึ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลกับผลิตภัณฑ์ จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น จากผลการทดลองจึงเลือกกากส้มจี๊ดผงที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C สำหรับการทดลองในขั้นต่อไป เพราะมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันน้อยจึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นสารช่วยลดการดูดซับน้ำมันในโดนัท และยังมีสีอ่อนที่สุด (ค่า L* สูง และค่า a* และ b* ต่ำ) จึงสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ง่าย โดยจะไม่ส่งผลในด้านสีมากนัก โดยกากส้มจี๊ดผงที่คัดเลือกได้มีปริมาณ ใยอาหารทั้งหมด 84.25 กรัมต่อ 100 กรัม แบ่งเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำ 35.76 กรัมต่อ 100 กรัม และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 48.49 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำนี้มีองค์ประกอบสำคัญเป็นพวกเซลลูโลสที่มีสมบัติในการดูดซับน้ำและเกิดการพองตัวจึงน่าจะสามารถช่วยในการลดการดูดซับน้ำมันของอาหารในระหว่างการทอดได้ (ลักษณา, 2543)

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำมันของโดนัทที่เติมกากส้มจี๊ดผงในปริมาณ 2 4 และ 6% เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (Table 3) พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณน้ำมันสูงที่สุด แต่เมื่อมีการเติมกากส้มจี๊ดผงทำให้การดูดซับน้ำมันของโดนัท

ลดลง เนื่องจากใยอาหารในกากส้มจี๊ดผงมีองค์ประกอบหลักทางเคมี คือ เซลลูโลส ซึ่งเซลลูโลสเป็นใยอาหารประเภทไม่ละลายน้ำ โดยพบว่าโครงสร้างจะประกอบไปด้วยเส้นใยที่หยาบและหนา แต่ละเส้นใยมีโมเลกุลเรียงตัวไปทางเดียวกันเชื่อมต่อกับเส้นใยที่โมเลกุลเรียงตัวในทิศทางตรงข้ามกันอย่างเป็นระเบียบด้วยพันธะไฮโดรเจน (H-bond) ทำให้มีความแข็งแรงและยังพบโมเลกุลที่เรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ จับตัวกันไม่แน่น สามารถดูดซับโมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์เข้ามาในโมเลกุลส่วนที่ไม่เป็นระเบียบนี้ จึงทำให้โดนัทมีการสูญเสียความชื้นระหว่างการทอดน้อยลงส่งผลให้การดูดซับน้ำมันของโดนัทลดลงด้วย (ลักษณา, 2543) แต่อย่างไรก็ตาม การเติมกากส้มจี๊ดผงในปริมาณสูงเกินไป คือ 6% จะทำให้โดนัทมีการดูดซับน้ำมันสูงกว่าที่ 4 และ 2% เนื่องจากการเติมกากส้มจี๊ดผงในปริมาณมากส่งผลให้กากส้มจี๊ดผงดูดซับน้ำเอาไว้มาก ทำให้ปริมาณน้ำในส่วนผสมไม่เพียงพอต่อการขึ้นรูปและการเกิดโครงสร้างที่สมบูรณ์ของกลูเตน เมื่อนำไปทอดผิวของโดนัทจึงเกิดรอยแตกและขรุขระ ส่งผลให้น้ำมันถูกดูดซับไว้ได้มากขึ้น ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับปริมาณความชื้นของโดนัทที่พบว่า การเติมกากส้มจี๊ดผงปริมาณ 6% โดนัทมีค่าความชื้นต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ เนื่องจากรอยแตกที่เกิดขึ้นบนผิวของโดนัทส่งผลให้น้ำระเหยออกไปได้มากทำให้ความชื้นต่ำลงและยังส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่นของโดนัทที่เติมกากส้มจี๊ดผง 6% มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

## สรุปผล

สารลิโมนินซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดรสขมในกากส้มจี๊ดสามารถกำจัดได้โดยการแช่กากส้มจี๊ดในสารละลายเกลือความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 5 นาที โดยสามารถลดปริมาณสารลิโมนินในกากส้มจี๊ดลงได้ 50% เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ส่วนการเตรียมกากส้มจี๊ดผงนั้น อุณหภูมิในการอบแห้งที่เหมาะสม คือ 60°C และปริมาณที่เหมาะสมในการใช้เป็นสารช่วยลดการดูดซับน้ำมันในโดนัท คือ 4% ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด โดยสามารถลดการดูดซับน้ำมันในโดนัทลงได้ถึง 18.16% เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2558

## เอกสารอ้างอิง

นิธิมา อรรถวานิช, 2546, ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานและการประยุกต์, ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพลิน วุฒิพลากร, 2549, ผลของการบำบัดเบื้องต้นต่อองค์ประกอบของใยอาหารผงจากกากมะนาว, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอาหาร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ลักษณา อินทร์กลับ, 2543, โภชนศาสตร์ทางชีวเคมี วิตามิน เกลือแร่ น้ำและใยอาหาร, กรุงเทพมหานคร: มีเดียการพิมพ์.

วรรณี มาวิมล, 2545, การพัฒนากรรมวิธีการผลิตมะนาวผงและการประเมินอายุการเก็บรักษา, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ang, J.F., Miller, W.B. and Dunha, K.M., 1990, Reduced of Fat in Donuts Containing a New Form of Powdered Cellulose, Presented at the Annual Meeting of the Institute of Food Technologists, Anaheim, CA: Janes River.

AOAC., 2005, Official Method of Analysis (15th ed.): In house method based: The Association of official Analysis Chemists.

Gould, J.M., Jasberg, B.K. and Cote, G.L., 1989, Structure-function Relationship of Alkaline Peroxide Treatment Lingnocellulose from Wheat Straw, Cereal Chemistry, 66: 213-217.

**Table 1** Limonin content of kumquat residue

| Salt concentration (%) | Soaking time (min) | Limonin content (µg/1g dried sample) |
|---|---|---|
| 0 (control) | - | 1.04 ± 0.00[a] |
| 3 | 1 | 1.02 ± 0.01[b] |
| 3 | 3 | 0.66 ± 0.01[d] |
| 3 | 5 | 0.64 ± 0.00[e] |
| 5 | 1 | 0.94 ± 0.00[c] |
| 5 | 3 | 0.58 ± 0.01[f] |
| 5 | 5 | 0.52 ± 0.00[g] |

[a,b,..] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

**Table 2** Water holding capacity (WHC), oil holding capacity (OHC) and color value of kumquat residue powder

| Drying temperature (°C) | WHC[ns] | OHC | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|---|---|
| 60 | 10.43±0.64 | 1.60±0.03[a] | 73.55±0.03[c] | 1.92±0.03[a] | 34.00±0.04[a] |
| 70 | 10.77±0.45 | 1.73±0.04[b] | 71.94±0.03[b] | 2.64±0.03[b] | 39.24±0.02[b] |
| 80 | 10.85±0.21 | 1.84±0.04[c] | 71.62±0.02[a] | 2.70±0.03[c] | 40.45±0.03[c] |

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$). [ns] Not significant ($p > 0.05$).

**Table 3** Oil content, moisture content and springiness value of donut

| Kumquat residue powder content (%) | Oil content (%) | Moisture content (%) | Springiness (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 29.41±0.04[a] | 21.88±0.06[ab] | 45.97±3.52[b] |
| 2 | 27.91±0.16[b] | 21.02±0.81[ab] | 47.29±1.66[b] |
| 4 | 24.07±0.01[c] | 22.93±1.94[a] | 45.67±1.70[b] |
| 6 | 28.13±0.16[b] | 19.29±0.24[b] | 41.13±0.66[a] |

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$).

# สมบัติทางเคมีกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของเวย์โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ย่อยด้วยเอนไซม์

## Physicochemical and Antioxidant Properties of Enzymatic Whey Protein Hydrolysates

**สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] รัชนี ไสยประจง[1] และ กชพรรณ เลี้ยงบุญเลิศชัย[1]**
Pinitglang, S.[1], Saiprajong, R.[1] and Liengboonlertchai, K.[1]

### Abstract

The aim of this research was to investigate the effects of partial enzymatic hydrolysis on physicochemical properties of whey protein hydrolyzed from whey protein isolate. Enzymatic hydrolysis was performed with five protease enzymes: papain, trypsin, pepsin, bromelain, and protease from *Aspergillus satoi* at 37 °C for incubation time of 30, 60 and 90 minutes. The protein pattern analyses of hydrolysates were determined by using Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE). The whey protein hydrolysates were passed through ultrafiltration membranes centrifuge with a molecular weight cut-off 1 and 3 kDa. The free radical scavenging activity of whey protein hydrolysate was measured by the DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) method. Trypsin produced hydrolysates had the highest degree of hydrolysis for incubation time 90 minutes as 85.86%. The antioxidant activity by the DPPH method indicated that 1 and 3 kDa permeates of whey protein hydrolyzed by trypsin showed maximum activity of 79.69% and 46.44%, respectively.

**Keywords:** whey protein hydrolyzed, enzymatic hydrolysis, whey protein hydrolysate

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของไฮโดรไลเซทจากเวย์โปรตีนที่ย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสบางส่วน 5 ชนิด ได้แก่ ปาเปน ทริปซิน เพปซิน โบรมิเลน และโปรติเอสจาก *Aspergillus satoi* บ่มระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไฮโดรไลเซทเวย์โปรตีนมาศึกษารูปแบบของเพปไทด์ด้วยเทคนิค Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE) และนำมาแยกด้วย Ultrafiltration Membrane Centrifuge molecular weight cut-off (MWCO) 1 และ 3 kDa เก็บส่วนที่ผ่านเมมเบรนมาศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) จากผลการทดลองพบว่าทริปซินมีประสิทธิภาพในการย่อยเวย์โปรตีนได้ดีทีสุดเท่ากับร้อยละ 85.86 ที่ระยะเวลาบ่มนาน 90 นาที ส่วนการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยเวย์โปรตีนด้วยเอนไซม์ทริปซินที่ระยะเวลาบ่มนาน 90 นาที หลังจากนำมาผ่าน Ultramembrane MWCO 1 และ 3 kDa มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้มากที่สุดเท่ากับร้อยละ 79.69 และ 46.44 ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: เวย์โปรตีนไฮโดรไลซ์ การย่อยด้วยเอนไซม์ เวย์โปรตีนไฮโดรไลเซท

### บทนำ

เวย์โปรตีน คือ ของเหลวที่เหลือหลังจากตกตะกอนเคซีนในกระบวนการผลิตชีส (Huffman, 1996) เวย์โปรตีนประกอบไปด้วยโปรตีนหลายชนิดมีประโยชน์ทางด้านโภชนาการเนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนชนิด Valine Leucine และ Isoleucine ปริมาณที่มากเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนชนิดอื่นๆมีสมบัติทำให้เกิดเจลโฟมอิมัลชั่น (Smilowitz และคณะ, 2005) การย่อยเวย์โปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอสจะได้เวย์โปรตีนไฮโดรไลเซท ที่มีสมบัติทางด้านชีวภาพที่แตกต่างกันเช่น สมบัติเป็นสารต้านจุลินทรีย์ (Recio และ Visser, 1999) สารต้านอนุมูลอิสระ (Hermandez-Ledesma และคณะ, 2005) เวย์โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากการย่อยเวย์โปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอสทำให้มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันและยังไม่ทราบกลไกที่ชัดเจน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีการศึกษาการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของเวย์โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากย่อยเวย์โปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอส 5 ชนิดได้แก่ ปาเปน ทริปซิน เพป

[1] **สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400**
[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of The Thai Chamber of Commerce, 126/1 Dindaeng, Bangkok 10400

ซิน โบรมิเลน และโปรติเอสจาก *Aspergillus satoi* เพื่อทำการศึกษาความจำเพาะของเอนไซม์โปรติเอสในการย่อยเวย์โปรตีนได้ชนิดของเวย์ไฮโดรไลเซทที่แตกต่างกันและทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการย่อยเวย์โปรตีนเช่น ความเข้มข้นของเวย์โปรตีนและเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์โปรติเอสและเวย์โปรตีน เพื่อนำผลการวิจัยชนิดของเวย์โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพทางการค้าต่อไปได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การศึกษาการย่อยโปรตีนเวย์ด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่าง ๆ**

นำเวย์โปรตีนมาย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ ได้แก่ ทริปซิน ที่ pH 8.0 เพปซินที่ pH 9.0 ปาเปน และ โบรมิเลนที่ pH 6.5 และโปรติเอสจาก *Aspergillus satoi* ที่ pH 2.8 ในความเข้มข้นของเอนไซม์ปริมาณ 0.5 กรัม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 60 และ 90 นาทีเมื่อครบในแต่ละช่วงเวลา เติม Trichloroacetic acid (TCA)ความเข้มข้น 5% (v/v) ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาปั่นแยกส่วนใสและตะกอนออกจากกัน เก็บส่วนใสแช่เย็นเพื่อใช้ในการทดสอบรูปแบบของโปรตีน (protein pattern) โดยใช้เทคนิคSodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE) และวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry และคณะ (1951) เพื่อคำนวณร้อยละการไฮโดรไลซิส

จากนั้นนำเวย์โปรตีนที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.5, 1, 2 และ 4 กรัม มาย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ ได้แก่ ทริปซินเพปซินปาเปนโบรมิเลนและโปรติเอสจาก *Aspergillus satoi* โดยกำหนดให้มีค่า CDU เริ่มต้นเท่ากัน (156,963.50 CDU) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 60 และ 90 นาที เมื่อครบในแต่ละช่วงเวลา เติม TCA 0.3 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาปั่นแยกส่วนใสและตะกอนออกจากกัน เก็บส่วนใสแช่เย็นเพื่อใช้ในการทดสอบรูปแบบของโปรตีน(protein pattern) โดยใช้เทคนิคSodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE) และวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry และคณะ (1951) เพื่อคำนวณร้อยละการไฮโดรไลซิส

**การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH**

นำเพปไทด์ของเวย์โปรตีนที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ชนิดต่างๆ มาผ่านเครื่อง AmiconUltramembraneMWCO 1 และ 3 kDa เมื่อได้ส่วนที่ขนาดโมเลกุลต่ำกว่าออกมา ให้นำมาวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Sharma และ Bhat, 2009) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จากนั้นการวิเคราะห์ร้อยละ DPPH inhibition ได้โดยสมการดังนี้

Inhibition activity (%) = [(Control-Control Blank)-(Sample-Sample Blank)]/(Control-Control Blank) x 100

## ผลการทดลอง

จากการทดลองย่อยเวย์โปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ พบว่าพบว่าเอนไซม์ทริปซินมีประสิทธิภาพในการย่อยเวย์โปรตีนได้ดีที่สุดโดยสามารถย่อยเวย์โปรตีนได้เท่ากับร้อยละ 85.86 ที่ระยะเวลาบ่มนาน 90 นาทีรองลงมาคือเอนไซม์โปรติเอสจาก *Aspergillus saitoi* สามารถย่อยได้ร้อยละ 78.01 ที่เวลา 90 นาที ในขณะที่เอนไซม์ปาเปนมีความสามารถในการย่อยเวย์โปรตีนได้ต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 43.43 ที่เวลา 30 นาที ในขณะที่ 90 นาที สามารถย่อยได้ร้อยละ 52.16 (Figure 1)

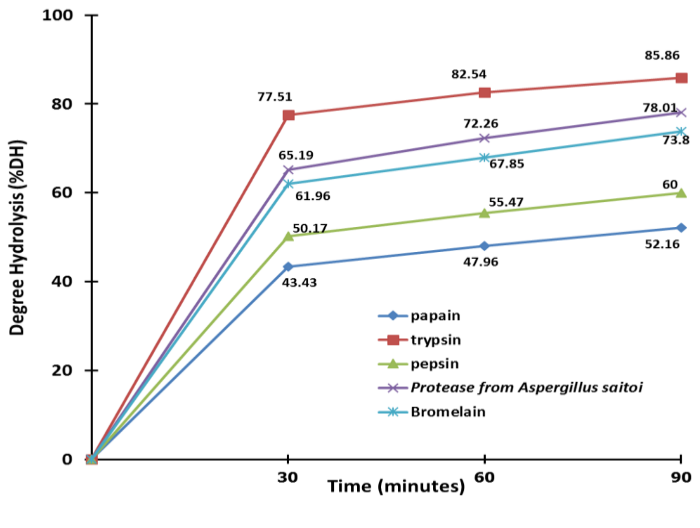


**Figure 1** Enzyme reaction conditions and degree of hydrolysis

การศึกษาขนาดและรูปแบบของเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยเวย์โปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอสด้วย SDS-PAGE พบว่าเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ จะมีขนาดโมเลกุลที่เป็นแถบโปรตีนหลักคือช่วงโมเลกุลที่ประมาณ 14 และ 20 kDa ส่วนเพปไทด์จากการย่อยโดยเอนไซม์เพปซินจะมีรูปแบบของโปรตีนตามระยะเวลาที่ทำการย่อย นั้นคือเมื่อเวลามากขึ้นแถบโปรตีนจะมีขนาดเล็กลง (Figure 2)

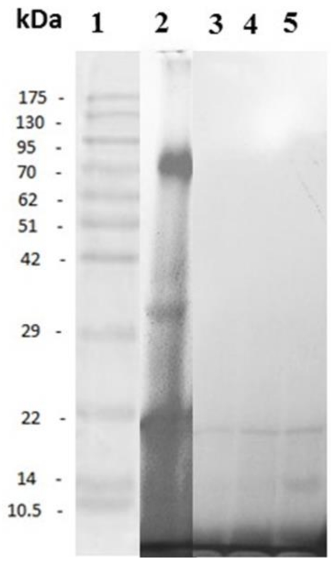



**Figure 2** SDS-PAGE of the hydrolysis products of whey proteins by trypsin. 1: molecular markers; 2: native whey proteins; 3, 4, 5: products from hydrolysis of 90, 60 and 30 min., respectively, at 37ºC, pH 9.0.

จากการทดลองใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้นเท่ากันคือ 156,963.50 CDU ทำการย่อยโปรตีนถั่วลันเตาที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน ได้แก่ 0.5 1.0 2.0 และ 4.0 กรัม พบว่าเอนไซม์โบรมิเลนมีความสามารถในการย่อยโปรตีนจากถั่วลันเตาได้ดีที่สุด โดยมีร้อยละการย่อยเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซับสเตรตสูงขึ้นเรื่อยๆ (Figure 3) และพบว่าเอนไซม์เพปซินมีความสามารถในการย่อยได้ต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 28.89 เมื่อใช้โปรตีน 0.5 กรัมและเมื่อเพิ่มปริมาณซับสเตรตเพิ่มขึ้นร้อยละในการย่อยเพิ่มขึ้นในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าเอนไซม์เพปซินมีความสามารถในการย่อยต่ำมาก

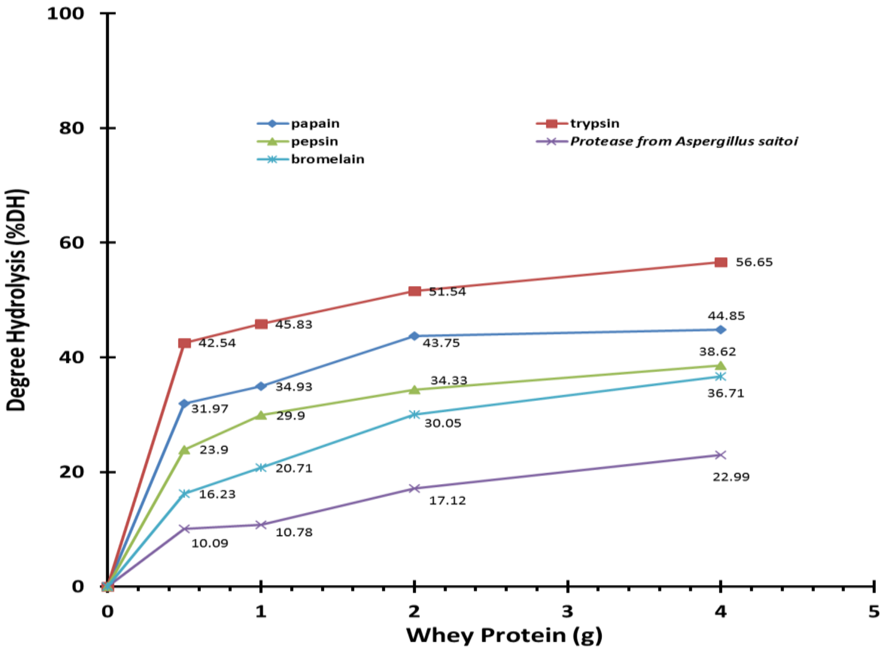



**Figure 3** Hydrolytic conditions used in preparing hydrolysate from whey protein isolate.

**การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH**

เมื่อนำเวย์เพปไทด์ที่ได้มาผ่านเครื่อง AmiconUltramembrane ขนาด 1 และ 3 kDa เก็บส่วนใสที่ผ่านเมมเบรนออกมานำมาวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าพบว่าเพปไทด์ที่ได้จากการย่อย โปรตีนเวย์ด้วยเอนไซม์ทริปซินที่ระยะเวลาบ่มนาน 90 นาที หลังจากนำมาผ่าน Ultramembrane 1 kDa มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้มากที่สุดเท่ากับร้อยละ 79.69 รองลงมาคือเพปไทด์จากเอนไซม์เพปซินที่ระยะเวลาบ่มนาน 90 นาที ผ่าน 1 kDa เท่ากับร้อยละ 62.20 ในขณะที่เพปไทด์จากเอนไซม์ปาเปนและโปรติเอสจาก *Aspergillus saitoi* มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด (Table 1)

**Table** 1 Antioxidant activity of pea protein hydrolysates permeate from Amicon ultrafiltration membrane MWCO 1 and 3 kDa

| Pea Peptide from | DPPH inhibition activity (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 30 min | | 60 min | | 90 min | |
| | 1 kDa | 3 kDa | 1 kDa | 3 kDa | 1 kDa | 3 kDa |
| papain | 15.55 | 15.70 | 15.98 | 15.12 | 16.93 | 16.63 |
| Trypsin | 50.54 | 26.78 | 55.07 | 44.92 | 79.69 | 46.92 |
| Pepsin | 32.34 | 18.14 | 50.54 | 37.59 | 62.20 | 42.12 |
| Proteasefrom *Aspergillus saitoi* | 16.20 | 15.55 | 16.28 | 15.70 | 21.38 | 17.6 |
| Bromelain | 22.89 | 14.04 | 31.32 | 15.70 | 31.96 | 17.6 |

## สรุปผล

จากการศึกษาการย่อยสลายเวย์โปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ เพื่อดูความสามารถในการย่อยของเอนไซม์แต่ละตัว ผลการศึกษาพบว่าเอนไซม์ที่สามารถย่อยเวย์โปรตีนได้ดีที่สุดคือเอนไซม์ทริปซิน โปรติเอสจาก *Aspergillus saitoi* โบรมิเลน เพปซิน และปาเปน มีค่าร้อยละไฮโดรไลซิสดังนี้ 77-85, 60-73, 65-78, 50-60, และ 43-52 ตามลำดับ การศึกษาขนาดของเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยเวย์โปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอส พบว่าขนาดโมเลกุลที่มีแถบคือช่วงโมเลกุลที่ประมาณ 20-25 kDa และ พบว่าเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์เพปซิน และ *Aspergillus saitoi* มีรูปแบบของโปรตีนที่ดีที่สุด จากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยเวย์โปรตีนโดยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ ที่ผ่านการคัดแยกเพปไทด์ด้วย AmiconUltramembrane MWCO 1 และ 3 kDa พบว่าเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยเวย์โปรตีนจากทริปซินที่นำมาผ่านการ MWCO 3 kDa มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดในช่วงเวลา 30 นาที และ 60 นาที แต่ในช่วงเวลาที่ 90 นาที เพปไทด์ที่ได้จากเอนไซม์เพปซิน ให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดและเอนไซม์ชนิดที่ให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุดคือ ปาเปน

## เอกสารอ้างอิง

Huffman, L.M., 1996, Processing Whey Proteins for Uses as a Food Ingredient, Food Technology, 50: 49-52.

Smilowitz, J.T., Dillard, C.J. and German, J.B., 2005, Milk Beyond Essential Nutrients: The Metabolic Food, Australian Journal of Dairy Technology, 60: 77-83.

Recio, I. and Visser, S., 1999, Identification of Two Distinct Antibacterial Domains within the Sequence of Bovine $a_{s2}$-casein, BiochimicaetBiophysicaActa, 1428: 314-326.

Hermandez-Ledesma, B., Dávalos, A., Bartolomé, B. and Amigo, L., 2005, Preparation of Antioxidant Enzymatic Hydrolysates from $\alpha$-lactabumin and $\beta$-lactoglobulin. Identification of active peptides by HPLC-MS/MS, Journal of Agricultural Food Chemistry, 53(3): 588-593.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, Journal Biological Chemistry, 193: 265-275.

Sharma, O.P. and Bhat, T.K., 2009, DPPH Antioxidant Assay Revisited, Food Chemistry, 113(4): 1202-1205.

# สมบัติทางเคมีกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของไฮโดรไลเซทโปรตีนถั่วลันเตาที่ย่อยด้วยเอนไซม์

## Physicochemical and Antioxidant Properties of Enzymatic Pea Protein Hydrolysates

**รัชนี ไสยประจง[1] สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] และ เมธัส สิรสุทธิ[1]**

Saiprajong, R.[1], Pinitglang, S.[1] and Sirasuthi, M.[1]

### Abstract

Theaim of this researchwasto investigate the effects of partial enzymatic hydrolysis on physicochemical properties of pea protein hydrolyzed from pea (*Pisum sativum* L.). Enzymatic hydrolysis was performed with five proteases enzyme: trypsin, pepsin, papain, bromelain and protease from *Aspergillus satoi* at 37°C for incubation time 30, 60and 90minutes.The protein pattern analyses of hydrolysates were determined by using Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE). The pea protein hydrolysates were passed through ultrafiltrationmembranes centrifuge with a molecular weight cut-off (MWCO) 1 and 3 kDa. The free radical scavenging activity of pea protein hydrolysate was measured byDPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) method. Bromelain produced hydrolysates had the highest degree of hydrolysis for incubation time 90 minutes as79.35%. The study of the antioxidant activity by DPPH method found that 1 and 3 kDa permeates of pea protein hydrolyzed bypepsin showed maximum activity as 80.0% and 78.7%, respectively.

**Keywords:** pea protein hydrolyzed, enzymatic hydrolysis, pea protein hydrolysate

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของไฮโดรไลเซทโปรตีนจากถั่วลันเตา (*Pisum sativum* L.) ที่ย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสบางส่วน 5 ชนิด ได้แก่ ทริปซิน เพปซิน ปาเปน โบรมิเลนและโปรติเอสจาก *Aspergillus satoi* บ่ม ณ อุณหภูมิ 37°C ระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที จากนั้นนำมาศึกษารูปแบบของเพปไทด์ที่ได้จากการไฮโดรไลเซทโปรตีนถั่วลันเตา ด้วยเทคนิค Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE) และนำมาแยกด้วย Ultrafiltration Membrane Centrifuge molecular weight cut-off (MWCO) 1 และ 3 kDa เก็บส่วนที่ผ่านเมมเบรนมาศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) จากผลการทดลองพบว่าโบรมิเลนมีประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีนถั่วลันเตาได้ดีทีสุดเท่ากับร้อยละ 79.35 ที่ระยะเวลาบ่มนาน 90 นาทีส่วนการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าเพปไทด์ที่ได้จากการย่อย โปรตีนถั่วลันเตาด้วยเอนไซม์เพปซินที่ระยะเวลาบ่มนาน 90 นาที หลัง จากนำมาผ่าน Ultramembrane 1 และ 3kDa มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้มากที่สุดเท่ากับร้อยละ 80.0และ 78.7 ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: โปรตีนถั่วลั่นเตาไฮโดรไลซ์ การย่อยด้วยเอนไซม์ ไฮโดรไลเซทโปรตีนถั่วลันเตา

### บทนำ

เพปไทด์ที่ได้มาจากถั่วลันเตามีจุดเด่นคือ มีกรดอะมิโนและสารอาหารที่จำเป็นต่อมนุษย์อยู่หลายชนิด เช่น ไลซีนและอาร์จินีนซึ่งจำเป็นต่อการสร้างกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อในร่างกาย ซึ่งไลซีนเป็นสารตั้งต้นของ carnitine ที่ทำหน้าที่แปลงกรดไขมันให้เป็นพลังงานและลดคลอเรสเตอรอล ไลซีนยังช่วยดูดซึมแคลเซียมและสร้างคอลลาเจนมาบล็อกเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เช่น กระดูก กระดูกอ่อน ผิว เส้นเอ็น มีบทบาทสำคัญในเรื่องการสร้างภูมิคุ้มกันในเด็ก ในคนทั่วไปต้องการไลซีน 800-3000 มิลลิกรัมต่อวัน นอกจากนี้มี BCAAs (Branched Chain Amino Acid) เป็นกรดอะมิโนเกี่ยวพันระหว่างกรดอะมิโน ลูซีน ไอโซลูซีน และวาลลีน ทั้งสามเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้เองต้องได้รับจากการรับประทานอาหารเข้าไปเท่านั้น (Holecek, 2001) นอกจากนี้ยังรายงานวิจัยพบว่าไฮโดรไลเซทโปรตีนถั่วลันเตาสามารถยับยั้ง Angiotensin I-converting enzyme (ACE) (Vanessa และคณะ, 2005) จะเห็นได้ว่าเพปไทด์จากถั่ว

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of The Thai Chamber of Commerce, 126/1 Dindaeng, Bangkok 10400

ลันเตามีประโยชน์ต่อร่างกาย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาการย่อยถั่วลันเตาด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดชนิดต่างๆ และศึกษาสมบัติบางประการของเพปไทด์ที่ได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การเตรียมสารละลายโปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา**

นำโปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านขั้นตอนปลอดเชื้อ 100 มิลลิลิตร ทำการผสมให้เข้ากัน เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสไว้ใช้ทดลองต่อไป

**การศึกษาการย่อยโปรตีนถั่วลันเตาด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ**

นำสารละลายโปรตีนถั่วลันเตามาย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ ได้แก่ ทริปซิน ที่ pH 8.0 เพปซิน ที่ pH 9.0 ปาเปน และ โบรมิเลน ที่ pH 6.5 และโปรติเอสจาก *Aspergillus satoi* ที่ pH 2.8 ในความเข้มข้นของเอนไซม์ปริมาณ 0.5 กรัม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 60 และ 90 นาทีเมื่อครบในแต่ละช่วงเวลา เติม Trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 5% (v/v) ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาปั่นแยกส่วนใสและตะกอนออกจากกัน เก็บส่วนใสแช่เย็นเพื่อใช้ในการทดสอบรูปแบบของโปรตีน(protein pattern) โดยใช้เทคนิค Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE) และวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry และคณะ (1951) เพื่อคำนวณร้อยละการไฮโดรไลซิส

จากนั้นนำสารละลายโปรตีนจากถั่วลันเตาที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.5, 1, 2 และ 4 กรัม มาย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ ได้แก่ ทริปซิน เพปซิน ปาเปน โบรมิเลนและโปรติเอสจาก *Aspergillus satoi* โดยกำหนดให้มีค่า CDU เริ่มต้นเท่ากัน (156,963.50CDU) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 60 และ 90 นาที เมื่อครบในแต่ละช่วงเวลา เติม TCA 0.3 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาปั่นแยกส่วนใสและตะกอนออกจากกัน เก็บส่วนใสแช่เย็นเพื่อใช้ในการทดสอบรูปแบบของโปรตีน (protein pattern) โดยใช้เทคนิคSodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE) และวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry และคณะ (1951) เพื่อคำนวณร้อยละการไฮโดรไลซิส

**การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH**

นำเพปไทด์ของถั่วลันเตาที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ชนิดต่างๆ มาผ่านเครื่อง Amicon Ultramembrane Molecular weight cut-off (MWCO) 1 และ 3 kDa เมื่อได้ส่วนที่ขนาดโมเลกุลต่ำกว่าออกมา ให้นำมาวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)(Sharma และ Bhat, 2009) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จากนั้นการวิเคราะห์ร้อยละ DPPH inhibition ได้โดยสมการดังนี้

Inhibition activity (%) = [(Control-Control Blank)-(Sample-Sample Blank)]/(Control-Control Blank) x 100

## ผลการทดลอง

จากการทดลองย่อยโปรตีนจากถั่วลันเตาด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ พบว่าเอนไซม์โบรมิเลนมีประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีนถั่วลันเตาได้ดี โดยสามารถย่อยโปรตีนจากถั่วลันเตาได้ร้อยละ 82.94 ที่ระยะเวลาบ่มนาน 90 นาที รองลงมาคือเอนไซม์ทริปซินสามารถย่อยได้ร้อยละ 76.51 ที่เวลา 90 นาที ในขณะที่เอนไซม์เพปซินมีความสามารถในการย่อยโปรตีนจากถั่วลันเตาได้ต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 36.11 ที่เวลา 30 นาที ในขณะที่ 90 นาที สามารถย่อยได้ร้อยละ 40.27 (Figure 1)

จากการทดลองใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้นเท่ากันคือ 156,963.50 CDU ทำการย่อยโปรตีนถั่วลันเตาที่ความเข้มข้นต่างๆ กันได้แก่ 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0 กรัมพบว่าเอนไซม์โบรมิเลนมีความสามารถในการย่อยโปรตีนจากถั่วลันเตาได้ดีที่สุด โดยมีร้อยละการย่อยอยู่ในช่วง 75.38- 87.06 เมื่อเพิ่มความเข้นข้นของซับสเตรตสูงขึ้นเอนไซม์ก็ย่อยได้ดีขึ้นด้วย (Figure 2) ในขณะที่พบว่าเพปซินมีความสามารถในการย่อยได้ต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 28.89 เมื่อใช้โปรตีน 0.5 กรัมและเมื่อเพิ่มปริมาณซับสเตรตเพิ่มขึ้นร้อยละในการย่อยเพิ่มขึ้นในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าเพปซินมีประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีนถั่วลันเตาได้ต่ำที่สุด

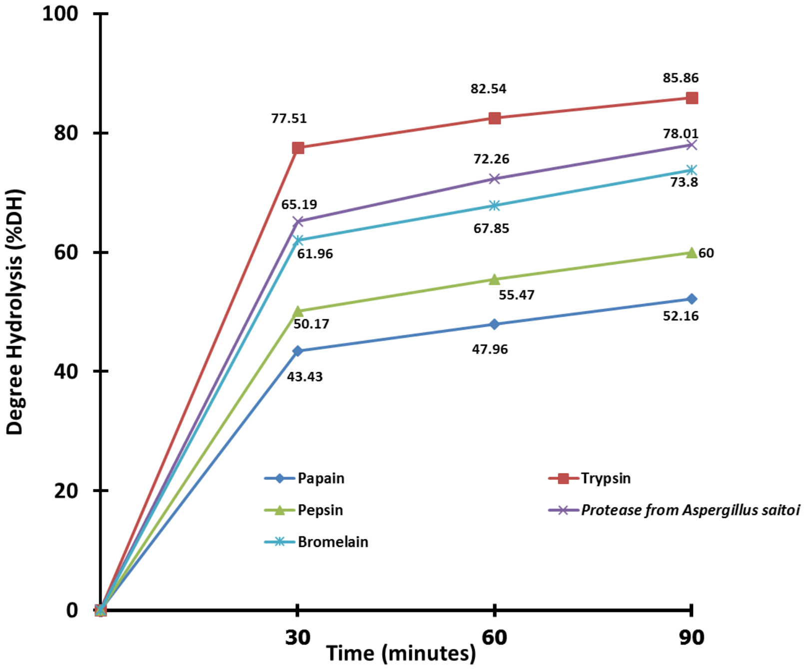



Figure 1 Degree of hydrolysis (%) of pea protein by using protease enzymes: trypsin, pepsin, papain, bromelain and protease from *Aspergillus satoi* at 37°C for incubation time 30, 60 and 90 minutes

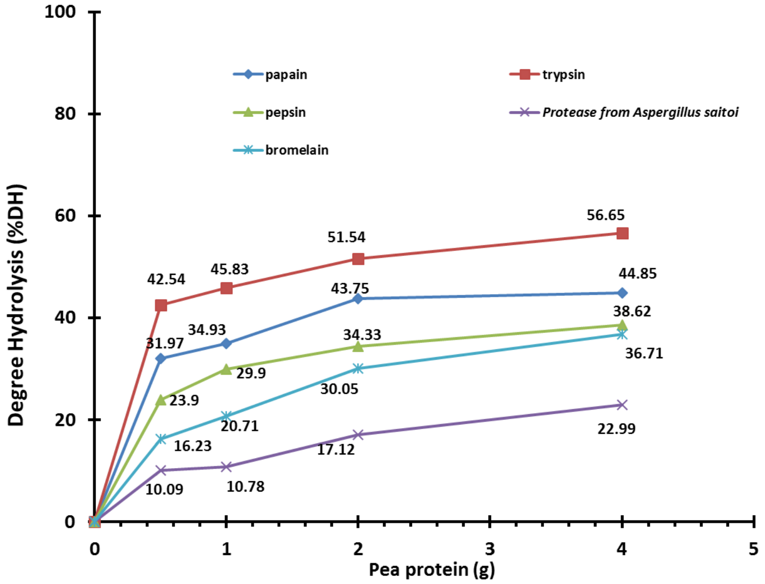



Figure 2 Hydrolytic conditions used in preparing hydrolysate from pea protein isolate

**การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี** DPPH

เมื่อนำเพปไทด์ที่ได้มาผ่านเครื่อง Amicon Ultramembranen MWCO 1 และ 3 kDa เก็บส่วนใสที่ผ่านเมมเบรนออกมานำมาวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าเพปไทด์ที่ได้จากการย่อย โปรตีนถั่วลันเตาด้วยเพปซินที่ระยะเวลาบ่มนาน 90 นาที หลังจากนำมาผ่าน Ultramembrane MWCO 1 และ 3 kDa มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้มากที่สุดเท่ากับร้อยละ 80.0 และ 78.7 ตามลำดับ (Table 1) จะเห็นได้ว่าเพปไทด์ที่มีขนาดเล็กจะมีความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระสูง ซึ่งตรงกับ Stanisavljevic และคณะ (2015) ได้รายงานว่าเพปไทด์จากถั่วลันเตาที่มีขนาดเล็กกว่า 10 kDa จะมีความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระได้ดี

**Table 1** Antioxidant activity of pea protein hydrolysates permeate from Amicon ultrafiltration membrane MWCO 1 and 3 kDa

| Pea Peptide from | DPPH inhibition activity (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 30 min | | 60 min | | 90 min | |
| | 1 kDa | 3 kDa | 1 kDa | 3 kDa | 1 kDa | 3 kDa |
| Papain | 75.62 | 75.5 | 76.33 | 76.33 | 77.28 | 77.63 |
| Trypsin | 65.21 | 67.97 | 66.74 | 73.14 | 67.33 | 73.25 |
| Pepsin | 78.46 | 75.67 | 79.99 | 77.86 | 80.00 | 78.70 |
| Protease from *Aspergillus saitoi* | 58.93 | 59.17 | 59.53 | 59.31 | 59.77 | 59.53 |
| Bromelain | 63.08 | 66.74 | 64.85 | 67.93 | 65.44 | 68.16 |

## สรุปผล

จากการย่อยโปรตีนจากถั่วลันเตาด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ พบว่าสภาวะที่ดีที่สุดคือการใช้เอนไซม์โบรมิเลน ที่มีค่ากิจกรรม 2215.07 CDU/มิลลิกรัม ต่อสารละลายโปรตีนถั่วลันเตาปริมาตร 10 มิลลิลิตร ร้อยละของการย่อยโปรตีนสูงที่สุดคือ ร้อยละ 82.94 เวลาการย่อยที่เหมาะสมคือ 90 นาที ส่วนสภาวะที่ย่อยได้ต่ำที่สุดคือพบว่าการใช้เอนไซม์เพปซิน ที่มีค่ากิจกรรม 2634.5 CDU/มิลลิกรัม สารละลายโปรตีนถั่วลันเตาปริมาตร 10 มิลลิลิตร ร้อยละของการย่อยโปรตีนต่ำที่สุดคือ ร้อยละ 40.27 เวลาในการย่อยคือ 90 นาที การศึกษารูปแบบโปรตีนของโปรตีนถั่วลันเตาโดยเทคนิค SDS-PAGE พบว่าโปรตีนถั่วลันเตาเมื่อถูกย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสทำให้โปรตีนมีขนาดโมเลกุลที่เล็กลง ซึ่งเวลาที่เหมาะสมที่ใช่ในการย่อยของเอนไซม์ปาเปนเท่ากับที่เวลา 90 นาที, ทริปซินที่เวลา 90 นาที, เพปซินที่เวลา 30 นาที, โปรติเอสจาก *Aspergillus saitoi* ที่เวลา 90 นาที และโบรมิเลนที่เวลา 90 นาที เป็นเวลาที่ต่ำที่สุดที่ทำให้โปรตีนถั่วลันเตามีขนาดโมเลกุลเล็กที่สุด จากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยโปรตีนถั่วลันเตาโดยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ ที่ผ่านการแยกเพปไทด์ด้วยเครื่อง Amicon Ultramembrane MWCO 1 และ 3 kDa พบว่าเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยโปรตีนถั่วลันเตาจากเอนไซม์เพปซิน ที่นำมาผ่านการแยกเพปไทด์ที่ระดับ 1 และ 3 kDa มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้มากที่สุด เท่ากับร้อยละ 80.00 และ 78.70 และ เพปไทด์ที่ได้จากการย่อยโปรตีนถั่วลันเตาจากเอนไซม์โปรติเอสจาก *Aspergillus saitoi* มีความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุดในทุกช่วงเวลาและทุกระดับการคัดแยกเพปไทด์

## เอกสารอ้างอิง

Holecek, M., 2000, The BCAA-BCKA Cycle: Its Relation to Alanine and Glutamine Synthesis and Protein Balance, Nutrition, 17(1): 70.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A. and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, Journal Biological Chemistry, 193: 265-275.

Sharma, O.P. and Bhat, T.K., 2009, DPPH Antioxidant Assay Revisited, Food Chemistry, 113(4): 1202-1205.

Stanisavljevic, N.S., Vukotic, G.N. and Pastor, F.T., 2015, Antioxidant Activity of Pea Protein Hydrolysates Produced by Batch Fermentation with Lactic Acid Bacteria, Archives of Biological Science, January 2015.

Vermeirssen, V., Camp, J.V. and Verstraete, W., 2005, Fractionation of Angiotensin I Converting Enzyme Inhibitory Activity from Pea and Whey Protein *in vitro* Gastrointestinal Gigests, Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(3): 399-405.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 569-572 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 569-572 (2558)

# คุณค่าทางโภชนาการของกากเม่า

# Nutritive Values of Mao Pomace (*Antidesma* sp.)

**กานดา ล้อแก้วมณี[1] และ สุดาทิพย์ แสนสุภา[1]**

Lokaewmanee, K.[1] and Sansupha, S.[1]

## Abstract

This research conducted to evaluate the chemical composition, important vitamins, important amino acid, important organic acid content and pH of Mao pamace. Mao pomace from juice and wine production was collected. Results showed that dry matter, total carbohydrate, total dietary fiber, insoluble dietary fiber, total calories, vitamin B1, vitamin E in alpha-tocopherol, cystine, lysine, tartaric acid, malic acid and citric acid of Mao pomace from the juice production was higher than Mao pomace from wine production ($P<0.05$). Also, results of glutamic acid and pH of Mao pomace from juice production was lower than Mao pomace from wine production ($P<0.05$). Vitamin A in retinol, vitamin B2, vitamin C in L-ascorbic acid, lactic acid and gluconic acid were not detected in either Mao pomace from juice production or wine production.

**Keywords:** vitamins, amino acids, organic acids, pH

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน ชนิดและปริมาณของไวตามิน ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ที่สำคัญ รวมไปถึงค่าความเป็นกรด-ด่างของกากเม่าสดจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่าที่เก็บรวบรวมได้ เมื่อนำมาศึกษาพบว่ากากเม่าจากการทำน้ำเม่ามีปริมาณวัตถุแห้ง คาร์โบไฮเดรต เยื่อใยที่ละลายน้ำ เยื่อใยที่ไม่ละลายน้ำ พลังงาน ไวตามินบี 1 ไวตามินอีในรูปของ alpha-tocopherol กรดอะมิโน cystine และกรดอะมิโน lysine กรดทาทาริค กรดมาลิคและกรดซิตริกสูงกว่ากากเม่าจากการทำไวน์เม่า ($P<0.05$) ในขณะที่กากเม่าจากการทำน้ำเม่ามีกรดอะมิโนกลูตามิคและค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่ากากเม่าจากการทำไวน์เม่า ($P<0.05$) นอกจากนี้กากเม่าจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่าตรวจไม่พบไวตามินเอในรูปของเรตินอล ไวตามินบี2 ไวตามินซีในรูปของแอล-แอสคอบิกแอซิค กรดแลคติกและกรดกลูโคนิค

**คำสำคัญ:** ไวตามิน กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง

## คำนำ

เม่า มะเม่า หมากเม่า หรือเม่าหลวง (*Antidesma* sp.) เป็นผลไม้ท้องถิ่นชนิดหนึ่ง พบได้ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยจะพบเม่าเป็นจำนวนมากในบริเวณพื้นที่รอบแถบเทือกเขาภูพาน เช่น อำเภอดงหลวง จังหวัดมุกดาหาร อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม อำเภอกุดบาก อำเภอเต่างอย อำเภอโคกศรีสุพรรณ อำเภอเมือง อำเภอวาริชภูมิ อำเภอนิคมน้ำอูน อำเภอพรรณนานิคม อำเภอพังโคน อำเภอส่องดาว และอำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร (Hoffman, 2005) เม่าจัดเป็นไม้ยืนต้นและไม่พุ่ม ใบมีการเรียงตัวแบบสลับ มีการออกดอกแบบแยกเพศต่างต้น เม่าออกดอกเป็นช่อที่ปลายกิ่ง ช่อผลคล้ายพริกไทย มีความยาวของช่อผลประมาณ 4-30 เซนติเมตร ผลมีลักษณะกลมหรือกลมรี ผลมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8-1.3 เซนติเมตรผลอ่อนมีสีเขียว รสฝาดเปรี้ยว เมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีแดงและสีดำในเดือนสิงหาคมถึงกันยายนของทุกปี ผลเม่าสุกเต็มที่จะมีรสเปรี้ยวฝาดและหวานปนกัน น้ำคั้นที่ได้จากผลสุกเป็นสีม่วงแดงเข้ม ซึ่งเป็นสีของรงควัตถุแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และทนทานต่อการเปลี่ยนสีในกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร (สุดารัตน์, 2555)

จากการศึกษาวิจัยพบว่าเม่ามีคุณสมบัติที่โดดเด่นทั้งสีสัน รสชาติ คุณค่าทางสมุนไพร และโภชนาการสูง เช่น โปรตีน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต ไวตามินและแร่ธาตุ รวมถึงเป็นแหล่งของแอนโทไซยานินและสารต้านออกซิเดชั่น (Puangpronpitag และคณะ, 2008; Nuengchamnong และ Ingkaninan, 2010; Puangpronpitag และคณะ, 2011) ผล

[1] ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

[1]Department of Agriculture and Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-industry, Kasetsart University Chakermphrakiat Sakhon Nakhon Province Campus, Muang, Sakon Nakhon 47000

เม่าสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด ได้แก่ น้ำเม่า (Mao squash) น้ำเม่าพร้อมดื่ม (Ready to drink juice) น้ำเม่าแท้ (Pure juice) ไวน์เม่า (Mao wine) แยมเม่า (Mao jam) เยลลี่เม่า (Mao jelly) ขนมหนึบเคี้ยวจากหมากเม่า (Mao chewy candy) คุกกี้เม่า (Mao cookies) และชาใบเม่า (Mao leaf tea) เป็นต้น (สุดารัตน์, 2555) ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเม่ามีหลากหลายรูปแบบ ทำให้มีของเหลือจากกระบวนการผลิตจำนวนมาก ซึ่งได้แก่ กากเม่า (mao pomace) นอกจากนี้ Puangpronpitag และคณะ (2008) รายงานว่ากากเม่าที่เหลือจากการคั้นน้ำมีปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระได้เทียบเท่ากับ proanthocyanidin ที่สกัดได้จากเมล็ดองุ่น ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่กากเม่าสามารถถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่กากเม่ายังมีการทำวิจัยในเชิงลึกน้อยมาก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน ชนิดและปริมาณของไวตามิน ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ที่สำคัญ รวมไปถึงค่าความเป็นกรด-ด่างของกากเม่าสดจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่า เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนในการนำกากเม่ามาใช้ประโยชน์ให้มากยิ่งขึ้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

กากเม่าจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่านำไปทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ชนิดและปริมาณของไวตามิน ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ที่สำคัญ โดยวิธี High performance liquid chromatography (AOAC, 2000) ศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้เครื่อง pH meter

## ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากเม่าจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่า พบว่า กากเม่าจากการทำน้ำเม่ามีค่าปริมาณวัตถุแห้ง คาร์โบไฮเดรต เยื่อใยทั้งหมด เยื่อใยที่ไม่ละลายน้ำและพลังงานสูงกว่ากากเม่าจากการทำไวน์เม่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่กากเม่าจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่ามีค่าโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใยที่ละลายน้ำ และพลังงานจากไขมันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (Table 1)

**Table 1** Chemical composition of mao pomace from the juice and wine production.

| | Mao pomace from juice | Mao pomace from wine | P-value |
|---|---|---|---|
| Dry matter,% | 35.83±0.10$^{a}$ | 27.52±1.00$^{b}$ | 0.0001 |
| Protein, % | 2.56±0.03 | 2.64±0.07 | 0.1000 |
| Fat,% | 1.28±0.08 | 1.44±0.49 | 0.1500 |
| Ash,% | 1.69±0.06 | 1.51±0.08 | 0.1000 |
| Total carbohydrate,% | 30.43±0.18$^{a}$ | 22.30±2.59$^{b}$ | 0.0001 |
| Total dietary fiber, % | 27.09±0.18$^{a}$ | 24.53±0.41$^{b}$ | 0.0001 |
| Soluble dietary fiber, % | 1.17±0.08 | 1.24±0.26 | 0.0600 |
| Insoluble dietary fiber, % | 25.92±0.16$^{a}$ | 23.29±0.26$^{b}$ | 0.0410 |
| Total calories, Kcal/100g | 142.96±2.80$^{a}$ | 111.24±2.98$^{b}$ | 0.0001 |
| Calories from fat, | 11.52±0.06 | 12.96±0.10 | 0.0703 |

$^{a-b}$ Means with different superscripts within the same row differ significantly (P<0.05)

จากการวิเคราะห์ชนิดของไวตามินในกากเม่าจากการน้ำเม่าและไวน์เม่า พบว่า กากเม่าจากการทำน้ำเม่ามีไวตามินบี1 และไวตามินอีในรูป alpha-tocopherol มากกว่ากากเม่าจากการทำไวน์เม่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่กากเม่าจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่ามีปริมาณไวตามินเอในรูป beta-carotene ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) นอกจากนี้ทั้งกากเม่าจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่าไม่สามารถตรวจพบไวตามินเอในรูป retinol, ไวตามิน บี 2 และไวตามินซีในรูป L-ascorbic acid (Table 2)

จากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในกากเม่าจากการน้ำเม่าและไวน์เม่า พบว่า กากเม่าจากการทำน้ำเม่ามีกรดอะมิโน Cystine และกรดอะมิโน Lysine มากกว่ากากเม่าจากการทำไวน์เม่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่กากเม่าจากการทำน้ำเม่ามีกรดอะมิโน Glutamic acid ต่ำกว่ากากเม่าจากการทำไวน์เม่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ทั้งกากเม่าจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่ามีกรดอะมิโน Aspartic acid, Serine, Threonine, Histidine, Glycine, Alanine, Arginine, Tyrosine, Valine, Methionine, Isoleucine, Phynylalanine, Tryptophan, Leucine และ Proline ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (Table 3)

**Table 2** Vitamin composition of mao pomace from the juice and wine production.

| | Mao pomace from juice production | Mao pomace from wine production | P-value |
|---|---|---|---|
| Vitamin A (Retinol), μg/100g | ND | ND | - |
| Vitamin A (β-carotene), μg/100g | 15.59±0.33 | 15.60±0.76 | 0.1400 |
| Vitamin B1 (Thiamine), mg/100g | 0.11±0.00[a] | 0.05±0.00[b] | 0.0001 |
| Vitamin B2 (Riboflavin), mg/100g | ND | ND | - |
| Vitamin C (L-ascorbic acid), mg/100g | ND | ND | - |
| Vitamin E (α-tocopherol), mg/100g | 4.10±0.02[a] | 1.38±0.00[b] | 0.0001 |

[ND] Not detected, [a-b] Means with different superscripts within the same row differ significantly ($P<0.05$)

**Table 3** Amino acid composition of mao pomace from the juice and wine production.

| | Mao pomace from juice production | Mao pomace from wine production | P-value |
|---|---|---|---|
| Aspartic acid, mg/100g | 196.50±6.36 | 206.50±0.71 | 0.0700 |
| Glutamic acid, mg/100g | 255.00±5.66[b] | 313.00±7.07[a] | 0.0001 |
| Serine, mg/100g | 92.50±3.54 | 99.00±1.41 | 0.0610 |
| Threonine, mg/100g | 99.50±3.54 | 95.50±0.71 | 0.0650 |
| Histidine, mg/100g | 195.00±2.83 | 191.00±0.00 | 0.0602 |
| Glycine, mg/100g | 110.50±3.54 | 110.00±0.00 | 0.0001 |
| Alanine, mg/100g | 94.50±3.54 | 98.00±1.41 | 0.0774 |
| Arginine, mg/100g | 110.00±4.24 | 141.50±2.12 | 0.0821 |
| Tyrosine, mg/100g | 68.50±2.12 | 67.50±0.71 | 0.0645 |
| Valine, mg/100g | 92.50±2.12 | 94.00±1.41 | 0.0665 |
| Methionine, mg/100g | 12.50±0.71 | 9.00±0.00 | 0.0651 |
| Cystine, mg/100g | 37.00±1.41[a] | 30.00±0.00[b] | 0.0001 |
| Isoleucine, mg/100g | 74.50±0.71 | 74.00±1.41 | 0.0628 |
| Phenylalanine, mg/100g | 92.50±4.95 | 85.50±6.36 | 0.0778 |
| Tryptophan, mg/100g | 10.00±0.00 | 11.00±0.00 | 0.0884 |
| Leucine, mg/100g | 151.50±3.54 | 156.00±1.41 | 0.0754 |
| Lysine, mg/100g | 154.50±2.12[a] | 132.50±2.12[b] | 0.0001 |
| Proline, mg/100g | 147.00±1.41 | 138.50±2.12 | 0.0663 |

[a-b] Means with different superscripts within the same row differ significantly ($P<0.05$)

จากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอินทรีย์ รวมทั้งค่าความเป็นกรด-ด่างในกากเม่าจากการน้ำเม่าและไวน์เม่า พบว่า กากเม่าจากการทำน้ำเม่ามีกรดอินทรีย์ Tartaric acid, Malic acid และ Citric acid สูงกว่ากากเม่าจากการทำไวน์เม่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่กากเม่าจากการทำน้ำเม่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่ากากเม่าจากการทำไวน์เม่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ทั้งกากเม่าจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่าไม่สามารถตรวจพบกรดอินทรีย์ Lactic acid และกรดอินทรีย์ Gluconic acid (Table 4)

**Table 4** Organic acid composition and pH of mao pomace from the juice and wine production.

| | Mao pomace from juice production | Mao pomace from wine production | P-value |
|---|---|---|---|
| Tartaric acid, g/100g | 0.22±0.02[a] | 0.16±0.01[b] | 0.0001 |
| Malic acid, g/100g | 0.05±0.00[a] | 0.03±0.00[b] | 0.0002 |
| Citric acid, g/100g | 0.43±0.02[a] | 0.15±0.01[b] | 0.0001 |
| Lactic acid, g/100g | ND | ND | - |
| Gluconic acid, g/100g | ND | ND | - |
| pH | 3.61±0.01[b] | 3.75±0.01[a] | 0.0004 |

[ND] Not detected, [a-b] Means with different superscripts within the same row differ significantly ($P<0.05$)

## วิจารณ์ผล

จากงานวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน ชนิดและปริมาณของไวตามิน ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ที่สำคัญ รวมไปถึงค่าความเป็นกรด-ด่างของกากเม่าสดจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่า พบว่ากากเม่าจากการทำน้ำเม่ามีปริมาณวัตถุแห้ง คาร์โบไฮเดรต เยื่อใยทั้งหมด เยื่อใยที่ไม่ละลายน้ำ พลังงาน ไวตามินบี 1 ไวตามินอีในรูปของ alpha-tocopherol กรดอะมิโน cystine และ lysine กรดทาทาริค กรดมาลิคและกรดซิตริก สูงกว่ากากเม่าจากการทำไวน์เม่า ($P<0.05$) สอดคล้องกับดนุพล และคณะ (2555) รายงานว่ากากเม่ามีปริมาณกรดมาริคสูง ซึ่งกรดอินทรีย์นี้ สามารถช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของแพะ นอกจากนี้ Vasupen และคณะ (2011) รายงานว่ากากเม่าสดเป็นเศษเหลือจากการผลิตน้ำเม่าและไวน์เม่ามีกรดอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ เช่น กรดมาริค กรดซิทริกและกรดทาร์ทาริก และสารอาหารอื่นๆที่เป็นประโยชน์ กากเม่าจากการทำน้ำเม่ามีกรดอะมิโนกลูตามิคและค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่ากากเม่าจากการทำไวน์เม่า ($P<0.05$) นอกจากนี้กากเม่าจากการทำน้ำเม่าและไวน์เม่าตรวจไม่พบไวตามินเอในรูปของเรตินอล ไวตามินบี2 ไวตามินซีในรูปของแอล-แอสคอบิก แอซิค กรดแลคติกและกรดกลูโคนิค

## สรุปผล

กากเม่าจากการทำน้ำเม่ามีปริมาณวัตถุแห้ง คาร์โบไฮเดรต เยื่อใยทั้งหมด เยื่อใยที่ไม่ละลายน้ำ พลังงาน ไวตามินบี1 ไวตามินอีในรูปของ alpha-tocopherol กรดอะมิโน cystine และ lysine กรดทาทาริค กรดมาลิคและกรดซิตริก มากกว่ากากเม่าจากการทำไวน์เม่า แต่กากเม่าจากการทำน้ำเม่ามีกรดอะมิโนกลูตามิคและค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่ากากเม่าจากการทำไวน์เม่า ดังนั้นการจะตัดสินใจนำกากเม่าสดจากการนำน้ำเม่าและไวน์เม่าไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ควรคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการของกากเม่าแต่ละชนิดด้วย

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณปี 2558 ขอขอบคุณอาจารย์คนพ วรรณวงศ์ เจ้าของตัวอย่างกากเม่าเพื่อทำการวิจัยในครั้งนี้ และขอบขอบคุณ ดร.สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

## เอกสารอ้างอิง

ดนุพล สุพรรณภูวงษ์ อุไร นนท์อาษา เสมอใจ บุรีนอก ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ ศศิพันธ์ วงสุทธาวาส ปราโมทย์ แพงคำ ฉลอง วชิราภาภร เมธา วรรณพัฒน์ และเฉลิมพล เยื้องกลาง, 2555, ผลของการเสริมกากเม่าต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะในแพะ, แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 2): 223-229.

สุดารัตน์ สกุลคู, 2555, หมากเม่าสกลนคร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร, สกลนคร. 28 หน้า

AOAC, 2000, Official Methods of AOAC International, 17$^{th}$ ed., The Association of Official Analytical Chemists, USA.

Hoffmann, P., 2005, Antidesma in Malesia and Thialand, Kew Publishing Royal Botanic Gardens, UK. 292 p.

Nuengchamnong, N. and Ingkaninan, K., 2010, On-line HPLC-MS-DPPH Assay for the Analysis of Phenolic Antioxidant Compounds in Fruit Wine: *Antidesma thwaitesianum* Muell, Food Chemistry, 118(1): 147-152.

Puangpronpitag, D., Areejitranusorn, P., Boonsiri, P., Suttajt, M. and Yongvanit, P., 2008, Antioxidant Activities of Phenolic Compounds Isolated from *Antidesma thwaitesianum* Muell. Arg. Seeds and Marcs, Journal of Food Science, 73: 648-653.

Puangpronpitag, D., Yongvanit, P., Boonsiri, P., Suttajt, M., Areejitranusorn, P. and Na, H.K., 2011, Molecular Mechanism Underlying Anti-apoptotic and Anti-inflammatory Effects of Mamao (*Antidesma thwaitesianum* Muell. Arg.) Polyphenolics in Human Breast Epithelial Cell, Food Chemistry, 127(1): 1405-1458.

Vasupen, K., Yuangklang, C., Mitchoathai, J., Wongsuthavas, S., Kesorn, P., Traiyakun, S., Bureenok, S. and Beynen, A.C., 2011, Effects of Supplemented Fresh Mao Pomace and Organic Acids on Growth Performance of Native (Kadon) pigs, The 3$^{rd}$ International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC2011), July 26-29, 2011 Nakon Ratchasima, Thailand, 834-836.

# ผลของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดต่อพฤติกรรมการซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

# Effect of Marketing Mix Variables on Packed Brown Rice Purchasing Behavior of Consumers in the Bangkok Metropolitan Region

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์[1] และ อธิคุณ ชาญศิริวิริยกุล[1]
Apintanapong, M.[1] and Chansiriwiriyakul, A.[1]

## Abstract

Marketing mix (4P); product, price, place and promotion; is a combination of marketing tools that are used to satisfy the target customers and achieving organization goals. The objective of this research was to determine the effect of these marketing mix variables on packed brown rice purchasing behavior of consumers in the Bangkok Metropolitan Region. Results showed that consumers' age had a significant relationship ($p \leq 0.05$) with variables that were nutritional value, low price, suitable price, discount coupons, membership system, free gifts, free samples and product consultants. The customers' education had a significant impact on rice tenderness and cleanliness, while customers' income had an impact on low price product and advertisement. All variables had no significant relationship with buying frequency, except advertisement ($p \leq 0.05$). However, beautiful packaging, safety packaging, advertisement, discount coupons, membership system, free gifts and free samples affected the buying amount ($p \leq 0.05$).

**Keywords:** brown rice, consumer behavior, marketing mix variables, promotion

## บทคัดย่อ

ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด คือ ด้านผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด เป็นการผสมผสานเครื่องมือทางการตลาดที่ใช้เพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจและทำให้องค์กรประสบความสำเร็จ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวต่อพฤติกรรมการซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จากผลการวิจัย พบว่าผู้บริโภคที่อายุแตกต่างกันให้ความสำคัญกับเรื่องคุณค่าทางโภชนาการ ราคาที่ถูกและเหมาะสมกับคุณภาพ ระบบส่วนลด ระบบสมาชิก การแจกของแถม การมีตัวอย่างให้ทดลองชิม และการมีพนักงานคอยแนะนำสินค้า แต่ระดับการศึกษาที่แตกต่างกันจะให้ความสำคัญกับสินค้าในด้านความนุ่มและความสะอาด ขณะที่รายได้ที่แตกต่างกันให้ความสำคัญกับราคาที่ถูกและการโฆษณา ในด้านความถี่และปริมาณในการซื้อ พบว่าปัจจัยทุกด้านไม่มีผลกับความถี่ในการซื้อ ยกเว้นการโฆษณา แต่ปัจจัยที่มีผลกับปริมาณการซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง ได้แก่ ความสวยงาม รูปแบบการบรรจุที่ปลอดภัย การมีโฆษณา การมีระบบส่วนลด ระบบสมาชิก การแจกของแถม และการมีตัวอย่างให้ทดลองชิม

**คำสำคัญ**: ข้าวกล้อง พฤติกรรมผู้บริโภค ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด การส่งเสริมการตลาด

## คำนำ

ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด ล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยสำคัญที่นักการตลาดให้ความสนใจและพยายามผสมผสานเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการจัดทำแนวทางในการดำเนินธุรกิจ ทำให้เกิดความสำเร็จและสามารถแข่งขันกับคู่แข่งในตลาดได้ (จินตนา, 2552)

สำหรับผู้ประกอบการในธุรกิจจัดจำหน่ายข้าวกล้องบรรจุถุง การวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการเลือกซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงและงานวิจัยอื่นๆ ที่ใกล้เคียงนั้นเป็นประโยชน์กับ

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400
[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vibhavadee-Rangsit Road, Dindaeng, Bangkok 10400

การนำไปใช้เป็นข้อมูลในการดำเนินธุรกิจ เช่น งานวิจัยของ ศุภวัชร์ (2549) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง ปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการเลือกซื้อข้าวสารบรรจุถุงของผู้บริโภคในอำเภอเมือง จังหวดเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ที่เคยซื้อและบริโภคข้าวสารบรรจุถุงในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 400 ราย พบว่าชนิดของข้าวสารบรรจุถุงที่ผู้ตอบแบบสอบถามซื้อมากที่สุดคือข้าวหอมมะลิ รองลงมาคือ ข้าวกล้อง ขนาดบรรจุที่ซื้อมากที่สุดคือ ขนาด 5 กิโลกรัมและขนาด 1 กิโลกรัม ตราสินค้าที่ซื้อมากที่สุดคือ ตราหงส์ทอง รองลงมาคือตรานกคู่ เหตุผลในการเลือกซื้อ 3 อันดับแรกคือ ความสะอาด ความเคยชินและรสชาติ โดยสิ่งกระตุ้นที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อในระดับมาก คือ สถานที่สะดวกใกล้บ้านหรือที่ทำงาน และพิจารณาว่าราคาถูกกว่าที่อื่น บุคคลที่มีส่วนในการตัดสินใจซื้อคือครอบครัว โดยทำการซื้อทุกเดือนมากที่สุด ปัจจัยส่วนประสมการตลาดมีความสำคัญโดยรวมอยู่ในระดับมาก ปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญที่สุดในด้านผลิตภัณฑ์ คือ ความสะอาดและความปลอดภัย ด้านราคาเห็นว่าราคาเหมาะสมกับคุณภาพ ปัจจัยด้านการจัดจำหน่าย คือ หาซื้อง่าย ส่วนปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาดเห็นว่า ซื้อ 1 แถม 1 มีความสำคัญมากที่สุด หรืองานวิจัยของ สรียา และลักขณา (2555) ซึ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (4Ps) ที่มีต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุถุงของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพฯ พบว่าปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์และปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่ายมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุถุงในด้านชนิดข้าวสารบรรจุถุงที่เลือกซื้อ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์และปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาดมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุถุงในด้านราคาข้าวสารบรรจุถุงที่ซื้อ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่มีนั้นอาจมีข้อมูลและผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันไปตามลักษณะทางประชากรศาสตร์และสภาพแวดล้อมอื่นๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาด ต่อพฤติกรรมการซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุงในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ดังนี้

**<u>กลุ่มตัวอย่าง</u>**: ประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุง การกำหนดขนาดตัวอย่างใช้สูตรการหาขนาดตัวอย่างของ Yamane (1973) คำนวณได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 400 คน

**<u>เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย</u>**: เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งได้ลำดับเนื้อหาแบบสอบถามให้ครอบคลุมข้อมูลที่ต้องการ โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ 1) คำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล 2) คำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุง และ 3) คำถามเกี่ยวกับระดับความสำคัญของกระบวนการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องบรรจุถุง

**<u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>**: ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดกับลักษณะทางประชากรศาสตร์และพฤติกรรมการซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ได้แก่ความถี่และปริมาณในการซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 1 ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดทุกปัจจัยไม่มีผลกับเพศที่ตัดสินใจซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง และอายุ ระดับการศึกษาและรายได้ที่แตกต่างกันส่วนใหญ่ไม่มีผลต่อการให้ระดับความสำคัญปัจจัยทางการตลาดทุกด้านที่ใช้ในการตัดสินใจซื้อเช่นกัน ($p > 0.05$) ยกเว้นอายุที่แตกต่างจะให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ในเรื่องคุณค่าทางโภชนาการ ราคาที่ถูกและเหมาะสมกับคุณภาพ และการส่งเสริมทางการตลาดด้านระบบส่วนลด ระบบสมาชิก การแจกของแถม การมีตัวอย่างให้ทดลองชิมและการมีพนักงานคอยแนะนำสินค้า ส่วนผู้บริโภคที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกันให้ความสำคัญกับสินค้าในด้านความนุ่มและความสะอาดของเมล็ดข้าว ขณะที่ผู้บริโภคที่มีรายได้ที่แตกต่างกันให้ความสำคัญกับเรื่องราคาที่ถูกและการโฆษณาผ่านสื่อต่างๆ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 ในการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด พบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดทุกด้านไม่มีผลกับความถี่ในการซื้อ ($p > 0.05$) ยกเว้นการโฆษณาผ่านสื่อต่างๆ เท่านั้น ($p \leq 0.05$) แต่ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลกับปริมาณการซื้อขาวกล้องบรรจุถุง ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ คือความสวยงามและรูปแบบการบรรจุที่

ปลอดภัย ด้านการส่งเสริมการตลาด คือการมีโฆษณาผ่านสื่อต่างๆ การมีระบบส่วนลด ระบบสมาชิก การแจกของแถม และการมีตัวอย่างให้ทดลองชิม ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิจัยพบว่าบางส่วนเป็นไปในทางเดียวกันกับงานวิจัยอื่น คือ งานวิจัยของ รจรินทร์ (2551) ที่ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวหอมมะลิบรรจุถุงของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครพบว่า ปัจจัย ส่วนประสมทางการตลาดทั้งสี่นั้น ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความสะอาดของข้าวและถุงบรรจุภัณฑ์ ราคาที่เหมาะสมกับคุณภาพ ความสะดวกและง่ายในการซื้อหา และการลดราคา นอกจากนี้พบว่าผลการวิจัยบางส่วนสอดคล้องกับผลการวิจัยของ กมลรัตน์ (2551) ซึ่งทำการวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดต่อการตัดสินใจซื้อข้าวหอมมะลิบรรจุถุง พบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อความถี่และปริมาณในการซื้อข้าวหอมมะลิบรรจุถุง ด้านราคาพบว่าไม่มีผลต่อความถี่ในการซื้อแต่มีผลกับปริมาณในการซื้อ ขณะที่ด้านช่องทางการจัดจำหน่ายและการส่งเสริม การตลาดมีผลกับทั้งความถี่และปริมาณในการซื้อ ในเรื่องลักษณะทางประชากรศาสตร์ กมลรัตน์ (2551) พบว่าเพศ ให้ความสำคัญกับปัจจัยทางการตลาดที่ใช้ในการตัดสินใจซื้อด้านผลิตภัณฑ์เท่านั้น แต่ระดับการศึกษาต่างกันให้ความสำคัญกับปัจจัยทุกด้าน ส่วนด้านอายุและรายได้ต่อเดือนไม่มีความแตกต่างกันในการให้ความสำคัญกับปัจจัยทั้งสี่

Sricham และคณะ (2014) พบว่าจากการศึกษาเกี่ยวกับการซื้อข้าวอินทรีย์ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ลักษณะทางประชากรศาสตร์ คือ เพศ อายุ สถานภาพการสมรส ระดับการศึกษา รายได้และอาชีพ ไม่มีผลกับความถี่ในการซื้อ ส่วนอายุและสถานภาพการสมรสเท่านั้นที่มีผลกับปริมาณในการซื้อ ($p \leq 0.01$)

จินตนา (2552) รายงานว่า เพศ อายุ สถานภาพการสมรส ระดับการศึกษา รายได้ที่แตกต่างกันของผู้บริโภคมีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่อาชีพที่แตกต่างกันมีพฤติกรรมต่างกัน ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ประโยชน์ คุณภาพ บรรจุภัณฑ์ ตราสินค้า และปัจจัยอื่น ได้แก่ ราคาสินค้า ช่องทางการจัดจำหน่ายและการส่งเสริมการขายมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเลือกซื้อข้างกล้องบรรจุถุงของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร

## สรุปผล

ในด้านประชากรศาสตร์ พบว่า เพศไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดทั้งสี่ ส่วนอายุมีผลกับการเลือกซื้อโดยผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณค่าทางโภชนาการ ราคาและการส่งเสริมทางการตลาด ในด้านระดับการศึกษาจะมีผลกับการเลือกซื้อโดยผู้บริโภคจะพิจารณาที่คุณภาพข้าวคือ ความนุ่มและความสะอาด ส่วนด้านรายได้ มีผลกับราคาและการใช้โฆษณา สำหรับการวิเคราะห์ด้านพฤติกรรมการซื้อข้าวกล้องบรรจุถุง ได้แก่ ความถี่และปริมาณนั้นโดยภาพรวมหากต้องการเพิ่มความถี่และปริมาณในการซื้อ ควรเน้นในด้านการส่งเสริมการตลาดเป็นหลัก และใช้รูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามและปลอดภัย

## เอกสารอ้างอิง


กมลรัตน์ แสงจันทร์, 2551, พฤติกรรมผู้บริโภคในการซื้อข้าวหอมมะลิบรรจุถุงในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล, การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

จินตนา เพชรพงศ์, 2552, ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อข้าวกล้องบรรจุถุงของผู้บริโภค ในเขตกรุงเทพมหานคร, สารนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

รจรินทร์ เมธวนิช, 2551, ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อข้าวหอมมะลิบรรจุถุงของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร, สารนิพนธ์มหาบัณฑิต, ภาควิชาการตลาด, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศุภวัชร์ ยาวิสิทธิ์, 2549, ปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการเลือกซื้อข้าวสารบรรจุถุงของผู้บริโภคในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่, การค้นคว้าแบบอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สรียา อัชฌาสัย และลักคณา วรศิลป์ชัย, 2555, ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุถุงในเขตกรุงเทพมหานคร, วารสารปัญญาภิวัฒน์ ฉ.2:22-37.

Sricham, J., Kuhaswonvetch, S. and Rojniruttiku, N., 2015, Purchasing Behavior of Organic Rice of Consumers in Bangkok Metropolitan Area, Proceedings of Annual Tokyo Business Research Conference, Waseda University, Tokyo, japan.

Yamane, T., 1973, Statistics: An Introductory Analysis, (Third edition), New York: Harper and Row Publication.

**Table 1** Effect of 4Ps marketing mix variables on Demographic characteristics.

| ปัจจัยทางการตลาด | | Significant Level | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | เพศ | อายุ | ระดับการศึกษา | รายได้ต่อเดือน |
| ด้านผลิตภัณฑ์ | ตราสินค้ามีชื่อเสียง | 0.244 | 0.917 | 0.211 | 0.221 |
| | ความนุ่มของข้าว | 0.606 | 0.561 | 0.046* | 0.704 |
| | ความสะอาดของข้าว | 0.716 | 0.470 | 0.029* | 0.299 |
| | ความสวยงามของบรรจุภัณฑ์ | 0.532 | 0.219 | 0.818 | 0.563 |
| | ได้รับเครื่องหมายรับรองคุณภาพ | 0.426 | 0.464 | 0.565 | 0.427 |
| | คุณค่าทางโภชนาการ | 0.730 | 0.000* | 0.122 | 0.400 |
| | ขนาดบรรจุ | 0.710 | 0.062 | 0.753 | 0.641 |
| | รูปแบบการบรรจุที่ปลอดภัย | 0.246 | 0.693 | 0.514 | 0.636 |
| ด้านราคา | ราคาถูก | 0.334 | 0.016* | 0.367 | 0.008* |
| | ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ | 0.969 | 0.041* | 0.237 | 0.887 |
| | ราคาเหมาะสมกับปริมาณ | 0.174 | 0.437 | 0.767 | 0.876 |
| ด้านช่องทาง | สถานที่จัดจำหน่ายสะดวก / หาซื้อง่าย | 0.721 | 0.434 | 0.743 | 0.435 |
| การจัดจำหน่าย | สถานที่จัดจำหน่ายมีสินค้าให้เลือกหลาย | 0.656 | 0.926 | 0.677 | 0.901 |
| ชนิด | | 0.486 | 0.525 | 0.267 | 0.550 |
| | สถานที่จัดจำหน่ายสะอาด สวยงาม | | | | |
| ด้านการ | มีการโฆษณาผ่านสื่อต่างๆ | 0.184 | 0.070 | 0.277 | 0.046* |
| ส่งเสริม | มีระบบส่วนลด ระบบสมาชิก | 0.726 | 0.017* | 0.302 | 0.533 |
| การตลาด | มีการแจกของแถมต่างๆ | 0.906 | 0.004* | 0.086 | 0.272 |
| | มีตัวอย่างให้ทดลองชิม | 0.523 | 0.003* | 0.668 | 0.395 |
| | มีพนักงานคอยแนะนำสินค้า | 0.607 | 0.000* | 0.499 | 0.816 |

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ≤ 0.05

**Table 2** Effect of 4Ps marketing mix variables on purchasing frequency and amount.

| ปัจจัยทางการตลาด | | Significant Level | |
|---|---|---|---|
| | | ความถี่ในการซื้อ | ปริมาณในการซื้อ |
| ด้านผลิตภัณฑ์ | ตราสินค้ามีชื่อเสียง | 0.083 | 0.316 |
| | ความนุ่มของข้าว | 0.525 | 0.802 |
| | ความสะอาดของข้าว | 0.220 | 0.385 |
| | ความสวยงามของบรรจุภัณฑ์ | 0.260 | 0.008* |
| | ได้รับเครื่องหมายรับรองคุณภาพ | 0.866 | 0.323 |
| | คุณค่าทางโภชนาการ | 0.815 | 0.051 |
| | ขนาดบรรจุ | 0.479 | 0.079 |
| | รูปแบบการบรรจุที่ปลอดภัย | 0.736 | 0.035* |
| ด้านราคา | ราคาถูก | 0.986 | 0.216 |
| | ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ | 0.248 | 0.626 |
| | ราคาเหมาะสมกับปริมาณ | 0.909 | 0.844 |
| ด้านช่องทาง | สถานที่จัดจำหน่ายสะดวก / หาซื้อง่าย | 0.379 | 0.317 |
| การจัดจำหน่าย | สถานที่จัดจำหน่ายมีสินค้าให้เลือกหลายชนิด | 0.293 | 0.375 |
| | สถานที่จัดจำหน่ายสะอาด สวยงาม | 0.946 | 0.403 |
| ด้านการ | มีการโฆษณาผ่านสื่อต่างๆ | 0.041* | 0.029* |
| ส่งเสริม | มีระบบส่วนลด ระบบสมาชิก | 0.729 | 0.000* |
| การตลาด | มีการแจกของแถมต่างๆ | 0.430 | 0.024* |
| | มีตัวอย่างให้ทดลองชิม | 0.328 | 0.014* |
| | มีพนักงานคอยแนะนำสินค้า | 0.271 | 0.411 |

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ≤ 0.05

# ผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและธาตุอาหารหลักในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่ปลูกในชุดดินอยุธยา

# Effect of Nitrogen Site Specific Fertilizer on Yield and Primary Nutrition in Rice RD41 Variety Planted in Ayutthaya Soil Series

**สายชล สุขญาณกิจ**[1] **และ ธนพัฒน์ ปลื้มพวก**[2]

Sukyankij, S.[1] and Pluemphuak, T.[2]

## Abstract

The objective of this experiment was to study the effect of nitrogen and accumulation of macro nutrients in rice RD41 at vegetative, reproductive and harvesting stages. Result showed that nitrogen application as traditional farmers' usage ($N_F$) had the highest accumulation of nitrogen and potassium at all stages, while two folds of nitrogen application, according to soil analysis ($N_{2SSF}$) had the highest accumulation of phosphorus at the reproductive stage and harvesting stage. The $N_F$ treatment resulted in the greatest shoot dry weight and grain yield (1,293.2 and 930.0 kg/rai, respectively). Results also showed that $N_F$ treatment had 6-fold greater nutrients than $N_{SSF}$, but grain yield was decreased by about 7.4% and the no-nitrogen fertilizer treatment resulted in a decrease in grain yield of 35.4 % compared to the $N_F$ treatment.

**Keywords:** nitrogen fertilizer, rice RD41 variety, Ayutthaya soil series

## บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และการสะสมธาตุอาหารหลักของข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ที่ระยะการเจริญทางลำต้น ระยะตั้งท้อง และระยะเก็บเกี่ยว วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตามวิธีเกษตรกร ($N_F$) มีการสะสมธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมในข้าวสูงที่สุดทั้ง 3 ระยะ ขณะที่การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นสองเท่าจากค่าวิเคราะห์ดิน ($N_{2SSF}$) พบว่ามีการสะสมของฟอสฟอรัสสูงสุดที่ระยะตั้งท้องและระยะเก็บเกี่ยว โดยการใช้ปุ๋ยวิธี $N_F$ ทำให้ข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและผลผลิตเมล็ดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือ 1,293.2 และ 930.0 กก./ไร่ เมื่อพิจารณาจากสูตรปุ๋ยที่ใช้พบว่าการใช้ปุ๋ยตามวิธี $N_F$ มีปริมาณมากกว่าวิธี $N_{SSF}$ ประมาณ 6 เท่า ส่วนผลผลิตข้าวที่ลดลงมีประมาณร้อยละ 7.4 ขณะที่การไม่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ผลผลิตลดลงร้อยละ 35.4 เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยตามวิธี $N_F$

**คำสำคัญ:** ปุ๋ยไนโตรเจน ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ชุดดินอยุธยา

## คำนำ

ข้าวถือเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย ในปัจจุบันการผลิตข้าวของประเทศถือว่ามีต้นทุนการผลิตสูงกว่าในอดีตเนื่องจากมีการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกันอย่างมาก ปุ๋ยเคมีที่สำคัญในการผลิตข้าวปัจจุบันคือปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของไนโตรเจนเป็นหลัก เช่น ปุ๋ยยูเรีย เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนของพืช เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีความสำคัญในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างพลังงานแก่ต้นพืช และช่วยให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ครบชีพจักร (ยงยุทธ, 2552) ในพื้นที่ภาคกลางโดยเฉพาะจังหวัดพระนครศรีอยุธยาถือเป็นแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญของประเทศ ดังนั้นการศึกษาการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวในพื้นที่จึงถือว่ามีความสำคัญมาก ทั้งนี้เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อการผลิตข้าวในอัตราที่เหมาะสม และช่วยลดต้นทุนการผลิต ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ที่ปลูกในชุดดินที่อยู่

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

[2] ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[2] Central Laboratory and Greenhouse Complex, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon pathom 73140

ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ที่ระยะการเจริญทางลำต้น ระยะตั้งทอง และระยะเก็บเกี่ยว

## อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ศึกษาในแปลงเกษตรกรอำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นชุดดินอยุธยา(Very-fine, mixed, active, acid, isohyperthermic, Vertic Endoaquepts) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554) ลักษณะของดินที่ใช้ทดลองแสดงใน Table 1 ใช้ข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ในการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) 4 ตำรับทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) ไม่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (ตำรับควบคุม, $N_0$) 2) ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตามวิธีเกษตรกรคือ 12.5 กก. N/ไร่ ($N_F$) 3) ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดินคือ 1.8 กก.N/ไร่ ($N_{SSF}$) และ 4) ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นสองเท่าของค่าวิเคราะห์ดินคือ 3.6 กก.N/ไร่ ($N_{2SSF}$) โดยการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดินนั้นทำโดยเติมไนโตรเจนส่วนที่ขาดให้สอดคล้องกับความต้องการธาตุไนโตรเจนของข้าว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557) การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใช้การใส่ตามค่าวิเคราะห์ดินคือ 1.6 กก.$P_2O_5$/ไร่ และ 0 กก. $K_2O$/ไร่ ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟตธรรมดา (0-20-0) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ที่ระยะ 25 และ 50 วันหลังหว่านเมล็ด แปลงทดลองที่ใช้มีขนาด 4x5 เมตร ปลูกข้าวโดยใช้วิธีหว่านอัตราเมล็ด 25 กก./ไร่ การเก็บข้อมูล น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน/ไร่ น้ำหนักเมล็ด/ไร่ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่ระยะการเจริญทางลำต้น (35 วัน) ระยะตั้งทอง (70 วัน) และระยะเก็บเกี่ยว (120 วัน) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของตัวแปรต่างๆ และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### ปริมาณธาตุอาหารหลักในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์ กข. 41

ปริมาณธาตุอาหารหลักในข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 แสดงใน Table 2 พบว่า ในช่วง 40 วันหลังหว่านเมล็ด การสะสมธาตุอาหารในต้นข้าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยการใช้ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร ($N_F$) มีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงที่สุด (N=2.35%, P=0.27%, K=2.20%) ที่ระยะ 70 วันหลังหว่านเมล็ดพบว่า ปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยการใช้ปุ๋ยตามวิธี $N_F$ มีปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูงที่สุด (N=0.61%, K=1.77%) ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ที่ระยะ 120 วันหลังหว่านเมล็ด ปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยการใช้ปุ๋ยตามวิธี $N_F$ มีปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูงที่สุด (N=0.59%, K=1.89%) ส่วนฟอสฟอรัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยการใช้ปุ๋ยตามวิธี $N_{2SSF}$ มีปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวสูงที่สุด (P=0.067%) ไนโตรเจนนั้นเป็นธาตุที่มีความสำคัญอย่างมากในการเจริญของพืชโดยเฉพาะในช่วงระยะการเจริญทางลำต้นจะมีบทบาทสำคัญในด้านการสร้างโปรตีนซึ่งเป็นองค์ประกอบของเซลล์ เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งช่วยในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารไว้ใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป (ยงยุทธ, 2552) ซึ่งจากการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลองของ Alessandro และคณะ (2007) ได้ศึกษาการสะสมน้ำหนักแห้งปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในข้าวสาลีพบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนในระยะออกดอกและระยะสุกแก่มีความแตกต่างกันอย่างมาก โดยระยะออกดอกจะมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าระยะสุกแก่ ดังนั้นจะสังเกตได้ว่าในช่วงระยะการเจริญทางลำต้นนั้นปริมาณไนโตรเจนในพืชจะสูงกว่าที่ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะเก็บเกี่ยว ขณะที่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีความสำคัญต่อการแตกแขนงของรากรวมถึงการติดดอกออกผลซึ่งจะมีความสำคัญอย่างมากในช่วงระยะเริ่มติดดอกออกผลจนถึงระยะการสร้างเมล็ด (Barry และ Miller, 1989; Armengaud และคณะ, 2004) จากการทดลองของ Fageria และ Oliveira (2014) ได้ศึกษาอันตรกริยาของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในข้าวไร่พบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวไม่สามารถช่วยให้ข้าวมีผลผลิตออกมาได้ ขณะที่การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมร่วมกันสามารถช่วยให้ข้าวมีผลผลิตออกมาถึงแม้จะไม่มีการเติมปุ๋ยไนโตรเจนเลย ด้านปริมาณธาตุอาหารหลักในดินหลังปลูกพืชพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

### ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

ในด้านผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตพบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนวิธีต่างๆ มีผลให้น้ำหนักแห้งในส่วนเหนือดินและผลผลิตเมล็ดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตามวิธีเกษตรกร ($N_F$) มีน้ำหนักแห้งในส่วนเหนือดินและผลผลิตเมล็ดสูงที่สุดคือ 1,293.3 และ 930.0 กก./ไร่ ตามลำดับ รองลงมาการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา $N_{SSF}$, $N_{2SSF}$ และการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน $N_0$ มีปริมาณน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และผลผลิตเมล็ดต่ำที่สุด (Table 3) ซึ่ง

สอดคล้องกับการทดลองของอุไรวรรณ (2557) ซึ่งศึกษาการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในข้าวที่ปลูกในชุดดินสรรพยาพบว่า การใช้ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกรในพื้นที่ทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดต่อไร่ และจำนวนเมล็ดต่อรวงสูงกว่าการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใช้ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง ซึ่งไนโตรเจนสามารถช่วยเพิ่มดัชนีพื้นที่ใบของข้าว ทำให้ข้าวสามารถสังเคราะห์แสงและผลิตอาหารได้มากขึ้น ผลผลิตจึงสูงตามขึ้นตามไปด้วย (ยงยุทธ, 2552) เมื่อพิจารณาจากสูตรปุ๋ยที่ใช้พบว่า การใช้ปุ๋ยตามวิธี $N_F$ มีปริมาณไนโตรเจนมากกว่าวิธี $N_{SSF}$ ถึง 6 เท่า ส่วนผลผลิตข้าวที่ลดลงมีประมาณ 7.4 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การไม่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ผลผลิตลดลง 35.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยตามวิธี $N_F$ ขณะที่น้ำหนัก 100 เมล็ดพบว่า ไม่มีความแตกต่างในทุกตำรับทดลอง

## สรุปผล

การใช้ปุ๋ยตามวิธีการของเกษตรกรสามารถให้ผลผลิตข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ที่ปลูกในชุดดินอยุธยาได้สูงที่สุด ซึ่งปริมาณปุ๋ยที่ใช้มีมากกว่าการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 6 เท่า ขณะที่การใช้ปุ๋ยตามอัตราค่าวิเคราะห์ดินให้ผลผลิตลดลง 7.4% เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร ด้านปริมาณธาตุอาหารหลักในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตพบว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เกษตรกรในพื้นที่ใช้ ซึ่งเป็นอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่สูงสุดของการทดลองทำให้ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 สามารถสะสมธาตุอาหารหลักโดยเฉพาะไนโตรเจนและโพแทสเซียมได้มากที่สุด

## คำขอบคุณ

การทดลองนี้ได้รับทุนการอุดหนุนการวิจัยจากศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา และขอขอบคุณศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

## เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2554, โปรแกรมคำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง [สืบค้น], http://www.ldd.go.th/thโปรแกรมคำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง [22/ June/ 15]

กรมพัฒนาที่ดิน, 2557, แผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1:100,000 อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา [สืบค้น], http://oss101.ldd.go.th/web_th_soilseries/01_central/14_Ayutthaya/14_map/14_AMP/1401.pdf [22/ June/ 15]

ยงยุทธ โอสถสภา, 2552, ธาตุอาหารพืช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 529 หน้า

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์, 2557, การจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในชุดดินสรรพยา, วารสารเกษตร, 30(2): 113-140.

Alessandro, M., Laura, E., Marco, M. and Iduna, A., 2007. Post Anthesis Accumulation and Remobilization of Dry Matter, Nitrogen and Phosphorus in Durum Wheat as Affected by Soil Type, European Journal of Agronomy, 26: 179-186.

Armengaud, P., Breitling, R. and Amtmann, A., 2004, The Potassium Dependent Trancriptome of Arabedopsis Reveals A Prominent Role of Jasmonic Acid in Nutrient Signaling, Plant Physiology, 136: 2556-2576.

Barry, D.A.J. and Miller, M.H., 1998, Phosphorus Nutrition Requirement of Maize Seeding for Maximum Yield, Agronomy Journal, 81: 95-99.

Fageria, N.K. and Oliveira, J.P., 2014, Nitrogen, Phosphorus and Potassium Interactions in Upland Rice, Journal of Plant Nutrition, 37: 1586-1600.

**Table 1** Characteristics of Ayutthaya soil series before planting rice RD41 variety

| pH | Ec (dS/m) | OM (%) | Total N (mg/kg) | Avail P (mg/kg) | Exchang K (mg/kg) | Texture class |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4.95 | 0.95 | 2.47 | 2981.4 | 41.94 | 192.74 | Clay |

**Table 2** Effect of nitrogen rate on primary nutrition (N,P,K) in rice RD41 variety at difference growth stage

| Treatment | Vegetative stage (%)† | | | Reproductive stage (%)† | | | Harvesting stage (%)† | | | Soils after planting (mg/kg) † | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N1/ | P1/ | K1/ | N1/ | P1/ | K1/ | N1/ | P1/ | K1/ | N1/ | P2/ | K3/ |
| $N_0$ | 0.92 c | 0.17 c | 1.15 c | 0.25 c | 0.29 | 1.23 c | 0.16 b | 0.053 ab | 0.80 c | 2455 | 30.15 | 156.49 |
| $N_F$ | 2.35 a | 0.27 a | 2.20 a | 0.61 a | 0.30 | 1.77 a | 0.59 a | 0.036 b | 1.89 a | 2754 | 33.55 | 132.13 |
| $N_{SSF}$ | 1.42 b | 0.23 b | 1.60 b | 0.49 b | 0.32 | 1.60 ab | 0.24 b | 0.052 ab | 1.32 b | 2806 | 22.41 | 143.76 |
| $N_{2SSF}$ | 1.80 b | 0.25 ab | 1.69 b | 0.56 ab | 0.36 | 1.4 bc | 0.47 a | 0.067 a | 1.55 b | 2630 | 28.60 | 136.27 |
| F test | ** | ** | ** | ** | ns | ** | ** | * | ** | ns | ns | ns |

† mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT, ** indicated significant difference at P<0.01, * indicated significant difference at P<0.05, ns is not significantly difference at P>0.05, 1/ sample extraction with conc. $H_2SO_4$, 2/ sample extraction with Bray 2, 3/ sample extraction with $NH_4OAc$ pH 7

**Table 3** Effect of nitrogen rate on 100 grains weight, shoot dry weight, grain yield and decreasing yield percentage of rice RD41 variety

| Treatment | 100 grain weight (g) † | Shoot dry weight (kg/rai) † | Grain yield (kg/rai) † | Decreasing Yield (%)1/ |
|---|---|---|---|---|
| $N_0$ | 2.88 | 768.3 c | 601.6 c | 35.4 |
| $N_F$ | 2.79 | 1293.3 a | 930.0 a | 0 |
| $N_{SSF}$ | 2.94 | 1013.3 b | 861.6 b | 7.4 |
| $N_{2SSF}$ | 2.72 | 925.0 b | 831.6 b | 10.6 |
| F test | ns | ** | ** | - |

† mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT, ** indicated significant difference at P<0.01, ns is not significantly difference at P>0.05, 1/ Decreasing yield (%) = 100 - [(grain yield / maximum grain yield) x 100]

# ผลของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของต้นอ่อนข้าว

## The Effect of Full Nutrients on Growth Development of Young Rice Seedling

**กฤชญา ปัญญา[1] และ เนตรนภา อินสลุด[1]**

Panya, K.[1] and Insalud, N.[1]

### Abstract

When growing rice, nutrient availability has an effect on root growth after 3 days of germination. To gain a better understanding of this effect, 4 rice varieties were grown in different nutrient solutions, distilled water, 100 μmol phosphorus (P100), and full nutrient. There were two rice groups for root elongation; 1) PLS2 and HSK which showed the longest root in P100 and 2) CNT1 and RD 45 which had the longest root in distilled water. In regards to shoot development, PSL2, HSK and CNT1 had the greatest shoot growth in the full nutrient solution, while RD 45 had the greatest shoot growth in P100 and distilled water. However, after 10 days of germination, the plants grown in the full nutrient solution were better in leaf greenness and shoot development compared with other growth solutions for 3-9 folds. According to the results, the full nutrient supply is needed for 10 day-old rice seedlings.

**Keywords**: nutrient, rice, root growth, shoot growth

### บทคัดย่อ

การเจริญเติบโตของข้าว ธาตุอาหารมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของรากตั้งแต่ 3 วันแรกหลังงอก ในการศึกษาถึงผลกระทบนี้ ข้าว 4 สายพันธุ์ ถูกปลูกศึกษาในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน คือ น้ำกลั่น สารละลายที่มีธาตุฟอสฟอรัส 100 μmol ( P100) และสารละลายธาตุอาหารเพียงพอ ซึ่งแบ่งข้าวออกเป็น 2 กลุ่ม ตามการตอบสนองด้านการยืดขยายราก 1) พันธุ์พิษณุโลก 2 และหอมสกลนคร มีความยาวรากมากที่สุดในกรรมวิธี P100 และ 2) พันธุ์ชัยนาท 1 และ กข 45 มีความยาวรากมากที่สุดในน้ำกลั่น สำหรับพัฒนาการด้านลำต้น พันธุ์พิษณุโลก 2 หอมสกลนคร และชัยนาท 1 มีการเจริญเติบโตด้านลำต้นดีที่สุด เมื่อได้รับธาตุอาหารเพียงพอ ในขณะที่ กข 45 มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นดีที่สุดในกรรมวิธีที่ใส่น้ำกลั่น อย่างไรก็ตาม 10 วันหลังงอก ต้นข้าวที่เจริญเติบโตในธาตุอาหารเพียงพอมีค่าความเขียวใบ และพัฒนาการด้านลำต้นที่ดีกว่ากรรมวิธีอื่นถึง 3-9 เท่า ซึ่งเห็นได้ว่าธาตุอาหารมีความจำเป็นต่อต้นอ่อนข้าวตั้งแต่ 10 วันแรกหลังงอก

**คำสำคัญ**: ธาตุอาหาร ข้าว การเจริญเติบโตของราก การเจริญเติบโตของต้น

### คำนำ

ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกและพัฒนาการของต้นกล้าข้าวมีหลายปัจจัย ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ คือ ธาตุอาหาร ในระยะงอก และการพัฒนาการต้นอ่อนแหล่งธาตุอาหารหลักได้จากภายในเมล็ด หลังจากที่เมล็ดงอกรากอ่อนออกมา รากจะดูดหาอาหารจากแหล่งภายนอก ดังนั้นความอุดมสมบรูณ์ของดินจะเป็นปัจจัยส่งเสริมให้ต้นอ่อนข้าวได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอ อันจะส่งผลถึงการเจริญเติบโต การตั้งตัว และความแข็งแรงของกล้าข้าวเพิ่มขึ้นได้ ในการศึกษาอิทธิพลของชนิดหรือระดับธาตุอาหารต่อพัฒนาการของต้นอ่อนข้าวเพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ชัดเจนนั้น สามารถดำเนินการปลูกศึกษาข้าวที่เจริญในสารละลายธาตุอาหารที่สามารถควบคุมความเข้มข้น และชนิดของธาตุอาหารได้อย่างแม่นยำ อีกทั้งในการศึกษานี้ต้องการทราบถึงผลของฟอสฟอรัสต่อการส่งเสริมการเจริญของระบบราก ซึ่งอาจใช้เป็นข้อมูลในการทำ Pre-seed soaking เพื่อช่วยให้ต้นกล้าข้าวมีพัฒนาการ และความแข็งแรงที่ดีต่อไป

[1] สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Program in Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, 50290, Thailand

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษา 2 ปัจจัย คือ ระดับธาตุอาหาร และพันธุ์ข้าว โดยกำหนดสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ คือ กรรมวิธีที่ใส่น้ำกลั่นอย่างเดียว กรรมวิธีที่ใส่ธาตุฟอสฟอรัสเพียงธาตุเดียวที่ระดับ 100 µmol (P100) และกรรมวิธีที่ใส่สารละลายธาตุอาหารเต็มสูตรในระดับความเข้มข้นที่เพียงพอต่อการเจริญของข้าว มีความเข้มข้นของธาตุอาหาร (mol $m^{-3}$) $NO^{-3}$, 4.375; $K^+$, 3.95; $SO_4^{2-}$, 1.90; $Ca^{2+}$, 1.50; $Mg^{2+}$, 0.40; $NH^{4+}$, 0.625; $H_2PO^{4-}$, 0.20; $Na^+$, 0.20; $H_4SiO_4$, 0.10; และ micronutrients (mmol $m^{-3}$) Cl, 50; B, 25; Mn, 2; Zn, 2; Ni, 1; Cu, 0.5; Mo, 0.5; Fe-EDTA, 50. และปรับ pH เป็น 6.5 ด้วย KOH หรือ HCl (Insalud และคณะ, 2006) สายพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษานี้ 4 สายพันธุ์ คือ ชัยนาท 1 (CNT1) พิษณุโลก 2 (PSL2) หอมสกลนคร (HSK) และ กข 45 (RD 45) วางแผนการทดลองแบบ Factorials in Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยนำเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่ในน้ำ 12 ชั่วโมง บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง ย้ายเมล็ดมาปลูกบนตาข่ายที่ลอยบนสารละลายธาตุอาหารที่เตรียมไว้ในแต่ละกรรมวิธี โดยในแต่ละสิ่งทดลองใช้เมล็ดข้าว 50 เมล็ดต่อกระถางซึ่งบรรจุสารละลายกระถางละ 2 ลิตร ในระยะ 7 วันแรกหลังย้ายเมล็ด เก็บข้อมูล ความยาวราก และความสูงต้นทุกวัน เมื่อต้นข้าวอายุ 7 และ 10 วัน เก็บข้อมูล ความยาวราก ความสูงต้น จำนวนราก อบลดความชื้น ชั่งน้ำหนักแห้งราก และน้ำหนักแห้งต้น นอกจากนี้ที่ระยะ 10 วันหลังงอก เก็บข้อมูลความเขียวใบของใบข้าวที่แผ่ขยายเต็มที่ (YEB+1) โดยใช้เครื่อง Chlorophyll Meter ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น SPAD-502 Plus นำข้อมูลวิเคราะห์ทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

## ผลการทดลอง

ธาตุอาหารส่งผลต่อการเจริญของรากข้าวอย่างชัดเจนตั้งแต่ 3 วันแรกหลังงอก โดยข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และหอมสกลนคร ที่เจริญในกรรมวิธี P100 มีการยืดขยายความยาวรากเพิ่มขึ้นถึง 49 และ 26% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใส่น้ำกลั่น อิทธิพลของธาตุอาหารส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวชัดเจนขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยในช่วง 4-10 วันหลังงอก พัฒนาการและการเจริญของระบบรากมีการตอบสนองต่อกรรมวิธีที่ทดลองแตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน คือ กลุ่มที่ 1 พันธุ์พิษณุโลก 2 และหอมสกลนคร มีความยาวรากเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อปลูกในกรรมวิธี P100 โดยมีความยาวรากมากกว่ากรรมวิธีอื่นถึง 23 - 56% และกลุ่มที่ 2 คือ พันธุ์ชัยนาท 1 และ กข 45 มีความยาวรากมากที่สุดเมื่อปลูกในกรรมวิธีที่ใส่น้ำกลั่น โดยมีความยาวรากมากกว่ากรรมวิธีอื่นถึง 20 – 49% (Figure 1) สำหรับการเจริญเติบโตและพัฒนาการด้านลำต้นของข้าวที่อายุ 4-7 วันหลังงอก มีการตอบสนองต่อกรรมวิธีของสารละลายธาตุอาหารไปในทิศทางเดียวกัน โดยความสูงต้นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ชัยนาท 1 และหอมสกลนคร ที่ปลูกในกรรมวิธีที่ได้รับธาตุอาหารเพียงพอ มีความสูงมากกว่าต้นที่เจริญในกรรมวิธีที่ใส่น้ำกลั่นเพียงอย่างเดียวถึง 26 37 และ 67% ตามลำดับ ในขณะที่ความสูงต้นของข้าวพันธุ์ กข 45 ไม่มีความแตกต่างกันไม่ว่าจะปลูกในกรรมวิธีใด สำหรับน้ำหนักแห้งราก และน้ำหนักแห้งต้นของข้าวที่อายุ 7 และ 10 วันหลังงอก พบว่า มีการตอบสนองต่อกรรมวิธีที่ปลูกในทิศทางเดียวกัน โดยข้าวที่ปลูกในกรรมวิธีที่ใส่น้ำกลั่น และกรรมวิธี P100 มีน้ำหนักรากเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ได้รับธาตุอาหารเพียงพอถึง 30 - 46% และข้าวทุกพันธุ์ที่เจริญในกรรมวิธีที่ได้รับธาตุอาหารเพียงพอ มีน้ำหนักแห้งต้นเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ใส่น้ำกลั่นและกรรมวิธี P100 ถึง 28 – 56% เมื่อพิจารณาภาพรวมของลักษณะการเจริญเติบโตพบว่า น้ำหนักแห้งต้นมีความสอดคล้องกับค่าความเขียวใบ โดยใบข้าวของต้นที่เจริญในกรรมวิธีธาตุอาหารเพียงพอ มีค่าความเขียวใบ (SPAD value) มากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าความเขียวใบของแต่ละพันธุ์ที่ปลูกในกรรมวิธีที่ได้รับธาตุอาหารเพียงพอ ยังพบว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และหอมสกลนคร มีค่าความเขียวใบมากกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 และ กข 45 ถึง 20 – 32% (Table 1) นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารที่สะสมในเมล็ดที่ใช้ในการศึกษานี้ พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเมล็ดแตกต่างกัน โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงที่สุด เท่ากับ 0.42% รองลงมาคือ พิษณุโลก 2 หอมสกลนคร และ กข 45 ซึ่งมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเมล็ดเท่ากับ 0.38 0.34 และ 0.32% ตามลำดับ ทำให้เห็นถึงความสอดคล้องกับผลการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวในกรรมวิธีที่ใส่น้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว ที่จะเห็นได้ว่าชัยนาท 1 มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าพันธุ์อื่น

## วิจารณ์ผล

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตหลังการงอก โดยเฉพาะในวันที่ 3 รากข้าวของพันธุ์พิษณุโลก 2 และหอมสกลนคร มีการยืดขยายความยาวรากในกรรมวิธี P100 มากกว่าในกรรมวิธีอื่นๆ ในขณะที่พันธุ์

ชัยนาท 1 และ กข 45 ไม่ตอบสนองต่อกรรมวิธีที่มีธาตุอาหารต่างกัน ในด้านความยาวรากที่อายุ 3 วันหลังงอก ซึ่งการตอบสนองในลักษณะเช่นนี้ยังปรากฏไปจนถึงระยะ 7 วัน และมีความชัดเจนถึงผลของธาตุอาหารต่อการยืดขยายความยาวรากมากขึ้น โดยเฉพาะลักษณะเช่นนี้ในพันธุ์พิษณุโลก 2 และหอมสกลนครชัดเจนขึ้นถึง 7 วัน แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของพันธุ์ข้าวตั้งแต่ระยะการงอก โดยมีธาตุอาหารบางธาตุสามารถช่วยส่งเสริมให้รากข้าวยืดขยายได้มากขึ้น ซึ่งในการศึกษานี้ คือ ฟอสฟอรัส ในกรรมวิธี P100 ที่สามารถกระตุ้นให้รากข้าวมีความยาวเพิ่มขึ้นได้ในระยะแรก ซึ่งการตอบสนองเช่นนี้สามารถนำไปปรับใช้ในการทำ Pre seed soaking สำหรับการเตรียมกล้าปลูกสภาพแปลงได้ เมล็ดข้าวที่งอกรากและยืดขยายความยากรากได้มากย่อมมีโอกาสในการดูดอาหารอื่น ๆ ได้เพิ่มขึ้น อันส่งผลให้ต้นอ่อนข้าวเจริญเติบโตดีขึ้นได้

ด้านความสูงต้นของข้าวที่ทำการศึกษาทดลองในกรรมวิธีต่างๆ พบความแตกต่างด้านสายพันธุ์ตั้งแต่วันที่ 4 หลังงอก โดยหอมสกลนครในกรรมวิธีที่ได้รับธาตุเพียงพอมีความสูงต้นสูงแตกต่างจากพันธุ์อื่นอย่างชัดเจน และการตอบสนองต่อกรรมวิธีของสารละลายที่ปลูกต่อการเจริญเติบโตด้านลำต้นมีความแตกต่างอย่างชัดเจนในวันที่ 6 หลังงอกเป็นต้นไป ทำให้เห็นได้ว่าการตอบสนองด้านพัฒนาการของต้นต่อกรรมวิธีการปลูกนั้นช้ากว่าระบบราก และการตอบสนองแตกต่างกัน เช่น ในกรรมวิธี P100 ที่มีฟอสฟอรัสในสารละลายเพียงธาตุเดียวสามารถกระตุ้นให้รากข้าวของพันธุ์หอมสกลนครเพิ่มขึ้นได้ แต่พัฒนาการด้านลำต้นดีที่สุดในกรรมวิธีธาตุเพียงพอ ความแตกต่างในการตอบสนองของรากและต้นที่ต่างกันนั้น อาจเนื่องมาจากการพัฒนาการของลำต้นต้องการชนิด ปริมาณ และความสมดุลของธาตุอาหารต่าง ๆ เพื่อใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมที่มีความหลากหลายกว่าภายในราก เช่นเดียวกับการศึกษา เนตรนภา (2557) ที่พบว่า ความไม่สมดุลของธาตุอาหารโดยการได้รับธาตุตัวใดตัวหนึ่งที่น้อยกว่าความต้องการของข้าว แม้จะมีธาตุอื่นๆ ทุกชนิดที่ต้องการในปริมาณสูงอย่างพอเพียง แต่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ก็มีการเจริญเติบโตได้น้อยกว่ากรรมวิธีที่ได้รับธาตุอาหารในปริมาณน้อยแต่มีความสมดุลของธาตุอาหารที่ต้องการ โดยลักษณะที่พบว่ามีได้รับอิทธิพลของความไม่สมดุลของธาตุอาหารนั้น คือ ความสูงต้น ความยาวราก และความสามารถในการแตกกอลดลง ในการศึกษานี้ศึกษาต้นอ่อนข้าวถึงระยะ 10 วันหลังงอก ทำให้เห็นถึงผลที่ชัดเจนตั้งแต่วันที่ 3 และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ถึงวันที่ 7 และ 10 ซึ่งในการสะสมน้ำหนักแห้งโดยเฉพาะส่วนลำต้นทำให้เห็นได้ว่าการได้รับธาตุอาหารที่เพียงพอสามารถเพิ่ม หรือกระตุ้นให้ลำต้น มีพัฒนาการ และการเจริญเติบโตดีขึ้นได้มากขึ้นถึง 28 – 56% แต่ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างของพันธุ์ โดยเฉพาะ กข 45 ที่มีการเจริญเติบโตด้านลำต้นน้อยกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ ลักษณะเช่นนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารที่สะสมในเมล็ดที่ใช้ในการศึกษานี้ ซึ่งพบว่า ในเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 45 มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเมล็ดเท่ากับ 0.32 % ซึ่งน้อยกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 พิษณุโลก 2 และหอมสกลนคร ที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.42 0.38 และ 0.34% ตามลำดับ ในการตอบสนองด้านค่าความเขียวใบของต้นข้าวอายุ 10 วันหลังงอก ที่ได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอส่งต่อค่าความเขียวใบหรือปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลง ที่ส่งผลถึงการลดลงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชโดยตรง ทำให้การเจริญเติบโตของต้นข้าวทั้งต้นลดลงอย่างมาก ในขณะที่ต้นข้าวที่ปลูกในกรรมวิธีได้รับธาตุอาหารเพียงพอมีค่าความเขียวใบมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างชัดเจน ทำให้คงความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสง รวมถึงในกรรมวิธีที่มีธาตุอาหารเพียงพอนี้ ยังคงมีสารตั้งต้นในการสร้างอาหาร ทำให้การเจริญเติบโตของต้นข้าวดีกว่ากรรมวิธีที่มีธาตุฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียว และการปลูกในกรรมวิธีที่ใส่น้ำกลั่นเป็นการทำให้เห็นว่าปริมาณธาตุอาหารภายในเมล็ดนั้นไม่เพียงพอต่อการเจริญของต้นอ่อนที่ 10 วันอย่างชัดเจน

## สรุปผล

ธาตุอาหารมีความสำคัญ และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตทั้งระบบราก พัฒนาการทางด้านลำต้นของต้นอ่อนข้าว โดยที่รากข้าวของต้นอ่อนตอบสนองต่อธาตุอาหารที่ได้รับจากสารละลายภายนอกได้เร็วกว่าการตอบสนองด้านลำต้น และในระยะแรก ธาตุฟอสฟอรัสเพียงธาตุเดียวในกรรมวิธี P 100 สามารถกระตุ้นให้ต้นอ่อนข้าวที่อายุเพียง 3 วันหลังงอกมีการยืดขยายความยาวรากได้เพิ่มขึ้น ในด้านพัฒนาการและการเจริญในด้านลำต้นนั้นมีความแตกต่างเนื่องจากอิทธิพลของพันธุ์ตั้งแต่วันที่ 4 หลังงอก ในขณะที่การตอบสนองต่อธาตุอาหารจากสารละลายที่ใช้ปลูกข้าวแต่ละพันธุ์นั้นชัดเจนตั้งแต่วันที่ 6 หลังงอกเป็นต้นไป และยิ่งมีความแตกต่างอย่างชัดเจนมากขึ้นตามระยะเวลาการเจริญเติบโต การเจริญเติบโตด้านลำต้นนั้นมีความสอดคล้องตามลักษณะการคงไว้ของค่าความเขียวใบ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการสร้างอาหารหรือกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช นอกจากนี้ต้นอ่อนของพันธุ์ข้าวที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเมล็ดสูงนั้นมีส่วนในการส่งเสริมให้ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าพันธุ์ที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสต่ำนั้น

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.จีราภรณ์ อินทสาร ที่อนุเคราะห์การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ด ขอขอบคุณ อ.ดร.ปิยธิดา อำนวยการ ที่ช่วยในการตรวจทานและแก้ไขภาษาอังกฤษในบทความนี้ และ ขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยมาโดยตลอด

## เอกสารอ้างอิง

เนตรนภา อินสลุด, 2557, การตอบสนองด้านการเจริญเติบโตของข้าวดอกมะลิ 105 ต่อระดับธาตุอาหาร, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45(2) พิเศษ: 537-540.

Insalud, N., Bell, R.W., Clomer, T.D. and Rerkasem, B, 2006, Morphological and Physiological Responses of Rice (*Oryza sativa* L.) to Limited Phosphorus Supply in Aerated and Stagnant Solution Culture, Annals of Botany 98: 995-1004.

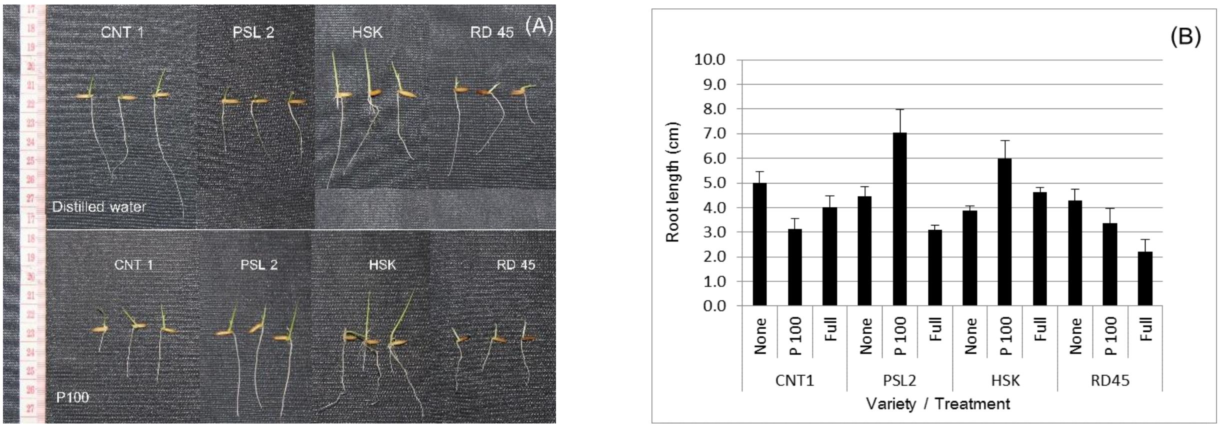



**Figure 1** Seedling growth (A) and root length (B) of four rice varieties when grown under three different nutrient solution culture treatments (none: distilled water, P100: 100 μmol P and full: full nutrient solution culture) at 4 day after germination.

**Table 1** Growth of four rice varieties when grown under three different nutrient solution culture treatments at 7 and 10 days after germination.

| Varieties | Sol$^{n}$ Treatment* | Root length (cm) | | Shoot length (cm) | | RDW (mg plant-1) | | SDW (mg plant-1) | | SPAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Time (day) | 7 | 10 | 7 | 10 | 7 | 10 | 7 | 10 | 10 |
| CNT1 | None | 7.6 | 9.7 | 6.0 | 15.6 | 2.1 | 3.2 | 3.1 | 9.4 | 3.2 |
| | P100 | 6.0 | 7.7 | 5.2 | 16.5 | 1.6 | 3.3 | 2.3 | 9.8 | 2.2 |
| | Full | 6.2 | 6.5 | 9.5 | 21.3 | 1.4 | 2.0 | 5.0 | 12.0 | 17.4 |
| PSL2 | DW | 5.3 | 9.8 | 5.3 | 11.2 | 2.3 | 3.3 | 2.8 | 9.5 | 2.5 |
| | P100 | 9.7 | 9.8 | 5.4 | 11.3 | 2.1 | 2.8 | 2.9 | 9.6 | 3.4 |
| | Full | 5.5 | 6.3 | 7.1 | 16.3 | 1.2 | 1.9 | 4.0 | 15.1 | 21.9 |
| HSK | DW | 6.4 | 8.1 | 4.5 | 16.6 | 2.0 | 3.1 | 3.5 | 9.2 | 6.5 |
| | P100 | 7.2 | 8.6 | 5.3 | 17.6 | 2.3 | 2.9 | 3.3 | 9.6 | 3.9 |
| | Full | 5.2 | 6.0 | 13.9 | 27.8 | 1.7 | 2.1 | 7.5 | 16.2 | 23.2 |
| RD 45 | DW | 7.8 | 12.5 | 5.5 | 18.4 | 1.8 | 3.6 | 1.5 | 10.1 | 4.8 |
| | P100 | 6.8 | 8.1 | 4.3 | 14.6 | 1.9 | 3.2 | 2.3 | 9.5 | 1.4 |
| | Full | 5.0 | 6.6 | 5.1 | 19.9 | 1.1 | 2.7 | 2.9 | 17.7 | 15.8 |

* Solution treatments were none: distilled water, P100: 100 μmol P and full: full nutrient solution culture.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 585-588 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 585-588 (2558)

# การเปลี่ยนแปลงของโซเดียมไอออน โพแทสเซียมไอออน และการเจริญเติบโต ของต้นกล้าข้าวไทยภายใต้สภาวะความเค็ม

## Alteration of Sodium Ion ($Na^+$), Potassium Ion ($K^+$) and Growth of Thai Rice (*Oryza sativa* L. spp. *indica*) Seedlings under Salinity Conditions

**คงเอก ศิริงาม[1] ณัฐจิรา น่วมกระสินธ์[1] อรสา รื่นสุข[1] บุณยนุช ศรีดอกไม้[1] และ วันชัย บุญเส็ง[1]**

Siringam, K.[1], Nuamkrasin, N.[1], Reansuk, O.[1], Sridokmai, B.[1] and Boonseng, W.[1]

### Abstract

The objective of this study was to investigate the alteration of sodium ion ($Na^+$), potassium ion ($K^+$) and the growth of Thai rice seedlings; Pathumthani 1 (PTT 1), Khao Dawk Mali 105 (KDML 105), RD 31, RD 41 and RD47 under saline conditions. Results showed that increased salinity induced $Na^+$ accumulation in roots and leaves of Thai rice seedlings, especially RD 31 (roots) and PTT 1 (leaves). In addition, the $Na^+$ accumulation in roots was positively related to the $Na^+$ accumulation in leaves. Conversely, the $K^+$ in roots and leaves was reduced when $Na^+$ accumulation increased. Moreover, these results demonstrated that $Na^+$ accumulation was inversely related to the reduction of $K^+$ in roots and leaves of the five Thai rice seedlings. Furthermore, the growth of the five Thai rice varieties was stunted when exposed to salinity.

**Keywords:** rice, NaCl, ion, growth

### บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะความเค็มต่อการเปลี่ยนแปลงของโซเดียมไอออน โพแทสเซียมไอออน และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวไทย จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ปทุมธานี1 ขาวดอกมะลิ105 กข31 กข41 และ กข47 จากการศึกษา พบว่า สภาวะความเค็มที่เพิ่มขึ้นชักนำให้เกิดการสะสมโซเดียมไอออนภายในรากและใบของต้นกล้าข้าวไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในต้นกล้าข้าวพันธุ์ กข31 (ราก) และ ปทุมธานี1 (ใบ) รวมทั้งพบว่าการสะสมโซเดียมไอออนภายในรากมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการสะสมโซเดียมไอออนภายในใบ ในทางกลับกันพบว่าโพแทสเซียมไอออนภายในรากและใบลดลงเมื่อสภาวะความเค็มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการสะสมโซเดียมไอออนมีผลทำให้โพแทสเซียมไอออนภายในรากและใบในต้นกล้าข้าวไทยทั้ง 5 สายพันธุ์ลดลง ในขณะที่การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวไทยทั้ง 5 สายพันธุ์ลดลงเมื่อได้รับสภาวะความเค็มเพิ่มขึ้น

**คำสำคัญ:** ข้าว โซเดียมคลอไรด์ ไอออน การเจริญเติบโต

### คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชากรโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชากรในทวีปเอเชียที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก (Khush, 2005) อย่างไรก็ตามข้าวจัดเป็นพืชที่มีความอ่อนแอต่อสภาวะความเค็มในระยะต้นกล้าและระยะให้ผลผลิต (Zeng และคณะ, 2003) โดยสภาวะความเค็มเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตข้าวที่ผลิตได้ทั่วโลกลดลง (Yokoi และคณะ, 2002; Mahajan และ Tuteja, 2005) เนื่องจากสภาวะความเค็มเป็นสภาวะที่ชักนำให้เกิดสภาวะความเครียดจากไอออนที่เป็นพิษ (ion toxicity) เช่น โซเดียมไอออน ($Na^+$) คลอไรด์ไอออน ($Cl^-$) เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียสมดุลของไอออนภายในเซลล์ (Taiz และ Zeiger, 2002) โดยสภาวะความเค็มส่งผลทำให้มีปริมาณโซเดียมไอออน ($Na^+$) ที่สะสมภายในเซลล์เพิ่มขึ้น แต่ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมไอออน ($K^+$) ภายในเซลล์ลดลง (Hu และคณะ, 2007; Aziz และ Khan, 2001) มีผลทำให้สัดส่วนของ $Na^+/K^+$ เพิ่มขึ้น ทำให้เซลล์พืชได้รับความเสียหาย (Parida และ Das, 2005) ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโซเดียมไอออน โพแทสเซียมไอออน และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวไทย จำนวน 5 สายพันธุ์ที่ได้รับสภาวะความเค็ม

[1] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

[1] Department of Agriculture, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Anusawaree Bangkhen Bangkok 10220

## อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเมล็ดข้าวไทยจำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ปทุมธานี1 ขาวดอกมะลิ105 กข31 กข41 และ กข47 ลงในจานเพาะเมล็ดพันธุ์ละ 300 เมล็ด หลังจากนั้นย้ายต้นกล้าข้าวไทยทั้ง 5 สายพันธุ์ ที่มีอายุ 7 วัน ลงปลูกในถาดหลุมที่บรรจุดินผสมและให้น้ำแก่ต้นกล้าข้าวทุกวัน เมื่อต้นกล้าข้าวมีอายุ 14 วัน จึงทำการให้ปุ๋ยสูตร 16-16-16 อัตรา 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เมื่อต้นกล้าข้าวมีอายุ 28 วัน หลังย้ายปลูก จึงทำการศึกษาผลของสภาวะความเค็ม 3 ระดับ คือ 0 100 และ 200 มิลลิโมลาร์ต่อการเปลี่ยนแปลงของโซเดียมไอออน โพแทสเซียมไอออน และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวไทยทั้ง 5 สายพันธุ์ เป็นเวลา 7 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบ 5×3 factorial in Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการบันทึกข้อมูลดังนี้ การเพิ่มขึ้นของปริมาณโซเดียมไอออน การลดลงของปริมาณโพแทสเซียมไอออน และน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งส่วนรากและส่วนต้น

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นชักนำให้เกิดการสะสมโซเดียมไอออนภายในรากและใบของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ขาวดอกมะลิ105 กข31 กข41 และ กข47 โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้นกล้าข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์ได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 200 มิลลิโมลาร์ (Figure 1) โดยข้าวพันธุ์กข31 มีการสะสมโซเดียมไอออนภายในรากมากที่สุด เท่ากับ 330.91 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะปกติ (Figure 1A) ในขณะที่ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีการสะสมโซเดียมไอออนภายในใบมากที่สุด เท่ากับ 163.47 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1B) รวมทั้งยังพบว่าการสะสมโซเดียมไอออนภายในรากมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการสะสมโซเดียมไอออนภายในใบของข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์ (Figure 2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโซเดียมไอออนถูกรากพืชดูดซับได้อย่างรวดเร็วและถูกเคลื่อนย้ายไปเก็บสะสมไว้ภายในพืช โดยปริมาณการสะสมโซเดียมไอออนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเกลือ (Lefevre และคณะ, 2001) พันธุ์พืช (Dionisio-Sese และ Tobita, 1998) อวัยวะของพืช (Shah และคณะ, 2002) และระยะเวลาที่ได้รับเกลือ (Ueda และคณะ, 2006)

ในทางกลับกันพบว่าโพแทสเซียมไอออนภายในรากและใบของข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์ลดลงอย่างเด่นชัดเมื่อได้รับสภาวะความเค็ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 200 มิลลิโมลาร์ (Figure 3) โดยโพแทสเซียมไอออนภายในรากและใบข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีการลดลงมากที่สุด เท่ากับ 84.17 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3A) และ 55.88 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3B) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะปกติ รวมทั้งยังพบว่าการสะสมโซเดียมไอออนภายในรากและใบมีผลทำให้โพแทสเซียมไอออนภายในรากและใบลดลง (Figure 1 และ Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Cha-um และคณะ (2007) ที่รายงานว่า โพแทสเซียมไอออนภายในต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 (PTT 1) ขาวดอกมะลิ105 (KDML 105) และหอมจันทร์ (HJ) มีปริมาณลดลงเมื่อได้รับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น รวมทั้งการลดลงของปริมาณโพแทสเซียมไอออนมีปฏิภาคผกผันกับการสะสมโซเดียมไอออนภายในข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์

ในขณะที่การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวไทยทั้ง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ น้ำหนักสดส่วนราก น้ำหนักแห้งส่วนราก น้ำหนักสดส่วนต้น และน้ำหนักแห้งส่วนต้นลดลง เมื่อได้รับสภาวะความเค็ม (Figure 4) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสะสมโซเดียมไอออนที่มากเกินกว่าสภาพปกติส่งผลทำให้เกิดการเสียสมดุลของไอออนภายในเซลล์ (Taiz และ Zeiger, 2002) รวมทั้งปริมาณโซเดียมไอออนที่มากเกินไปจะสร้างความเสียหายให้แก่เซลล์และกระบวนการต่างๆ ภายในพืช ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต

## สรุปผล

สภาวะความเค็มที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การสะสมโซเดียมไอออนเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามการสะสมโพแทสเซียมไอออนและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวลดลงเมื่อสภาวะความเค็มเพิ่มขึ้น

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา Higher Education Research Promotion (HERP) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (2558A14062005) ร่วมกับมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย นักศึกษา และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัย

## เอกสารอ้างอิง


Aziz, I. and Khan, M.A., 2001, Experimental assessment of salinity tolerance of *Ceriops tagal* seedlings and saplings from the Indus delta, Pakistan Aquatic Botany, 70: 259–268.

Cha-um, S., Vejchasarn, P. and Kirdmanee, C., 2007, An effective defensive response in Thai aromatic rice varieties (*Oryza sativa* L. spp. *indica*) to salinity, Journal of Crop Science and Biotechnology, 10 (4): 257-264.

Dionisio-Sese, M.L. and Tobita, S., 1998, Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress, Plant Science, 135: 1-9.

Hu, Y., Burucs, Z., Von Tucher, S. and Schmidhalter, U., 2007, Short-term effects of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves of maize seedlings, Environmental and Experimental Botany, 60: 268-275.

Khush, G.S., 2005, What it will take to feed 5.0 billion rice consumers in 2030, Plant Molecular Biology, 59: 1-6.

Lefevre, I., Gratia, E. and Lutts, S., 2001, Discrimination between the ionic and osmotic components of salt stress in relation to free polyamine level in rice (*Oryza sativa*), Plant Science, 161: 943-952.

Mahajan, S. and Tuteja, N., 2005, Cold, salinity and drought stresses: An overview, Archives in Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.

Parida, A.K. and Das, A.B., 2005, Salt tolerance and salinity effects on plant: a review, Ecotoxicology and Environmental Safety, 60: 324-349.

Shah, S.H., Tobita, S. and Shono, M., 2002, Cation co-tolerance phenomenon in cell cultures of *Oryza sativa* adapted to LiCl and NaCl, Plant Cell Tissue and Organ Culture, 71: 95-101.

Taiz L. and E. Zieger. 2002. Plant Physiology 3rd edition. Sinauer Associate, Inc. Publisher, Sunderland Massachusetts, 690 p.

Ueda, A., Kathiresan, A., Bennett, J. and Takabe, T., 2006, Comparative transcriptome analyses of barley and rice under salt stress, Theoretical and Applied Genetics, 112: 1286-1294.

Yokoi S., Bressan, R.A. and Hasegawa, P.M., 2002, Salt Stress Tolerance of Plants, JIRCAS Working Report: 25-33.

Zeng, L., Lesch, S.M. and Grieve, C.M., 2003, Rice growth and yield respond to changes in water depth and salinity stress, Agricultural Water Management, 59: 67-75.

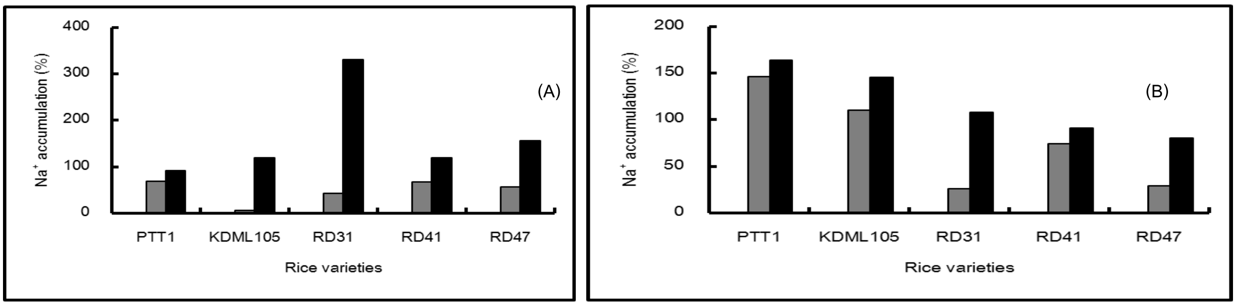




**Figure 1** $Na^+$ accumulation in roots (A) and leaves (B) of five Thai rice varieties when subjected to 100 ( ■ ) and 200 ( ■ ) mM NaCl for 7 days.

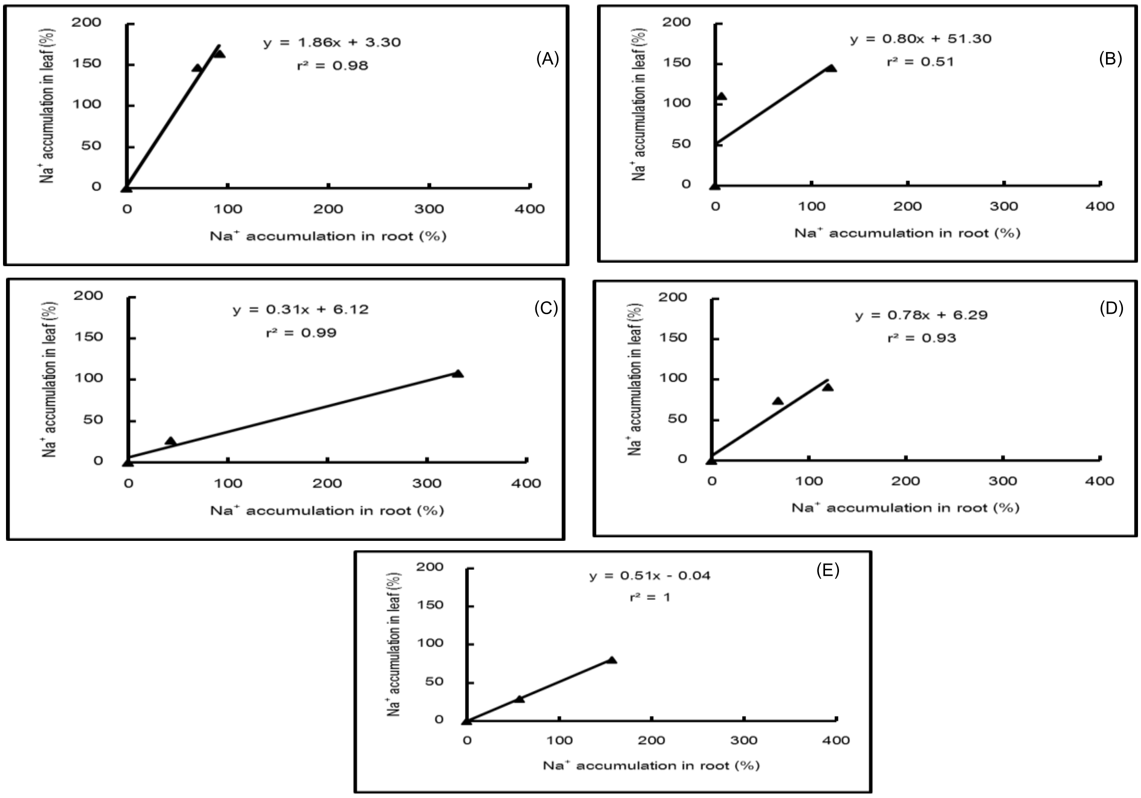



**Figure 2** Relationship between $Na^+$ accumulation in roots and leaves of PTT1 (A) KDML105 (B), RD31 (C), RD41 (D) and RD47 (E) rice seedlings when subjected to salinity for 7 days.

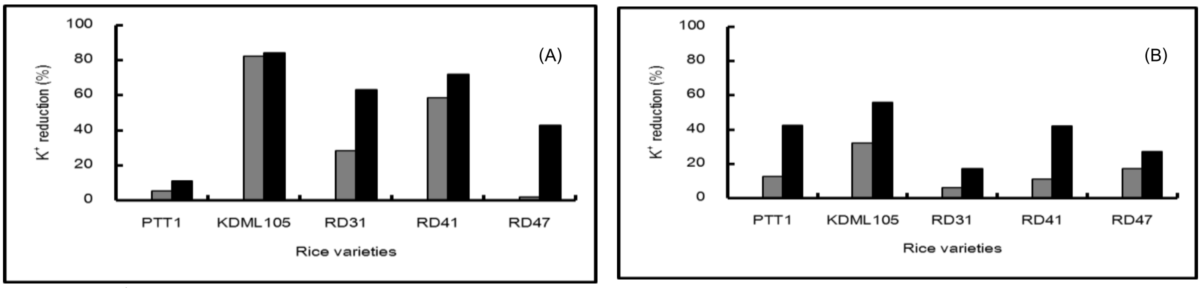



**Figure 3** $K^+$ reduction in roots (A) and leaves (B) of Thai five rice seedlings when subjected to 100 ( ▩ ) and 200 ( ■ ) mM NaCl for 7 days.

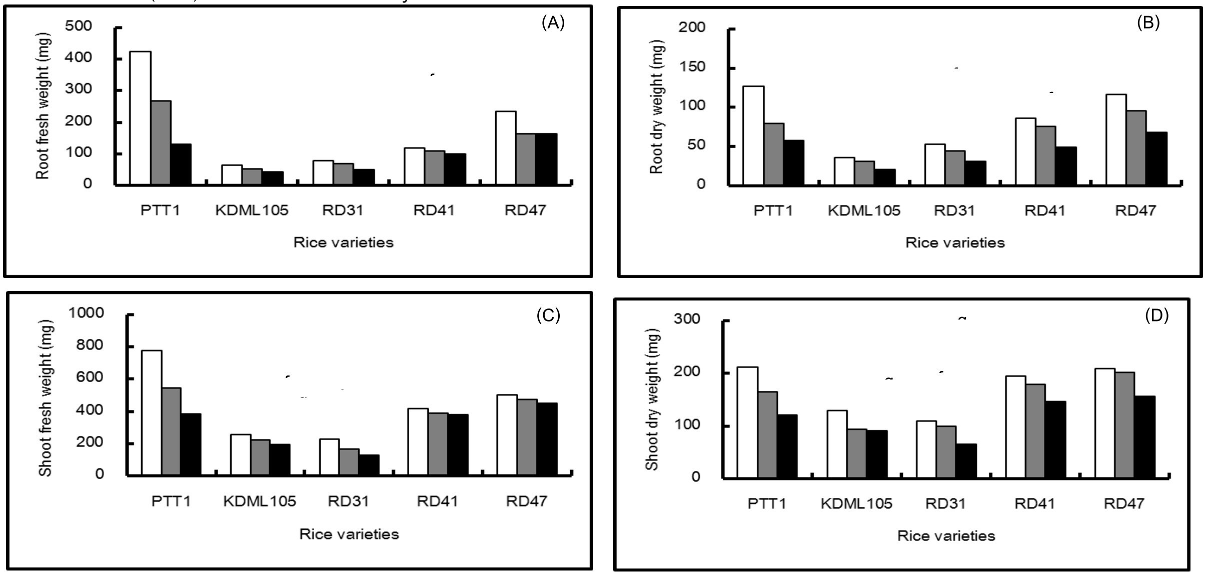



**Figure 4** Root fresh weight (A), root dry weight (B), shoot fresh weight (C) and shoot dry weight (D) of five Thai rice seedlings when exposed to 0 ( □ ), 100 ( ▩ ) and 200 ( ■ ) mM NaCl for 7 days.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 589-592 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 589-592 (2558)

# ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งรำข้าวต่อคุณภาพของขนมกลีบลำดวน

# Effects of Wheat Flour Substitution with Sinlek Brown Rice Flour and Rice Bran Flour on Qualities of Kanom-Kleeb-Lam-Duan

**วรธร ป้อมเย็น[1] วรางคณา ศรีจำนงค์[2] ฉัตรภา หัตถโกศล[1] และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1]**

Pomyen, V.[1], Srichamnong, W.[2], Hudthagosol, C.[1] and Somboonpanyakul, P.[1]

## Abstract

The effect of Sinlek brown rice flour (SBRF) and rice bran flour (RBF) substitution for wheat flour on qualities of Kanom-Kleeb-Lam-Duan was studied. Moisture, protein, fat, ash, crude fiber and carbohydrate contents of Sinlek brown rice flour were 11.17, 10.08, 3.41, 1.24, 1.26, and 72.84 g/100g, respectively. The ratio between wheat flour: Sinlek brown rice flour: rice bran flour were varied at 50:40:10, 20:70:10, 35:50:15, 50:30:20, and 20:60:20. Lightness and yellowness values decreased, while the redness value increased with increasing SBRF and RBF. For textural properties, the control formula (without SBRF and RBF) showed greater hardness than the formula with SBRF and RBF. Sensory scores showed that color, flavor and overall acceptability scores decreased but grittiness score increased when increasing RBF. However, Kanom-Kleeb-Lam-Duan with a ratio of wheat flour: SBRF: RBF at 50:40:10 showed the highest score of overall acceptability, was not significantly different from the control formula (p>0.05).

**Keywords:** Sinlek brown rice flour (SBRF), rice bran flour (RBF), Kanom-Kleeb-Lam-Duan

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งรำข้าวต่อคุณภาพของขนมกลีบลำดวน แป้งข้าวกล้องสินเหล็กมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 11.17, 10.08, 3.41, 1.24, 1.26 และ 72.84 ตามลำดับ แปรอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งรำข้าวเป็น 50:40:10, 20:70:10, 35:50:15, 50:30:20 และ 20:60:20 พบว่าเมื่อแป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งรำข้าวเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลดลง แต่ค่าสีแดงเพิ่มขึ้น ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าสูตรต้นแบบ (ที่ไม่มีแป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งรำข้าว) มีค่าความแข็งสูงที่สุด ผลทางประสาทสัมผัสพบว่าเมื่อปริมาณแป้งรำข้าวเพิ่มขึ้น คะแนนความสากจะเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวมลดลง โดยขนมกลีบลำดวนที่มีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งรำข้าว 50:40:10 ได้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุดไม่แตกต่างจากสูตรต้นแบบ (p>0.05)

**คำสำคัญ**: แป้งข้าวกล้องสินเหล็ก แป้งรำข้าว ขนมกลีบลำดวน

## คำนำ

ขนมกลีบลำดวนเป็นขนมไทยโบราณ มักใช้ในงานพิธีสำคัญหรือตามเทศกาลต่างๆ มีอายุการเก็บรักษานาน มีรูปลักษณ์สวยงาม และมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ แต่เนื่องจากขนมกลีบลำดวนมีส่วนประกอบหลัก คือ แป้งสาลี น้ำมัน และน้ำตาลในปริมาณสูง จึงอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ ปัจจุบันกระแสการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพกำลังเป็นที่นิยม รวมทั้งคนไทยบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก การนำข้าวกล้องไทยไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นการช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้ ข้าวกล้องสินเหล็กเป็นข้าวที่มีธาตุเหล็กสูงและสามารถดูดซึมนำไปใช้ในร่างกายได้ดี (วิญ และนิรภัย, 2554) มีค่าดัชนีน้ำตาลปานกลาง จึงช่วยควบคุมระดับคอเลสเตอรอลและน้ำตาลในเลือด นอกจากนี้รำข้าวซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าว เมื่อถูกนำไปสกัดน้ำมันมักนำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ ทั้งที่รำข้าวสกัดน้ำมันยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่มีปริมาณไขมันต่ำ เมื่อนำรำข้าวที่สกัดน้ำมันแล้วมาแปรรูปเป็นแป้งรำข้าวจะสามารถ

---

[1] ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

[1] Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd., Ratchathewi District, Bangkok 10400

[2] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 พุทธมณฑล สาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล นครปฐม 73170

[2] Institute of Nutrition, Mahidol University, 999 Phuttamonthon sai 4., Tambon Salaya, Amphur Phuttamonton, Nakhon Pathom 73170

นำมาใช้ทดแทนแป้งสาลีหรือแป้งข้าวเจ้าเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งรำข้าวทดแทนการใช้แป้งสาลีต่อคุณภาพของขนมกลีบลำดวนในปริมาณที่ผู้บริโภคให้การยอมรับเพื่อเพิ่มมูลค่าและคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ขนมไทย

## อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมแป้งข้าวกล้องสินเหล็ก โดยนำข้าวกล้องสินเหล็กมาบดละเอียด โดยใช้เครื่องบดความละเอียดสูงแบบต่อเนื่อง แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 เมช อบไล่ความชื้นด้วยเตาอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 55°C นาน 20 นาที (Wonglao และคณะ, 2013) ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง บรรจุในถุงพลาสติกลามิเนตด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ ถุงละ 500 กรัม เก็บที่อุณหภูมิห้อง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องสินเหล็ก ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตตามวิธีการของ AOAC (2005)

คัดเลือกสูตรต้นแบบของขนมกลีบลำดวนจากทั้งหมด 3 สูตร (Table 2) ที่มีส่วนประกอบหลักคือ แป้งสาลี น้ำตาลทรายป่น และน้ำมันรำข้าว ผสมแป้งสาลีและน้ำตาลทรายป่นลงในอ่างผสม จากนั้นค่อยๆ ใส่น้ำมันรำข้าวลงไปทีละน้อย เคล้าให้พอเข้ากัน ปั้นแป้งให้เป็นก้อนกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร ใช้มีดผ่าออกเป็น 4 ส่วน จับกลีบทั้ง 3 กลีบให้ปลายกลีบติดกัน จากนั้นนำกลีบที่เหลือแบ่งครึ่งแล้วปั้นเป็นก้อนกลมสำหรับเป็นเกสรวางตรงกลางดอก จัดเรียงใส่ถาด นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นาน 12 นาที พักไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เรียงขนมลงในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทแล้วจึงอบด้วยควันเทียน บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติก นำไปประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยการเรียงลำดับความชอบ (Ranking test)

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งรำข้าว (ขนาดอนุภาค 60 เมช จากบริษัท น้ำมันบริโภคไทย จำกัด) ในการทดแทนแป้งสาลีในขนมกลีบลำดวนจากสูตรต้นแบบ วางแผนการทดลองโดยวิธี Mixture design แปรอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งรำข้าวเป็น 50:40:10, 20:70:10, 35:50:15, 50:30:20 และ 20:60:20 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีระบบ CIE (L*, a*, b*) วัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer (ColorFlex EZ, Hunter Associates Laboratory Inc., USA) วัดทั้งหมด 3 ซ้ำ ค่าความแข็ง (Hardness) และค่าการแตกหัก (Fracturability) โดยใช้ขนมกลีบลำดวน 20 ชิ้น วัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA.XT plus, Stable Micro Systems Ltd, YL, UK) ใช้หัววัด three point bend rig (HDP/3PB) ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความหวาน ความแข็ง ความร่วน โดยใช้ 5- point just about right scale ด้านความสาก โดยใช้ 5-point scoring scale และด้านสี กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ 5-point hedonic scale วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 17.0 เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Table 1 พบว่าแป้งข้าวกล้องสินเหล็กมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 11.17, 10.08, 3.41, 1.24, 1.26 และ 72.84 ตามลำดับ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับการศึกษาของ Wonglao และคณะ (2013) ที่พบว่าแป้งข้าวกล้องสินเหล็กมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 11.09, 10.54, 2.05, 1.95, 2.28 และ 72.09 ตามลำดับ จาก Table 2 แสดงการคัดเลือกสูตรต้นแบบของขนมกลีบลำดวน พบว่าขนมกลีบลำดวนสูตรที่ 3 ซึ่งมีปริมาณแป้งสาลีร้อยละ 55.56 น้ำตาลทรายป่นร้อยละ 19.44 และน้ำมันรำข้าวร้อยละ 25.00 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกขนมกลีบลำดวนในสูตรที่ 3 มาเป็นสูตรต้นแบบ จาก Figure 1 พบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งรำข้าวเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลง แต่ค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้นจากสูตรต้นแบบที่ไม่มีแป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งรำข้าว ($p \leq 0.05$) ซึ่งความสว่างที่ลดลงของขนมกลีบลำดวน นอกจากแป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งรำข้าวมีสีที่เข้มมากกว่าแป้งสาลีแล้ว ยังเป็นผลมาจากปริมาณใยอาหารที่มีอยู่ในรำข้าว ยิ่งมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์ที่ได้ยิ่งมีสีที่คล้ำลง (Hu และคณะ, 2009; Wanyo และคณะ, 2009) สำหรับด้านเนื้อสัมผัส พบว่าขนมกลีบลำดวนสูตรต้นแบบมีค่าความแข็ง (Hardness) และค่าการแตกหัก (Fracturability) สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรที่มีแป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งรำข้าว และปริมาณแป้งรำข้าวที่ร้อยละ 20 มีค่าความแข็งสูงสุดรองจากสูตรต้นแบบ ซึ่งจากการศึกษาของ Sairam และคณะ (2011) ที่พบว่าปริมาณรำข้าวเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มมากขึ้น จาก Figure 2 พบว่าขนมกลีบลำดวนที่มี

ปริมาณแป้งรำข้าวไม่เกินร้อยละ 15 มีคะแนนความหวานอยู่ในเกณฑ์พอดี และปริมาณแป้งข้าวกล้องสินเหล็กที่ไม่เกินร้อยละ 60 มีคะแนนความแข็งอยู่ในเกณฑ์พอดี ปริมาณแป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งรำข้าวที่แตกต่างกัน คะแนนความร่วนไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ทั้งยังอยู่ในเกณฑ์พอดี นอกจากนี้พบว่าเมื่อปริมาณแป้งรำข้าวเพิ่มขึ้นจะส่งผลถึงคะแนนความสากที่เพิ่มขึ้น คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวมมีแนวโน้มลดลง

## สรุปผล

อัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งรำข้าวที่เหมาะสำหรับนำมาทำขนมกลีบลำดวน คือ 50:40:10 เนื่องจากได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสในด้านรสหวาน ความแข็ง ความร่วน สี และกลิ่นรสสูง และคะแนนด้านความสากต่ำสุดและการยอมรับสูงสุดโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรต้นแบบ (p>0.05)

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัท น้ำมันบริโภคไทย จำกัด ภายใต้ชื่อ โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท ปี พ.ศ.2557

## เอกสารอ้างอิง

ริญ เจริญศิริ และนิรภัย สายธิไชย, 2554,. สถาบันโภชนาการร่วมมือกับม.เกษตรศาสตร์ พัฒนาพันธุ์ข้าวป้องกันโรค, มหิดลสาร, 6: 22-23.

Wonglao, K., Srichamnong, W., Hudthagosol, C., Suttisansanee, U. and Somboonpanyakul, P., 2013, Effect of Particle Size of Sinlek Brown Rice Flour as a Partially Substituent of Wheat Flour on Biscuits Quality, Journal of Agricultural Science, 44(2): 181-184.

AOAC, 2005, Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International. Gaithersburg, Maryland.

Hu, G., Huang, S., Cao, S. and Ma, Z., 2009, Effect of Enrichment with Hemicelluloses from Rice Bran on Chemical and Functional Properties of Bread, Food Chemistry, 115: 839-842.

Wanyo, P., Channarong, C. and Siriamornpun S., 2009, Substitution of Wheat Flour with Rice Flour and Rice Bran in Flake Products: Effects on Chemical, Physical and Antioxidant Properties, World Applied Sciences Journal, 7(1): 49-56.

Sairam, S., Krishna, A.G.G. and Urooj, A., 2011, Physico-chemical Characteristics of Defatted Rice Bran and its Utilization in a Bakery Product, Journal of Food Science and Technology, 48(4): 478-483.

**Table 1** Proximate compositions of Sinlek brown rice

| Compositions | Content (%)* |
|---|---|
| Moisture | 11.17±0.06 |
| Protein | 10.08±0.06 |
| Fat | 3.41±0.19 |
| Ash | 1.24±0.02 |
| Crude fiber | 1.26±0.00 |
| Carbohydrate | 72.84±0.16 |

* Mean ± SD

**Table 2** The three Kanom-Kleep-Lam-Duan formulations

| Ingredients | Formulation | | |
|---|---|---|---|
| (%) | 1 | 2 | 3 |
| Wheat flour | 50.51 | 64.52 | 55.56 |
| Powdered sugar | 25.25 | 19.35 | 19.44 |
| Rice bran oil | 22.73 | 16.13 | 25.00 |
| Salt | 1.51 | - | - |

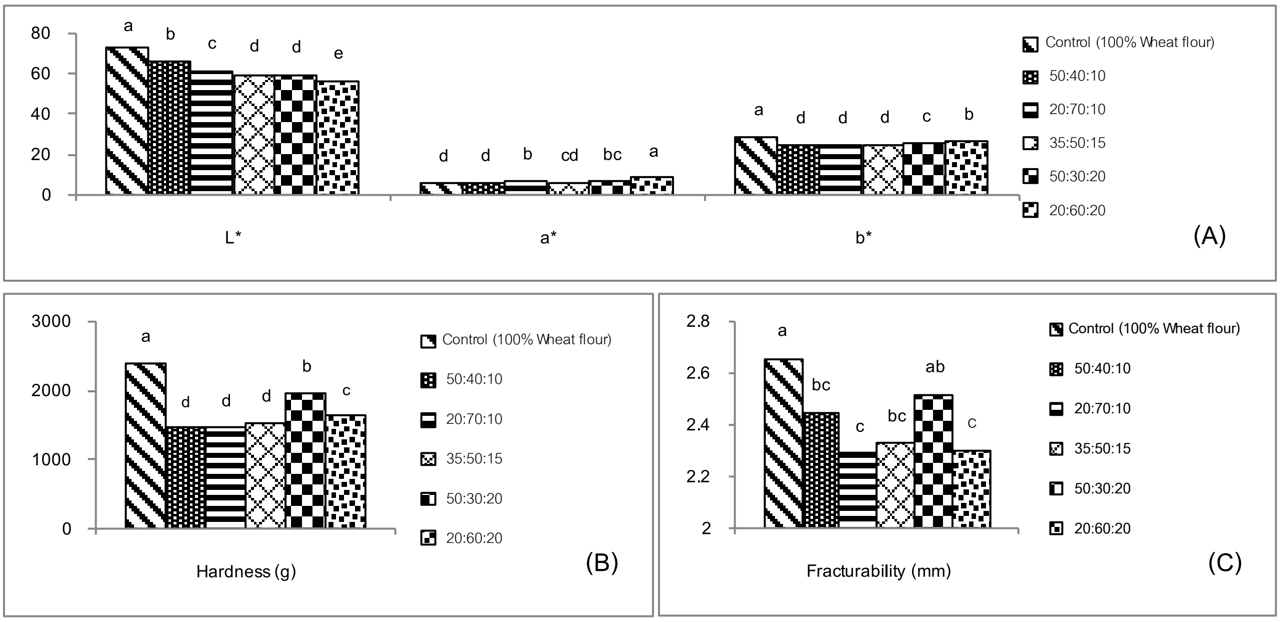



**Figure 1** Physical properties of Kanom-Kleep-Lam-Duan containing different ratios of wheat flour, Sinlek brown rice flour and rice bran flour; (A) Color values, (B) Hardness, (C) Fracturability

a,b,c,d,e Means followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) in early parameters.

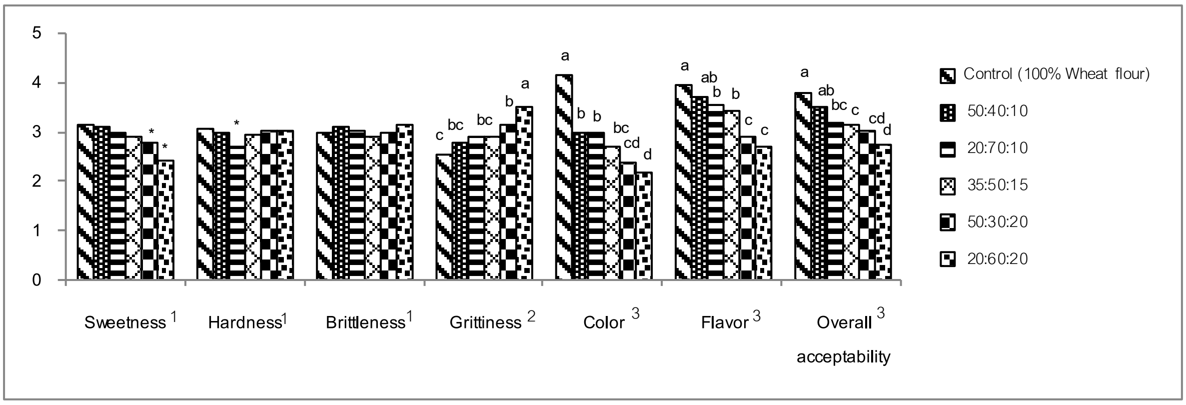



**Figure 2** Sensory attribute scores of Kanom-Kleep-Lam-Duan containing different ratios of wheat flour, Sinlek brown rice flour and rice bran flour

a,b,c,d Means followed by different letters in each parameter are significantly different ($p \leq 0.05$), *Significant difference from the score of 3 (just-about-right score) ($p \leq 0.05$), [1] Five-point just-about-right scale (5 = too much, 3 = just-about-right, 1 = not enough), [2] Five-point scoring scale (5 = too gritty, 1 = least gritty), [3] Five-point hedonic scale (5 = like very much, 3 = neither like nor dislike, 1 = dislike very much)

# การหมักปุ๋ยซังทะลายปาล์มน้ำมันแบบเร่งด้วยราไวท์รอท

# Acceleration of Oil Palm Empty Fruit Bunch Composting Process with White Rot Fungi

**ณัฐพล เลี้ยงเพ็ชร[1] และ อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์[1]**
Liangpetch, N.[1], Wongwicharn, A.[1]

## Abstract

The aim of this research was to accelerate the composting process of oil palm empty fruit bunches (EFB) with white rot fungi, and *Shizophylum commune* OP18 compared to *Coprinopsis cinerea* OB1. Three runs were used: without inoculation (R1), inoculation with *Shizophylum commune* OP18 (R2) and inoculation with *Coprinopsis cinerea* (R3). The experiment was conducted with regular turning at room temperature under the normal process using biocatalyst LDD.1 and cow dung. Results showed that R2 and R3 educed composting times up to 14 and 7 days, respectively. When compared with R1, R2 and R3 increased the activities of ligninolytic enzymes during fermentation, and enhanced lignocellulosic materials degradation. The composts formed from R2 and R3 had a C/N ratio of 20.13±0.66 and 20.63±0.33, EC value of 2.41±0.13 and 2.31±0.05 dS/m, respectively. In conclusion, the use of white rot fungi reduced the composting time of EFB more than the normal process and was fungal species dependent.

**Keywords:** compost, oil palm empty fruit bunches, white rot fungi, LDD. 1

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเร่งการหมักปุ๋ยซังทะลายปาล์มน้ำมัน โดยใช้ราไวท์รอท และเปรียบเทียบระหว่าง *Schizophyllum commune* OP18 กับ *Coprinopsis cinerea* OB1 การทดลองแบ่งเป็นสามชุด ชุดที่หนึ่ง ไม่ใส่ราไวท์รอท ชุดที่สอง ใส่รา *Shizophylum commune* OP18 ชุดที่สาม ใส่รา *Coprinus* sp. OB1 ทดลองที่สภาวะการหมักปกติที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้สารเร่ง พ.ด. 1 และมูลวัว และกลับกองทุกสัปดาห์ ผลพบว่า ชุดทดลองที่ใส่รา *Shizophylum commune* OP18 และ *Coprinopsis cinerea* OB1 ลดระยะเวลาหมักได้ถึง 14 และ 7 วัน ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดที่ไม่ใส่ราไวท์รอท การใส่เชื้อราไวท์รอทช่วยเพิ่มกิจกรรมของลิกนิโนไลติกเอนไซม์และเพิ่มการย่อยสลายวัสดุลิกโนเซลลูโลส ปุ๋ยหมักที่ได้จากชุดที่ใส่ราไวท์รอททั้งสองมีปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 20.13±0.66 และ 20.63±0.33 และค่า EC เท่ากับ 2.41±0.13 และ 2.31±0.05 dS/m ตามลำดับ สรุปได้ว่าการใช้ราไวท์รอทสามารถลดระยะเวลาการหมักปุ๋ยซังทะลายปาล์มได้มากกว่ากระบวนการปกติและขึ้นกับสายพันธุ์ของเชื้อราไวท์รอท

**คำสำคัญ:** ปุ๋ยหมัก ซังทะลายปาล์มน้ำมัน ราไวท์รอท หัวเชื้อพ.ด.1

## คำนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมดประมาณ 4.65 ล้านไร่ ในปี 2557 ได้ผลผลิตทะลายปาล์มสดประมาณ 13.33 ล้านตัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ซึ่งในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มนั้นก่อให้เกิดวัสดุของเหลือปริมาณมากโดยเฉพาะซังทะลายปาล์มมีถึง 26-59% คิดเป็นของเหลือประมาณ 3.33-7.56 ล้านตัน (กรมการค้าภายใน, 2557) การสะสมหรือการทับถมอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม แม้ในปัจจุบันมีการนำซังทะลายปาล์มกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ อยู่บ้าง เช่น เผาเป็นแหล่งพลังงาน ผลิตเป็นแผ่นใยไม้อัด ใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ด หรือผลิตเป็นปุ๋ยหมัก แต่ซังทะลายปาล์มน้ำมันที่มีปริมาณมากและเป็นวัสดุลิกโนเซลลูโลส ซึ่งย่อยสลายยาก เพราะประกอบด้วย เซลลูโลส (49.95%) เฮมิเซลลูโลส (18.91%) และลิกนิน (28.17%) (Piñeros-Castro และ Velásquez-Lozano, 2014) ในปริมาณสูง ซึ่งจุลินทรีย์หรือราโดยทั่วไปไม่ย่อยสลายหรือใช้เวลานานในการย่อยสลาย แต่ white rot fungi ซึ่งเป็นราย่อยสลายเนื้อไม้ที่สามารถสร้าง ligninolytic enzymes ได้แก่ lignin peroxidase (LiP), Laccase (Lac) และ Mn dependent peroxidase (MnP) ที่สามารถย่อยสลายวัสดุลิกโนเซลลูโลสได้ดี (Elisashvili และคณะ, 2008) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้ซัง

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ 10140
[1] Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140 Thailand

ทะลายปาล์มน้ำมันมาผลิตปุ๋ยหมัก โดยนำราย่อยสลายเนื้อไม้กลุ่มราไวท์รอท สายพันธุ์ *Schizophyllum commune* OP18 เนื่องจากมีรายงานว่าสร้าง Ligninolytic enzymes ได้ดี (อาภรณ์ และคณะ, 2533) และสายพันธุ์ *Coprinopsis cinerea* OB1 ซึ่งเป็นราที่เจริญได้รวดเร็ว (Navarro-Gonález และคณะ, 2011) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับสารเร่ง พ.ด. 1 เพื่อเร่งกระบวนการหมักและศึกษาบทบาทของราสองสายพันธุ์นี้ในการหมัก ในด้านการสร้าง ligninolytic enzymes และการย่อยสลายซังทะลายปาล์มน้ำมัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุด ชุดที่ 1 (ชุดควบคุม): ซังทะลายปาล์มน้ำมัน (10 kg.) + ยูเรีย (16 g.) + มูลวัว (1.05 kg.) + 2% (v/w) พ.ด.1 ชุดที่ 2: ซังทะลายปาล์มน้ำมัน (10 kg.) + ยูเรีย (16 g.) + มูลวัว (1.05 kg.) + 2% (v/w) พ.ด.1 + 2% (w/w) *Schizophyllum commune* OP18 และชุดที่ 3: ซังทะลายปาล์มน้ำมัน (10 kg.) + ยูเรีย (16 g.) + มูลวัว (1.05 kg.) + 2% (v/w) พ.ด.1 + 2% (w/w) *Coprinopsis cinerea* OB1 ทุกชุดการทดลอง ปรับความชื้นเริ่มต้นที่ 60 % หมักในเข่งไม้ไผ่ปิดด้วยกระสอบพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง (35±2 °C) เป็นระยะเวลา 63 วัน กลับกองปุ๋ยหมักทุกๆ 7 วัน ระหว่างหมักเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ค่า pH (AOAC, 2000), ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (Tiquia and Tam, 2000), ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon, OC) (Zeng และคณะ, 2010), ไนโตรเจน (total Nitrogen, N) (AOAC, 2000), เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (VanSoest และคณะ, 1991) และวิเคราะห์กิจกรรม cellulase (Ghose, 1987) และกิจกรรม liqninolytic enzymes (Laccase (Lac), Manganese peroxidase (MnP) และ Lignin peroxidase (LiP)) (Heinfling และคณะ, 1998; Kirk และ Cullen, 1998)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการหมักพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในทั้ง 3 ชุดการทดลอง (Figure 1) โดยอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 32±2°C และเพิ่มสูงขึ้นทันทีมาอยู่ที่ 42-45°C ภายใน 2 วันของการหมัก และมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 46-48°C ในช่วงวันที่ 6-8 ของการหมัก เนื่องมาจากกิจกรรมการเจริญของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีทั้งจุลินทรีย์ในมูลวัว สารเร่ง พ.ด. 1 รวมทั้งราไวท์รอท อุณหภูมิในทั้งสามชุดทดลองลดลงอย่างรวดเร็วมาอยู่ในช่วง 35-42°C ในวันที่ 10-28 ของการหมัก หลังจากนั้น อุณหภูมิค่อยๆลดลงจนใกล้เคียงอุณหภูมิห้อง แสดงถึงกระบวนการหมักเสร็จสมบูรณ์ เนื่องจากปริมาณสารอาหารในกองปุ๋ยมีอยู่อย่างจำกัด จากค่า C/N ratio (Figure 2) พบว่า C/N ratio ลดลงต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการหมัก จากเริ่มต้นที่ 30:1 โดยค่า C/N ratio ในชุดที่ 2 และ 3 เหลือ 20.13±0.66 และ 20.63±0.33 ในวันที่ 35 และ 42 ของการหมัก ตามลำดับ ในขณะที่ C/N ratio ของชุดควบคุม เท่ากับ 19.83±0.95 ในวันที่ 49 ของการหมัก ดังนั้นการใช้ *Schizophyllum commune* OP18 สามารถเร่งการหมักปุ๋ยซังทะลายปาล์มน้ำมันเหลือเพียงแค่ 35 วัน ซึ่งเร็วกว่าการใช้ *Coprinopsis cinerea* OB1 ถึง 7 วัน และเร็วกว่าชุดควบคุม 14 วัน ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะ *Schizophyllum commune* OP18 สร้างเอนไซม์ Cellulase และ Ligninolytic enzymes ทั้ง Laccase, LiP, และ MnP สูงกว่า *Coprinopsis cinerea* OB1 และชุดควบคุม (Figure 3) ซึ่งทำให้เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนินลดลงอย่างมากดังแสดงใน Table 1 ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ ณัฐพล และธีรพัฒน์ (2555) ที่ใช้ *Schizophyllum commune* OP18 หมักปุ๋ยทางใบปาล์มน้ำมัน ร่วมกับ หัวเชื้อ พ.ด.1 และพบว่าสามารถลดค่า C/N ratio จากเริ่มต้นที่ 30:1 เหลือ 20.39±0.15 ใช้เวลาหมักเพียง 23 วัน สามารถย่นระยะเวลาการหมักให้เร็วขึ้น 14 วัน เมื่อเทียบกับการหมักที่ใช้หัวเชื้อ พ.ด. 1 เพียงอย่างเดียว ทำนองเดียวกัน Dong และคณะ (2009) ได้ทดลองใช้ราไวท์รอทสายพันธุ์ *Phanerochaete chrysosporium* PC2 หมักชานอ้อย พบว่าสามารถย่อยลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสได้ถึง 85-93%, 64-88% และ 15-67% ตามลำดับ ส่วน Zeng และคณะ (2010) พบว่าการใส่ *Phanerochaete chrysosporium* สามารถลดระยะเวลาการหมักปุ๋ยฟางข้าวลงได้ 7 วันเมื่อเทียบกับชุดควบคุม จาก Table 1 แสดงองค์ประกอบปุ๋ยหมักของทั้งสามชุดพบว่าเป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยหมัก (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

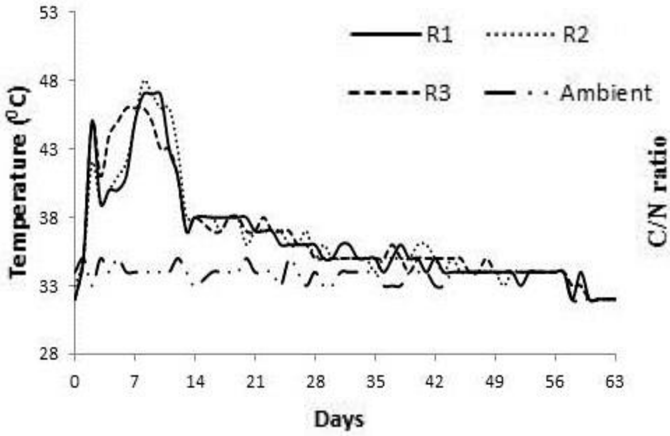



Figure 1 Temperature evolutions during EFB composting process.

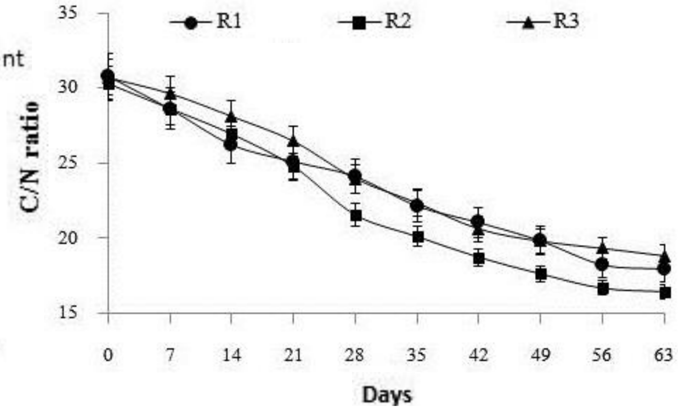



Figure 2 Changes in C/N ratio during EFB composting process.

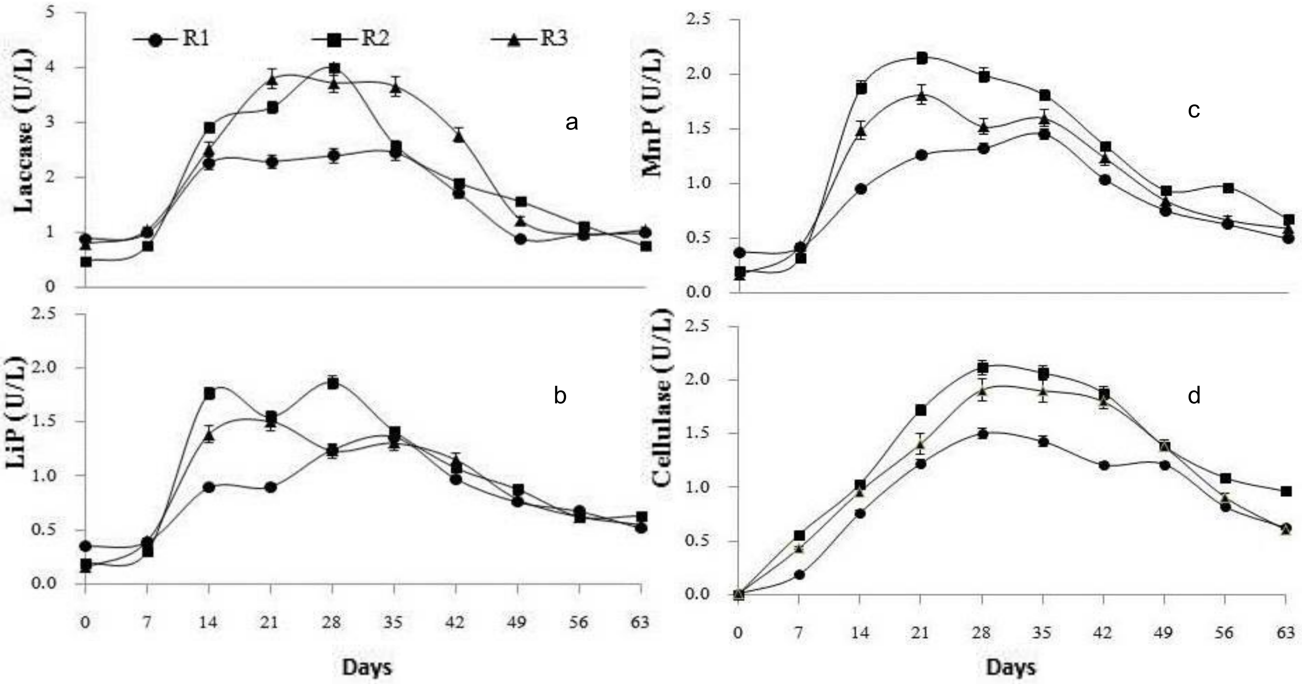



Figure 3 activities of Laccase (a), LiP (b), MnP (c) and Cellulase (d) during EFB composting process.

Table 1 Physicochemical properties of R1, R2 and R3 EFB composts when C/N ratio ≤ 20:1 (mean±SD)

| Parameters | Initial | | | Finished | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | R1 (0 Days) | R2 (0 Days) | R3 (0 Days) | R1 (49 Days) | R2 (35 Days) | R3 (42 Days) |
| C/N ratio | 30.79±1.50a | 30.29±1.17a | 30.69±1.19a | 19.83±0.95 | 20.13±0.66 | 20.63±0.33 |
| OC (% dw) | 52.89±1.47a | 52.15±1.33a | 52.68±1.38a | 34.84±0.57 | 34.90±0.47 | 35.76±0.53 |
| N (% dw) | 1.72±0.01a | 1.72±0.01a | 1.72±0.01a | 1.75±0.01 | 1.73±0.02 | 1.73±0.01 |
| pH | 7.56±0.53a | 7.66±0.53a | 7.27±0.51a | 7.68±0.54 | 7.68±0.54 | 7.45±0.52 |
| EC (dS/m) | 2.08±0.07a | 2.06±0.14a | 2.05±0.10a | 2.51±0.07 | 2.41±0.13 | 2.31±0.06 |
| Cellulose (%dw) | 50.16±2.37a | 49.86±2.03a | 49.94±2.11a | 41.21±1.94 | 35.16±1.43 | 38.46±1.62 |
| Hemicellulose (% dw) | 19.34±0.86a | 19.46±0.85a | 18.91±0.93a | 15.21±0.68 | 11.06±0.48 | 12.91±0.63 |
| Lignin (% dw) | 25.43±0.98a | 25.43±1.14a | 25.56±0.94a | 20.19±0.78 | 16.59±0.74 | 18.63±0.69 |

## สรุปผล

การเติมราย่อยสลายเนื้อไม้ *Schizophyllum commune* OP18 และ *Coprinopsis cinerea* OB1 ลงในกองปุ๋ยหมักซังทะลายปาล์มน้ำมันร่วมกับหัวเชื้อ พ.ด. 1 ช่วยเพิ่มกิจกรรมลิกนิโนไลติกเอนไซม์และการย่อยสลาย สามารถลดระยะเวลาการหมักปุ๋ยซังทะลายปาล์มน้ำมันลงได้ เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ใส่ราไวท์รอท ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดสายพันธุ์ของเชื้อราไวท์รอท

## เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าภายใน, 2557, ปาล์มน้ำมัน: เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2555-2557 (ปี 2556-2557 พยากรณ์ ไตรมาสที่ 4 เดือนธันวาคม 2556), กรมการค้าภายใน, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร, 2548, คู่มือปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับผู้บริหาร), พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

ณัฐพล เลี้ยงเพ็ชร และธีรพัฒน์ จรดล, 2555, บทบาทของราไวท์รอทในการผลิตปุ๋ยหมักทางปาล์มน้ำมัน, วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2558, สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2558, สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ.

อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์ ศิววรรณ พูลพันธ์ สมศักดิ์ เภาทอง จันทนา บุญศิริ และปรีชา วงษ์วิจารณ์, 2553, รายงานการวิจัยการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ทางปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์, สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, หน้า 22.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2000, Official Method of Analysis of AOAC International, 16th ed., AOAC International, Arlington, Virginia, USA.

Dong, X.Q., Yang, J.S., Zhu, N., Wang, E.T. and Yuan, H.I., 2009, Sugarcane Bagasse Degradation and Characterization of Three White Rot Fungi, Bioresource Technology, 131: 443-451.

Elisashvili, V., Kachlishvili, E. and Penninckx, M., 2008, Effect of Growth Substrate, Method of Fermentation, and Nitrogen Source on Lignocellulose-degrading Enzymes Production by White-rot Basidiomycetes, Journal Industrial Microbiology Biotechnology, 35: 1531-1538.

Ghose, T.K., 1987, Measurement of cellulase activities, Pure Applied Chemistry, 59(2): 68-257.

Heinfling, A., Masrtinez, M.J., Martinez, A.T., Bergbaure, M. and Szewzyk, U., 1998, Transformation of industrial Dyes dy Manganese Peroxidase from *Bjerkandera adusta* and *Pleurotus eryngii* in a Manganese Independent Reaction", Appiled and Enviromental Microbiology, 64(8): 2788-2793.

Kirk, T. K. and Cullen, D., 1998, Enzymology and Molecular Genetics of Wood Degradation by White-rot Fungi, Young, R.A. and Akthar, M. (eds.), Environmentally Friendly Technologies for the Pulp and Paper Industry, John Wiley & Sons, New York, pp. 273-307.

Navarro-Gonález, M., Arndt, M., Zomorrodi, M., Majcherczyk, A. and Kües, U., 2011, Regulation of Fruiting Body Formation in Coprinopsis cinerea, International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7). October 4-7, 2011, Arcachon, France, p. 175-187.

Piñeros-Castro, Y. and Velásquez-Lozano, M., 2014, Biodegradation Kinetics of Oil Palm Empty Fruit Bunches by White Rot Fungi, International Biodeterioration & Biodegradation, 91: 24-28.

Tiquia, S.M. and Tam, N.F.Y., 2000, Co-composting of Spent Pig Litter and Sludge with Forcedaeration, Bioresource Technology, 72: 1-7.

VanSoest, P.T., Robertton, J.B. and Lewis, B.A., 1991, Method of Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonostarsh Polysaccharide in Relation to Animal Nutrition, Journal of Dairy Science, 74(10): 3583-3579.

Zeng, G.M., Man, Y., Yaoning, C., Danlian, H., Jiachao, Z., Hongli, H.,Rongqing J. and Zhen Y., 2010, Effects of Inoculation with Phanerochaete Chrysosporium at Various Time Pointson Enzyme Activities during Agricultural Waste Composting, Bioresource Technology, 101: 222-227.

# การศึกษาคุณลักษณะของไลติกพอลิแซ็กคาไรด์โมโนออกซิจิเนส จาก *Paenibacillus curdlanolyticus* B6 ในการย่อยเซลลูโลสแบบผลึก

# Characterization of Lytic Polysaccaride Monooxygenase from *Paenibacillus curdlanolyticus* B6 for Crystalline Cellulose Degradation

**ภาคินี เทียนเฮง[1] รัตติยา แววนุกูล[1,2] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1,2] ภัทรา ผาสอน[1,2] กนก รัตนะกนกชัย[1]**

Thianheng, P.[1], Waeonukul, R.[1,2], Tachaapaikoon, C.[1,2], Pason, P.[1,2] and Ratanakhanokchai, K.[1]

## Abstract

Naturally, cellulose has crystalline structure that is rigid structure and difficult to degrade by enzymes. To enhance the enzymatic degradation of crystalline cellulose, we have cloned and characterized lytic polysaccharide monooxygenase that is an oxidoreductase from *Paenibacillus curdlanolyticus* B6 (*Pc*LPMOB). The recombinant *Pc*LPMOB showed 64 kDa. Action of *Pc*LPMOB needs ascorbic acid and $Cu^{2+}$ to be an electron donor and an electron receiver. PMO activity was 3.63 U/mg by Amplex®red hydrogen peroxide/peroxidase assay kit. *Pc*LPMOB could degrade hydrogen bond and β-1,4 glycosidic bond of Avicel by oxidation and could produce reducing sugar and sugar acid that decreased pH from 7.00 to 4.64 in 48 hours. In addition, boosting effect of *Pc*LPMOB to *Pc*Cel9B on Avicel at 50:50 ratio showed 1.94-fold increase in reducing sugar. This indicated that *Pc*LPMOB can boost cellulose system for effective crystalline cellulose degradation.

**Keywords:** avicel, crystalline cellulose, Lytic polysaccharide monooxygenase, *Paenibacillus curdlanolyticus* B6

## บทคัดย่อ

ในธรรมชาติเส้นใยเซลลูโลสบางส่วนจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบกลายเป็นโครงสร้างแบบผลึก ซึ่งยากต่อการย่อยสลายโดยเอนไซม์ ในงานวิจัยนี้เราจึงได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายเซลลูโลสแบบผลึก โดยโคลนและศึกษาคุณลักษณะของไลติกพอลิแซ็กคาไรด์โมโนออกซิจิเนส จาก Paenibacillus curdlanolyticus B6 (PcLOMO) ซึ่งเป็นเอนไซม์กลุ่มออกซิโดริดักเทส พบว่ามีขนาด 61 kDa การทำงานของ PcLPMO ต้องอาศัยกรดแอสคอร์บิกและ Cu2+ เป็นตัวให้และรับอิเล็กตรอน ค่ากิจกรรมของ PcLPMO ตรวจสอบโดย Amplex®red hydrogen peroxide/peroxidase assay kit เท่ากับ 3.63 U/mg PcLPMO สามารถตัดพันธะไฮโดรเจนและพันธะบีต้า 1,4-ไกลโคไซด์ในโครงสร้างแบบผลึกของอะไวเซลโดยปฏิกิริยาออกซิเดชั่นให้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลกรด ซึ่งส่งผลให้ pH ลดลงจาก 7.00 เหลือ 4.64 ภายในเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อใช้ PcLPMO ร่วมกับ PcCel9B พบว่า ที่อัตราส่วน PcLPMO:PcCel9B เท่ากับ 50:50 สามารถส่งเสริมให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่วัดได้เพิ่มขึ้นเป็น 1.97 เท่า แสดงให้เห็นว่า PcLPMO สามารถช่วยเสริมการทำงานของระบบเอนไซม์เซลลูเลสต่อการย่อยเซลลูโลสแบบผลึกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

**คำสำคัญ**: เซลลูโลสแบบผลึก ไลติกพอลิแซ็กคาไรด์โมโนออกซิจิเนส อะไวเซล *Paenibacillus curdlanolyticus* B6

## คำนำ

เซลลูโลสเป็นโฮโมพอลิแซ็กคาไรด์สายตรงที่ประกอบด้วยเซลโลไบโอสหลายหน่วยย่อยมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะบีต้า-1,4 ไกลโคไซด์ การย่อยสลายเซลลูโลสอย่างสมบูรณ์จะทำให้ได้น้ำตาลกลูโคสเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารมูลค่าสูงต่อไป ในธรรมชาติการจัดเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลสทำให้เกิดโครงสร้าง 2 ลักษณะ คือ โครงสร้างอสัณฐาน (amorphous) เป็นโครงสร้างที่เส้นใยเซลลูโลสเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ซึ่งหลวมและง่ายต่อการย่อยสลายโดยเอนไซม์ ส่วนโครงสร้างแบบผลึก (crystalline) เป็นโครงสร้างที่เส้นใยเซลลูโลสจัดรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

[1] Faculty of School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

[2] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

หนาแน่นจึงมีความแข็งแรงกว่าและยากต่อการย่อยสลายโดยเอนไซม์

ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำกระบวนการทางชีวภาพ (biological pretreatment) มาใช้ปรับโครงสร้างเซลลูโลสแบบผลึก เพื่อให้ง่ายต่อการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลส ในปี ค.ศ. 2010 มีการค้นพบเอนไซม์ชนิดใหม่ คือ ไลติกพอลิแซ็กคาไรด์โมโนออกซิ-จิเนส (Lytic poly saccharide monooxygenase; LPMO) ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มออกซิโดรีดักเทสที่สามารถตัดพันธะบีต้า 1,4-ไกลโคไซด์บนโมเลกุลเซลลูโลสโดยปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Forsberg และคณะ, 2011; Horn และคณะ, 2012) และสามารถทำลายพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างแบบผลึกได้ ซึ่งช่วยคลายความหนาแน่นของโครงสร้างแบบผลึกให้เป็นอสัณฐานมากยิ่งขึ้น ปัจจุบัน LPMO จึงเป็นเอนไซม์ชนิดใหม่ที่มีบทบาทสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลสเพื่อให้เกิดการย่อยสลายเซลลูโลสอย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการศึกษาคุณลักษณะของเอนไซม์ LPMO จาก *P. curdlanolyticus* B6 ซึ่งคาดว่าจะได้ข้อมูลที่น่าสนใจ และสามารถนำ LPMO จาก *P. curdlanolyticus* B6 มาประยุกต์ร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสในอุตสาหกรรมที่ใช้เซลลูโลสเป็นสารตั้งต้นในการผลิตกลูโคส เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารมูลค่าสูง เช่น เอทานอลต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

**แบคทีเรียและพลาสมิด** *P. curdlanolyticus* B6 (Pason และคณะ, 2006) ใช้เป็นแหล่งของยีน *PcLPMOB* *Escherichia coli* DH5$\alpha$ ใช้เป็นเซลล์เจ้าบ้านในการศึกษาการโคลนยีน และ *E. coli* BL21 สำหรับเป็นเซลล์เจ้าบ้านในการแสดงออกของ *PcLPMOB* พลาสมิดที่นำมาใช้ในการศึกษาการโคลนยีน คือ พลาสมิด pET-28a (Novagen)

**การโคลนยีนและการแสดงออกของยีน** เพิ่มจำนวนชิ้นยีน *Pc*LPMOB โดยเทคนิค PCR จากนั้นโคลนยีนเข้าสู่ pGEM®-T Easy (Promega) และ subclone เข้าสู่ pET-28a (Novagen) โดยใช้เซลล์เจ้าบ้านเป็น *E.coli* DH5$\alpha$ และ *E.coli* BL21 ตามลำดับ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการแสดงออกของรีคอมบิแนนท์โปรตีน โดยใช้ isopropyl-D-thiogalactopyranoside (IPTG) 1 mM ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเก็บเกี่ยวเซลล์และทำให้เซลล์แตกโดยใช้คลื่นความถี่และทำบริสุทธิ์ *Pc*LPMOB โดยใช้ Ni-NTA column (GE Healthcare Life Sciences) และตรวจสอบความบริสุทธิ์โดย sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) (Laemmli, 1970)

**การวัดกิจกรรมไลติกพอลิแซ็กคาไรด์โมโนออกซิจิเนส (PMO activity)** พิจารณาโดย Amplex®red hydrogen peroxide/peroxidase assay kit (Invitrogen) เตรียมสารละลายเอนไซม์ความเข้มข้น 0 0.2 1.0 และ 2.0 mg/ml ผสมกับสารละลายจากชุดทดสอบ 100 ml ซึ่งประกอบด้วยแอมแพล็กเรดความเข้มข้น 10 mM และเอนไซม์ฮอร์มเรดิชเปอร์ออกซิเดส 0.2 U/ml จากนั้นบ่มเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 nm

**การวิเคราะห์ผลกระทบของไอออนโลหะต่อการทำงานของเอนไซม์** บ่มสารละลายเอนไซม์ความเข้มข้นสุดท้าย 500 $\mu$g/ml กับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้นสุดท้าย 0.5% ในบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต 50 mM. pH 7.0 และมีกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นสุดท้าย 1 mM ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีไอออนของโลหะ ได้แก่ $Ca^{2+}$, $Ni^{2+}$, $Mn^{2+}$, $Cu^{2+}$, $Mg^{2+}$ และ $Zn^{2+}$ ความเข้มข้นสุดท้าย 1 mM บ่มที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง วัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี DNS (Miller, 1959) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm

**การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์** บ่มสารละลายเอนไซม์ความเข้มข้นสุดท้าย 500 $\mu$g/ml กับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและอะไวเซลความเข้มข้นอย่างละ 1% ในบัพเฟอร์โซเดียมฟอสเฟตความเข้มข้น 50 mM พีเอช 7.0 และมีกรดแอสคอร์บิกและคอปเปอร์ไอออนความเข้มข้นสุดท้ายอย่างละ 1 mM ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง วัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS (Miller, 1959) และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm

**การวิเคราะห์ค่าพีเอช** บ่มสารละลายเอนไซม์ความเข้มข้นสุดท้าย 500 $\mu$g/ml กับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 1% ในบัพเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต 50 mM พีเอช 7.0 มีกรดแอสคอร์บิกและคอปเปอร์ไอออนความเข้มข้นสุดท้ายอย่างละ 1 mM ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 และ 48 ชั่วโมง วัดพีเอชโดยเครื่องวัดพีเอช (model 420A, Origin research Inc., USA)

**การทำงานร่วมกันของ *Pc*LPMOB กับ *Pc*Cel9B** เตรียมรีคอมบิแนนท์โปรตีนความเข้มข้น 1,000 $\mu$g/ml และ *Pc*Cel9B ความเข้มข้น 150 $\mu$g/ml ผสม *Pc*LPMOB ต่อ *Pc*Cel9B ในอัตราส่วน 100:0, 50:50 และ 0:100 ในสภาวะที่มีอะไวเซลความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นสารตั้งต้น และมีนิกเกิลไอออนและกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นสุดท้าย 1 mM ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS (Miller, 1959)

**ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**

หลังจากโคลนยีนและทำให้บริสุทธิ์พบว่า *Pc*LPMOB มีขนาด 64 kDa (Figure 1) เพื่อทดสอบความสามารถในการย่อยสลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยอาศัยไอออนของโลหะ (ตัวรับอิเล็กตรอน) และกรดแอสคอร์บิกที่เป็นสารรีดิวซ์ พบว่าหากขาดตัวให้หรือตัวรับอิเล็กตรอนอย่างใดอย่างหนึ่ง *Pc*LPMOB ไม่สามารถตัดพันธะบีต้า-1,4 ไกลโคไซด์ในโมเลกุลของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสได้ อย่างไรก็ตามในสภาวะที่มีการเติมกรดแอสคอร์บิกเป็นตัวให้อิเล็กตรอน และมีไอออนของโลหะ คือ $Ca^{2+}$, $Ni^{2+}$, $Mn^{2+}$, $Cu^{2+}$, $Mg^{2+}$ และ $Zn^{2+}$ เป็นตัวรับอิเล็กตรอน พบว่า ในสภาวะที่ใช้ $Ni^{2+}$ และ $Cu^{2+}$ เท่านั้นที่ตรวจพบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้ คือ 112.51 และ 154.20 μg/ml. ตามลำดับ (Table 1) แสดงให้เห็นว่า *Pc*LPMOB ชนิดนี้มีความจำเพาะต้องไอออนของโลหะเพียง 2 ชนิด คือ $Ni^{2+}$ และ $Cu^{2+}$ โดย $Cu^{2+}$ คือ ไอออนของโลหะที่มีความจำเพาะสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่ว่า LPMO มี $Cu^{2+}$ เป็น native metal ion (http://www. cazypedia.org/)

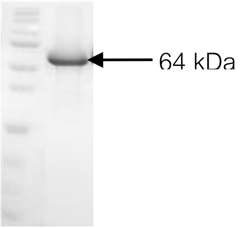



**Figure 1** Size of *Pc*LPMOB, 64 kDa, was investigated by SDS-PAGE

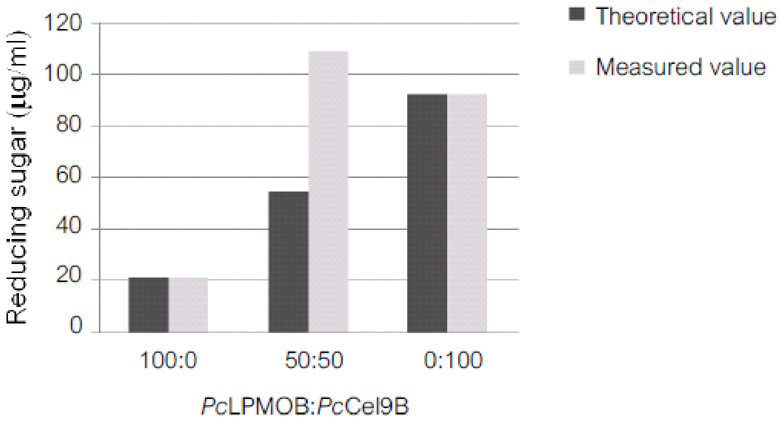



**Figure 2** Synergistic effect of *Pc*LPMOB with *Pc*Cel9B on 1% Avicel which included 1 mM of Nickel ions and ascorbic acid, at 50°C and pH 7.0 for 16 h.

*Pc*LPMOB มีคุณสมบัติของ LPMO คือต้องการตัวให้และรับอิเล็กตรอนในการตัดพันธะบีต้า-1,4 ไกลโคไซด์ในโมเลกุลของซับเสตรท การตัดพันธะบีต้า-1,4 ไกลโคไซด์โดยปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ LPMO ส่งผลให้คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 หรือ 4 ถูกออกซิไดซ์ หากคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ถูกออกซิไดซ์เป็นแลกโตน แลกโตนถูกออกซิไดซ์โดยธรรมชาติกลายเป็นกรดแอลโดนิก (Dimarogona และคณะ, 2012) ที่เป็นสาเหตุทำให้พีเอชในระบบลดลง จากการทดลองบ่ม *Pc*LPMO กับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและอะไวเซลที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เกิดขึ้นเท่ากับ 19.74 และ 46.15 μg/ml ตามลำดับ และที่สภาวะเดียวกันเมื่อเวลาผ่านไป pH ในระบบลดลงจากพีเอช 7.0 เหลือ 5.82 และที่เวลา 48 ชั่วโมง พบว่าพีเอชลดลงเหลือ 4.64 อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการทำงานของ *Pc*LPMOB ทำให้เกิดน้ำตาลรีดิวซ์และผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดเกิดขึ้น ซึ่งสันนิษฐานว่าผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นคือกรดแอลโดนิก

คุณสมบัติที่สำคัญของ LPMO คือสามารถตัดพันธะบีต้า-1,4 ไกลโคไซด์และพันธะไฮโดรเจนบนโครงสร้างเซลลูโลสแบบผลึกได้ ซึ่งช่วยให้เอนไซม์เซลลูเลสทำงานได้ดีขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้นำ *Pc*LPMOB มาทำงานร่วมกับ *Pc*Cel9B ซึ่งเป็นเอนโดกลูคาเนสแต่ย่อยเซลลูโลสแบบผลึกได้ไม่ดี จากผลการทดลองพบว่าที่อัตราส่วน *Pc*LPMOB:*Pc*Cel9B เท่ากับ 50:50 ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่วัดได้เพิ่มขึ้นเป็น 1.97 เท่า (Figure 2) เมื่อใช้อะไวเซลเป็นสารตั้งต้น จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า *Pc*LPMOB สามารถทำลายโครงสร้างเซลลูโลสแบบผลึกได้ ซึ่งช่วยให้ *Pc*Cel9B ทำงานย่อยอะไวเซลได้ดีขึ้น

**Table 1** Effect of metal ions and reducing agent, ascorbic acid, on *Pc*LPMO activity

| Metal ions | Reducing sugar (µg/ml) | |
|---|---|---|
| | No reducing agent | 1 mM ascorbic acid |
| $Ca^{2+}$ | 0 | 0 |
| $Ni^{2+}$ | 0 | 112.51 |
| $Mn^{2+}$ | 0 | 0 |
| $Cu^{2+}$ | 0 | 154.20 |
| $Mg^{2+}$ | 0 | 0 |

## สรุปผล

*Pc*LPMO มีขนาด 61 kDa การทำงานของ *Pc*LPMO ต้องการตัวให้และรับอิเล็กตรอนเพื่อตัดพันธะบีต้า-1,4 ไกลโคไซด์ในโมเลกุลของซับเสตรท โดยมีคอปเปอร์ไอออนเป็นไอออนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน *Pc*LPMO สามารถตัดพันธะบีต้า-1,4 ไกลโคไซด์ของเซลลูโลสได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลกรด เมื่อนำ *Pc*LPMO มาทำงานร่วมกับ *Pc*Cel9B บนอะไวเซลที่อัตราส่วน *Pc*LPMO:*Pc*Cel9B เท่ากับ 50:50 ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่วัดได้เพิ่มขึ้นเป็น 1.97 เท่า แสดงให้เห็นว่า *Pc*LPMO สามารถช่วยเสริมการทำงานของระบบเอนไซม์เซลลูเลสต่อการย่อยเซลลูโลสแบบผลึกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดีด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย จึงขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัย แห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและเงินงบประมาณแผ่นดินหมวดเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2558-2560 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผู้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณสมาชิกและบุคลากรห้องปฏิบัติการเอนไซม์เทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่คอยให้คำปรึกษาสร้างและแรงบันดาลใจให้แก่นักวิจัยมาโดยตลอดจนกระทั่งสามารถดำเนินงานวิจัยประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

Dimarogona, M., Topakas, E. and Christakopoulos, P., 2012, Cellulose Degradation by Oxidative Enzyme, Computational and Structural Biotechnology, 2(3): 1–8.

Forsberg, Z., Vaaje-Kolstad, G., Westereng, B., Bunæs, A.C., Stenstrom, Y., MacKenzie, A., Sorlie, M., Horn, J.S. and Eijsink, G.H.V, 2011, Cleavage of Cellulose by a CBM33 Protein, Biotechnology for Biofuels, 20: 1479-1483.

Horn, S.J., Vaaje-Kolstad, G., Westereng, B. and Eijsink, G.H.V., 2012, Novel Enzymes for the Degradation of Cellulose, Biotechnology for Biofuels, 5: 1-12.

Laemmli, U.K, 1970, Clevage of Structural Protein during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4, Nature (London), 227: 680-685

Miller, G.L., 1959, Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar, Analytical Chemistry, 31: 426-428

Pason, P., Kyu, Kh. Y. and Ratanakhanokchai, K., 2006, *Paenibacillus curdlanolyticus* strain B-6 Xylanolytic-cellulolytic Enzyme System that Degrades Insoluble Polysaccharides, Applied and Environmental Microbiology, 7: 2483–2490.

# การเอนแคปซูเลชั่นน้ำลูกหว้าด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอยและผลต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ

# Encapsulation of Java Plum Juice by Spray Drying and its Effect on Physico-chemical Properties, Bioactive Compounds and Antioxidant Activities

นิตยา บุญนำมา[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] ฉัตรภา หัตถโกศล[1] และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1]
Boonnumma, N.[1], Laohakunji, N.[2], Hudthagosol, C.[1] and Somboonpanyakul, P.[1]

## Abstract

The objective of this research was to determine the effect of maltodextrin (DE10) concentration on physico-chemical properties of spray-dried encapsulated java plum juice. Moisture, protein, fat, crude fiber, ash and carbohydrate of java plum fruit were 85.90, 0.56, 0.30, 0.45, 1.07 and 12.20 g/100g, respectively. The anthocyanin, total phenolic compound and vitamin C contents of java plum fruit were 118.90 mg/100g, 171.78 mg GAE/100g and 16.57 mg/100 g, respectively. Maltodextrin concentrations were varied at 20, 30 and 40% (w/v) and the hot air inlet temperature was fixed at 150 ºC. Results showed that moisture content, water activity and hygroscopicity of java plum powder ranged from 3.06 to 4.80%, 0.22 to 0.24% and 16.99 to 19.83%, respectively. The solubility of java plum powder was higher than 98%. An increase in maltodextrin concentration significantly reduced anthocyanin, vitamin C, total phenolic contents, and antioxidant activities. In contrast, the yield of java plum powder significantly increased ($p \leq 0.05$) when maltodextrin concentrations were increased. Based on physical properties, bioactive compounds and antioxidant activities, the optimum maltodextrin concentration for encapsulating java plum juice was 30% (w/v).

**Keywords:** java plum fruit, encapsulation, spray drying, antioxidant activities

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ทริน (DE10) ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำลูกหว้าที่ผ่านการทำแห้ง ลูกหว้ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 85.90, 0.56, 0.30, 0.45, 1.07 และ 12.20 ตามลำดับ ยังมีปริมาณสารแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลลิกทั้งหมด และวิตามินซีเท่ากับ 118.90 mg/100g, 171.78 mg GAE/100g และ 16.57 mg/100 g ตามลำดับ การเอนแคปซูเลชั่นน้ำลูกหว้าโดยแปรความเข้มข้นมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 20 30 และ 40 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิขาเข้าเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์ผงลูกหว้าที่ได้มีความชื้นร้อยละ 3.06 ถึง 4.80 ปริมาณน้ำอิสระ 0.22 ถึง 0.24 ค่าการดูดความชื้นกลับร้อยละ 16.99 ถึง 19.83 นอกจากนี้ลูกหว้าผงมีความสามารถในการละลายมากกว่าร้อยละ 98 เมื่อปริมาณความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตรินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกทั้งหมด ปริมาณวิตามินซี และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระลดลง แต่ร้อยละของผลผลิตเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระพบว่าความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ทริน (DE10) ที่เหมาะสมในการเอนแคปซูเลชั่นน้ำลูกหว้าเท่ากับร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

**คำสำคัญ**: ลูกหว้า เอนแคปซูเลชั่น การอบแห้งแบบพ่นฝอย ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ

## คำนำ

ลูกหว้า (*Syzygium cumini* (L.) Skeels.) เป็นผลไม้เขตร้อน พบในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ถึงแอฟริกา ออกผลในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน (Baliga และคณะ, 2011) มีรสหวานอมเปรี้ยวและรสฝาดเล็กน้อย มีคุณค่าทาง

[1] คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี จังหวัดกรุงเทพฯ 10400
[1] Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd., Ratchawithi Distric, Bangkok 10400
[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ
[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

โภชนาการและแร่ธาตุที่สำคัญ ลูกหว้าอุดมไปด้วยแอนโธไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และวิตามินซี (Rufino, 2010) ซึ่งจัดเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activity) ที่ช่วยต้านอนุมูลอิสระ แต่ลูกหว้าเป็นผลไม้ที่เน่าเสียง่าย มีอายุการเก็บรักษาสั้นและออกผลปีละครั้ง มีเฉพาะในบางฤดูกาล ถึงแม้จะมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง แต่ยังไม่มีการนำลูกหว้ามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลาย ดังนั้นการนำสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากลูกหว้ามาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะสามารถเพิ่มมูลค่า และยังสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายได้ตลอดทั้งปี การใช้กระบวนการเอนแคปซูเลชั่น เพื่อกักเก็บกลิ่นรสและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผักและผลไม้กำลังเป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้การห่อปิดกลิ่นรส ป้องกันสารที่ไวต่อการเสียสภาพ ทำให้สามารถเก็บสารต่างๆ ไว้ ได้นาน สารแกนกลางจะถูกเคลือบด้วยสารเคลือบ (wall material) เช่น มอลโตเดกซ์ตริน วิธีการผลิตเอนแคปซูเลชั่นมีหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้สำหรับการทำแห้งของสารแกนกลางที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งมีข้อดี คือ เครื่องมือหาได้ง่าย ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าวิธีอื่น สามารถเลือกสารเคลือบได้หลายชนิด และสามารถปกป้องสารให้กลิ่นรสได้เป็นอย่างดี ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นผงที่สะดวกต่อการเก็บรักษาและการขนส่ง (Tamon และคณะ, 2548) งานวิจัยนี้จึงจะนำกระบวนการเอนแคปซูเลชั่นมาใช้ในการเก็บสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีอยู่ในลูกหว้า โดยศึกษาผลของความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตรินต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลลูกหว้าจากจังหวัดสมุทรปราการไปล้างด้วยน้ำเปล่า แกะเมล็ดออก นำส่วนที่รับประทานได้ มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 2000) เตรียมน้ำลูกหว้าโดยนำส่วนที่รับประทานได้มาปั่นละเอียด นำไปเหวี่ยงและกรองแยกกาก บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์ นำไปวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ด้วยเครื่อง Refractometor (ATAGO, PAL-$\alpha$, Japan) ปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH – differential method (Rui, 2011) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu (Müller, 2010) ปริมาณวิตามินซีด้วยวิธี 2, 4-dinitrophenylhydrazine (Kangsadalampai, 1984) และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Oxygen radical absorbance capacity assay (ORAC) (Huang, 2002) Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP) (Müller, 2010) และ DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity assay) (Fukumoto, 2000) จากนั้นนำน้ำลูกหว้าผสมกับมอลโตเดกซ์ตริน (MD) ที่ร้อยละ 20 30 และ 40 (w/v) ทำเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องโฮโมจิไนซ์ และทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Buchi mini spray dryer, B-290, Switzerland) โดยกำหนดขนาด nozzle atomizer เท่ากับ 0.5 mm อุณหภูมิขาเข้า 150 °C และอัตราการป้อน 5 ml/min เก็บผงลูกหว้าบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง นำมาวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, MiniScan®EZ, America) ร้อยละผลผลิต (%yield) ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (2000) ปริมาณน้ำอิสระ ($A_w$) ด้วยเครื่องวัด Water Activity (Novasina, MSI-Aw, Switzerland) การดูดความชื้นกลับ (Hygroscopicity : HG) ตามวิธีของ Tonon (2008) ค่าการละลาย (Solubility) ตามวิธีของ Cano-Chauca (2005) วิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (JEOL JSM, 6010LV, Japan) ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วิตามินซี และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระตามวิธีที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s multiple range test ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 17

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลูกหว้ามีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Paul และ Shaha (2008) มีปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และวิตามินซีเท่ากับ 118.90 mg/100g, 171.78 mg GAE/100g และ 16.57 mg/100 g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 1) น้ำลูกหว้ามี TSS เท่ากับ 10.9 °Brix มีปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และวิตามินซี เท่ากับ 57.01 mg/100 g, 73.70 mg GAE/100 g และ 109.01 mg/100 g ตามลำดับ และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี ORAC FRAP และ DPPH เท่ากับ 9.84 umol TE/g, 5.52 umol TE/g และ 97% ตามลำดับ (Table 2) น้ำลูกหว้าและผงลูกหว้าที่ผ่านการทำแห้งเป็นผงสีม่วง มีค่าเฉดสี (h°) ในช่วงม่วงถึงม่วงแดง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Santhalakshmy (2015) การเพิ่ม MD ทำให้ผงลูกหว้ามีความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น เนื่องจาก MD มีสีขาว จึงส่งผลให้ผงลูกหว้า มีค่า L* เพิ่มขึ้น ผงลูกหว้าที่ใช้ MD ร้อยละ 20 จะดูดความชื้นเร็วและเนื้อสัมผัสค่อนข้างหยาบกระด้างกว่าที่ใช้ MD ร้อยละ 30 และ 40 ซึ่งจะดูดความชื้นช้า เนื้อสัมผัสเป็นผงละเอียดและร่วนกว่า ผงลูกหว้าที่มี MD ร้อย

ละ 20 - 40 มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3.06 ถึง 4.80 ค่า HG อยู่ในช่วงร้อยละ 16.99 ถึง 19.83 และค่า $A_w$ อยู่ในช่วง 0.22 ถึง 0.24 ซึ่งค่า $A_w$ ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน ($A_w$<0.6) การเพิ่ม MD ทำให้ผงลูกหว้ามีความชื้น HG ปริมาณสารแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วิตามินซี และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระลดลงส่วนร้อยละผลผลิต และความสามารถในการละลายมีค่าเพิ่มขึ้น ($p \le 0.05$) (Table 3, 4) เนื่องจาก MD เป็นสารช่วยในการอบแห้ง มีสมบัติดูดความชื้นต่ำ และละลายน้ำได้ดี เมื่อใช้ MD เพิ่มขึ้น จึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีการเกาะติดผนังห้องอบแห้งน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีร้อยละผลผลิตสูง (Farimin, 2009) และยังช่วยลดการดูดความชื้น ทำให้ผงลูกหว้ามีความชื้นต่ำ และละลายน้ำได้ดี เมื่อวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าผงลูกหว้าที่มี MD ร้อยละ 30 และ 40 มีลักษณะเป็นทรงกลมส่วนใหญ่มีผิวเรียบ และกระจายตัวดีมีขนาดโดยประมาณตั้งแต่ 1 – 17.6 µm (Figure 1b,c) แต่การใช้ MD ร้อยละ 20 จะทำให้ผงลูกหว้า มีลักษณะเป็นทรงกลม แต่เกาะกันเป็นกลุ่มก้อน (Figure 1a) ดังนั้นเมื่อพิจารณาสมบัติทางเคมี-กายภาพแล้วการใช้ MD ร้อยละ 30 จึงเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเอนแคปซูเลชั่นน้ำลูกหว้า เนื่องจากยังคงมีปริมาณสารแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วิตามินซี และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระที่ดี และมีความชื้น การดูดความชื้น และ $A_w$ ที่ต่ำ เมื่อเทียบกับการใช้ MD ร้อยละ 20 และ 40

## สรุปผล

ผงลูกหว้าที่มีมอลโตเดกซ์ทริน (DE10) ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เหมาะสมในการเอนแคปซูเลชั่นน้ำลูกหว้าด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย เนื่องจากสามารถกักเก็บสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพให้คงอยู่ และทำให้ได้ผงลูกหว้ามีสมบัติทางกายภาพที่ดี

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสมาคมโภชนาการแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ในโครงการอุดหนุนการวิจัย Amway for nutrition research grant 2014

## เอกสารอ้างอิง

AOAC 2000, Official Method of Analysis of AOAC International, 17$^{TH}$ ed. Horwitz, Willium: Association of Official Analytical Chemists. Inc.

Baliga, M.S., Bhat, H.P., Baliga, B.R.V., Wilson, R. and Palatty, P.L., 2011, Phytochemistry, Traditional Uses and Pharmacology of *Eugenia jambolana* Lam. (black plum): A Review, Food Research International, 44: 1776-1789.

Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M. and Cal-Vidal, J., 2005, Effect of the Carriers on the Microstructure of Mango Powder Spray Drying and its Functional Characterization, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 6(4): 420–428.

Fukumoto, L.R. and Mazza, G., 2000, Assessing Antioxidant and Prooxidant Activities of Phenolic Compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 3597-3604.

Huang, D., Ou, B., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J. and Prior, R.L., 2002, High-Throughput Assay of Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) Using a Multichannel Liquid Handling System Coupled with a Microplate Fluorescence Reader in 96-well format, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 4437-4444.

Kangsadalampai, K. and Sungpuag, P., 1984, Laboratory Manual for Food Analysis. Institute of Nutrition Mahidol University, 81.

Müller, L., Gnoyke, S., Popken, A.M. and Böhma, V., 2010, Antioxidant Capacity and Related Parameters of Different Fruit Formulations, LWT-Food Science Technology, 43: 992-999.

Paul, D.K. and Shaha, R.K., 2004, Nutrients, Vitamins and Mineral Content in Common Citrus Fruits in the Northern Region of Bangladesh, Pakistan Journal of Biological Sciences, 7: 238-242.

Rufino, M.d.S.M., Alves, R.E., Brito, E.S.d., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F. and Mancini-Filho, J., 2010,

Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities of 18 Non-traditional Tropical Fruits from Brazil, Food Chemistry, 121: 996-1002.

Rui, L., Ping, W., Qing-qi, G. and Zhen-yu, W., 2011, Anthocyanin Composition and Content of the *Vaccinium uliginosum* berry, Journal of Food Chemistry, 125: 116-120.

Santhalakshmy, S., Bosco, S.J.D., Francis, S. and Sabeena, M., 2015, Effect of Inlet Temperature on Physicochemical Properties of Spray-dried Jamun Fruit Juice Powder, Powder Technology, 274: 37-43.

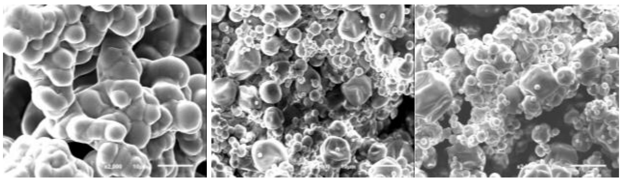
Tamon, H., Furata, T., Adachi, S., Yamamoto, S. และวิวัฒน์ ตันฑะพานิชกุล, 2548, เทคโนโลยีอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหาร, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท สมาคมส่งเสริมไทยญี่ปุ่น, ที.เอส.บี.โปรดักส์.

Tonon R.V., Brabet C. and Hubinge M.D., 2008, Influence of Process Conditions on the Physicochemical Properties of Acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) Powder Produced by Spray Drying, Journal of Food Engineering, 88: 411-418.

**Table 1** Chemical compositions of Java plum fruit

| Composition | Content (g/100 g) |
|---|---|
| Moisture | 85.9±0.12 |
| Protein | 0.56±0.06 |
| Fat | 0.30±0.06 |
| Fiber | 0.45±0.13 |
| Carbohydrates (by difference) | 12.20±0.11 |
| Ash | 1.07±0.07 |

Results are expressed as mean ±standard deviation (n=3)



a) MD 20% b) MD 30% c) MD 40%

**Figure 1** Effect of maltodextrin concentrations on morphology of Java plum powder obtained from SEM

**Table 2** Physico-chemical properties of Java plum juice

| Physico-chemical properties | Values |
|---|---|
| TSS (°Brix) | 10.9±0.12 |
| L* | 22.14±0.29 |
| a* | 48.53±0.09 |
| b* | 21.94±0.84 |
| h° | 24.33±0.86 |
| Anthocyanins (mg/100 g) | 57.01±1.29 |
| Total phenolics (mg GAE/100 g) | 73.70±0.49 |
| Vitamin C (mg/100 g) | 109.01±2.05 |
| ORAC (umol TE/g) | 9.84±0.30 |
| FRAP (umol TE/g) | 5.52±0.06 |
| DPPH (% inhibition) | 97.02±0.60 |

Results are expressed as mean ±standard deviation (n=3)

**Table 3** Effect of maltodextrin concentrations on physicochemical properties of Java plum powder

| Maltodextrin (%w/v) | L* | a* | b* | Hue angle (h°) | Moisture (%) | Solubility (%) | HG (%) | $A_w$ | Yield (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 64.12±0.32$^{b}$ | 30.87±0.18$^{a}$ | -15.14±0.09$^{b}$ | 333.87±0.01$^{a}$ | 4.80±0.11$^{a}$ | 98.01±0.28$^{c}$ | 19.83±0.37$^{a}$ | 0.24±0.003$^{a}$ | 14.32±0.26$^{c}$ |
| 30 | 65.69±1.50$^{b}$ | 28.84±0.47$^{b}$ | -16.56±0.20$^{a}$ | 330.06±0.01$^{b}$ | 3.62±0.12$^{b}$ | 101.45±0.11$^{b}$ | 18.17±0.08$^{b}$ | 0.23±0.002$^{b}$ | 20.73±0.13$^{b}$ |
| 40 | 68.05±0.43$^{a}$ | 25.85±0.03$^{c}$ | -16.31±0.05$^{a}$ | 327.69±0.05$^{c}$ | 3.06±0.08$^{c}$ | 103.11±0.59$^{a}$ | 16.99±0.19$^{c}$ | 0.22±0.001$^{b}$ | 23.69±0.39$^{a}$ |

$^{a, b, c}$ Means within a column with different superscripts are significant difference at $p \leq 0.05$

**Table 4** Effect of maltodextrin concentrations on bioactive compounds and antioxidant activities of Java plum powder

| Maltodextrin (% w/v) | Anthocyanins (mg/100 g) | Vitamin C (mg/100 g) | Total phenolics (mg GAE/100 g) | ORAC (μmol TE/g) | FRAP (μmol TE/g) | DPPH (% inhibition) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 187.90±1.07$^{a}$ | 158.19±0.44$^{a}$ | 277.38±1.09$^{a}$ | 17.36±0.54$^{a}$ | 10.92±0.39$^{a}$ | 93.81±1.26$^{a}$ |
| 30 | 158.18±0.45$^{b}$ | 141.21±0.19$^{b}$ | 197.62±1.09$^{b}$ | 15.75±0.35$^{b}$ | 7.96±0.16$^{b}$ | 84.81±0.21$^{b}$ |
| 40 | 120.19±2.15$^{c}$ | 116.98±0.00$^{c}$ | 137.87±1.89$^{c}$ | 14.35±0.15$^{c}$ | 5.17±0.15$^{c}$ | 60.19±1.99$^{c}$ |

$^{a, b, c}$ Means within a column with different superscripts are significant difference at $p \leq 0.05$

# ผลของไดแคมบาต่อการชักนำแคลลัส และการพัฒนาของต้นขมิ้นชันในหลอดทดลอง

# Effect of Dicamba on Callus Induction and Shoot Regeneration of Turmeric (*Curcuma Longa* Linn.) *In Vitro*

**ยุพาภรณ์ จิโรภาสภาณุวงศ์**[1]
Jiropasphanuwong, Y.[1]

## Abstract

In this study, regenerations of *in vitro* trimming shoot of turmeric on MS (Murashige and Skoog) medium supplemented with 3% sucrose, 0.75% agar and various concentration of dicamba (0, 0.5, 1, 1.5 and 2 mg/l) were investigated. MS medium without dicamba gave 100% multiple shoot formation with average number of new shoots at 9.30 $\pm$ 2.11 shoots per explants after culturing for 4 weeks. The regeneration of shoots trends to decrease when concentrations of dicamba were increased. Shoot explants which were cultured on MS medium with 1.5 mg/l and 2 mg/l showed friable callus in yellowish color formation on their leaf base and root. After the callus was transferred to MS medium with 1 mg/l dicamba for 2 weeks, they could be rapidly proliferated and suitable for cell suspension culture.
**Keywords:** dicamba, callus induction, Tumeric (*Curcuma Longa* Linn.)

## บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ ได้เพาะเลี้ยงลำต้นขมิ้นชันในหลอดทดลอง บนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog) ร่วมกับน้ำตาลซูโครส 3% ผงวุ้น 0.75% และ ไดแคมบาที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (0 0.5 1 1.5 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร) หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า อาหารสูตร MS ที่ไม่เติมไดแคมบา ให้การพัฒนาของชิ้นส่วนพืชเป็นยอดรวมได้สูงสุด 100% จำนวนยอดเฉลี่ย 9.30 $\pm$ 2.11 ยอดต่อชิ้นส่วน ซึ่งจำนวนยอดรวมที่พัฒนาได้มีแนวโน้มลดลง เมื่อความเข้มข้นของไดแคมบาสูงขึ้น ชิ้นส่วนพืชที่เพาะเลี้ยงบนอาหารเติมไดแคมบาเข้มข้น 1.5 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการพัฒนาเป็นแคลลัส บริเวณฐานกาบใบ และปลายราก ลักษณะแคลลัสที่ได้ เป็นแบบร่วน สีเหลืองขุ่น เมื่อนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติมไดแคมบาเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 14 วัน พบว่า แคลลัส สามารถเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็ว เหมาะสำหรับนำไปเป็นเซลล์ตั้งต้นในการเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอยต่อไป
**คำสำคัญ**: ไดแคมบา การชักนำแคลลัส ขมิ้นชัน

## คำนำ

ขมิ้นชัน จัดอยู่ในวงค์ Zingiberaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma longa* Linn. ชื่อสามัญ curcuma turmeric yellow root เป็นพืชที่คนไทยรู้จักกันมาแต่โบราณ ส่วนของลำต้นใต้ดินหรือเหง้า มีสารประกอบทางเคมีที่สำคัญจำพวกน้ำมันหอมระเหยสีเหลืองปนส้ม มีกลิ่นเฉพาะ นำมาใช้ประโยชน์เป็นยา มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อรา (Rajamma *et al*, 2012; Subramoniam *et al*., 2013) ขมิ้นชัน นิยมขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนเหง้า ซึ่งในสภาพธรรมชาตินั้น อาจจะพบกับปัญหาเรื่องโรค โดยเฉพาะโรคเน่าเละของลำต้นใต้ดิน โรคใบเหี่ยว และโรคใบจุด หรือลำต้นใต้ดินมีอัตราการเจริญเติบโตช้า (Chan and Thong, 2004) อีกทั้ง การขยายพันธุ์ขมิ้นชันแบบเดิมจำเป็นต้องใช้เหง้าขมิ้นชันจำนวนมาก และเหง้าพันธุ์ค่อนข้างหายาก ประกอบกับผลผลิตขมิ้นชันที่มีอยู่ในท้องตลาดไม่เพียงพอกับความต้องการ ดังนั้น การนำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเข้ามาช่วยในการขยายพันธุ์ต้นพันธุ์ที่ดีให้แก่เกษตรกร จึงเป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ วิธีการนี้สามารถขยายพันธุ์พืชได้อย่างรวดเร็ว ปลอดโรค มีความสม่ำเสมอ และได้ต้นกล้าปริมาณมากในระยะเวลาอันสั้น และยังสามารถเก็บรักษาเชื้อพันธุกรรมพืชไว้ในหลอดทดลองได้อีกด้วย จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่ารายงานการเกิดแคลลัสจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นชันค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่แล้ว มักจะเพิ่มปริมาณยอดรวมในหลอดทดลอง จากการเพาะเลี้ยง ตา หรือปลายยอด (Nayak and Naik, 2006; Ugochukwu *et al*., 2013) เป็นต้น ข้อดีของการเพาะเลี้ยงแคลลัสคือ เซลล์พืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ส่งเสริมให้เกิดการสร้างสารชีวเคมีทุติยภูมิ ซึ่งเป็นสารที่

[1] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Agriculture Program, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Pranakhon Si Ayutthaya, 13000

มีประโยชน์ในทางการแพทย์ และใช้เป็นเซลล์ตั้งต้นในการเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอย ดังนั้น ในการศึกษานี้ ผู้วิจัย สนใจที่จะใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตไดแคมบา ซึ่งส่งเสริมให้เซลล์พืชสามารถพัฒนาเป็นแคลลัสและเพิ่มปริมาณได้ดีในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหลายชนิด เช่น ปาล์มน้ำมัน (ยุพาภรณ์ และสมปอง, 2557; Thawaro and Te-chato, 2010) ข้าว (อรุณี และสมปอง, 2557) ข้าวสาลี (Filippov *et al*., 2006; Jiang-ping *et al*., 2010) เป็นต้น ผลการศึกษาที่ได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มปริมาณเซลล์พืชให้ได้มากขึ้น อันเป็นประโยชน์ต่อระบบการขยายพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืชชนิดนี้ต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

**1. การเตรียมวัสดุพืช**

การฟอกฆ่าเชื้อบริเวณผิวของชิ้นส่วนพืช (ดัดแปลงจาก ปริญา และคณะ, 2557) โดย ล้างลำต้นใต้ดินของพืช ให้สะอาดโดยขัดด้วยแปรงขนนุ่มเบาๆ ผ่านน้ำไหลแล้วผึ่งให้แห้ง ลอกกาบตาออก นำตาที่ได้ใส่ในขวดน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อผสมน้ำยาทีโพล 2-3 หยด เขย่า เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำไปจุ่มแช่ในแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 1 นาที ตามด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ Tween 20 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เป็นเวลา 20 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นเวลา 5 นาทีก่อนนำเข้าตู้ย้ายเลี้ยง จากนั้นจุ่มด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 10 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับ Tween 20 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เป็นเวลา 10 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที ซับชิ้นส่วนพืชด้วยกระดาษทิชชูที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อให้แห้ง ตัดบริเวณชิ้นส่วนพืชที่ช้ำและดำออก แล้วนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรชักนำการสร้างยอด

**2. การชักนำยอดเริ่มต้น**

นำชิ้นส่วนพืชที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อ มาตัดแต่งให้มีขนาด 0.5 ตารางเซนติเมตร วางเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโต เติมน้ำตาลซูโครส 3 เปอร์เซ็นต์ เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 26±2 องศาเซลเซียส ภายใต้การให้แสง 14 ชั่วโมงต่อวัน ที่ความเข้มแสง 2,000-3,000 ลักซ์ หลังจากการเพาะเลี้ยง 2 สัปดาห์ เริ่มมียอดเกิดขึ้น ตัดแยกยอดที่ได้ มาเพาะเลี้ยงต่อบนอาหารสูตรเดิม เพื่อเพิ่มปริมาณ สำหรับนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

**3. ศึกษาผลของไดแคมบา ต่อการพัฒนาของชิ้นส่วนลำต้นขมิ้นชัน**

ตัดแยกส่วนยอด มาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ร่วมกับการเติม dicamba เข้มข้น 0 0.5 1 1.5 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 3 เปอร์เซ็นต์ และผงวุ้น 0.75 เปอร์เซ็นต์ เพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืชที่อุณหภูมิ 26±2 องศาเซลเซียส ภายใต้การให้แสง 14 ชั่วโมงต่อวัน ที่ความเข้มแสง 2,000-3,000 ลักซ์ หลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกการพัฒนาของชิ้นส่วนพืชบนอาหารแต่ละสูตร วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเพาะเลี้ยงลำต้นอ่อนขมิ้นชัน บนอาหารสูตร MS เติมไดแคมบา ที่ความเข้มข้น 0 0.5 1 1.5 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 3 เปอร์เซ็นต์ และผงวุ้น 0.75 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าอาหารที่ไม่เติมไดแคมบา ให้การพัฒนาของชิ้นส่วนพืชเป็นยอดรวมได้สูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวนยอดเฉลี่ย 9.30 ± 2.11 ยอดต่อชิ้นส่วน จำนวนยอดรวมที่พัฒนาได้ลดลงเมื่อความเข้มข้นของไดแคมบาสูงขึ้น (Table 1) ลักษณะยอดรวมที่ได้บนอาหารสูตร MS มีลักษณะเป็นยอดสีเขียว และพบยอดขนาดเล็กที่กำลังจะพัฒนาขึ้นเป็นจำนวนมาก บริเวณโคนกาบใบ (Figure 1-a) อาหารสูตร MS ที่เติมไดแคมบาเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบการสร้างยอดที่มีลักษณะยืดยาวจากชิ้นส่วนพืชเดิม ยอดมีสีขาวซีด และบางส่วนของยอดพืชเดิม เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล (Figure 1-b) ลักษณะการพัฒนาของชิ้นส่วนพืชบนอาหารที่เติมไดแคมบาเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ชิ้นส่วนพืชสามารถพัฒนาให้ยอดรวมได้ ยอดเกิดใหม่ มีสีเขียว ยืดยาว บางยอดมีลักษณะอวบ สีขาวซีด พบบริเวณโคนกาบใบเดิม (Figure 1-c) ในขณะที่ เมื่อเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืชบนอาหารที่เติมไดแคมบาเข้มข้น 1.5 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ชิ้นส่วนพืชสามารถพัฒนาให้ยอดรวมได้เพียง 1-2 ยอด ลักษณะยอดยืดยาว ลำต้นมีสีเขียว บางส่วนมีสีขาวซีด และยังพบการพัฒนาเป็นแคลลัส บริเวณฐานกาบใบ และปลายราก ลักษณะแคลลัสที่ได้มีสีขาวและเหลืองขุ่น เป็นแคลลัสแบบร่วน (Friable callus) (Figure 1d-f) สามารถตัดแยกแคลลัสเหล่านี้ไปเพาะเลี้ยงต่อ เพื่อเพิ่มปริมาณ ซึ่งเมื่อนำแคลลัสไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติมไดแคมบาที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า แคลลัสมีการเพิ่มขนาด และเริ่มมีสี

เหลืองขุ่น (Figure 1h-k) ซึ่งเป็นลักษณะแคลลัสที่ดี สามารถเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับการรายงานของ ปริญา และคณะ (2557) ที่สามารถชักนำแคลลัสจากชิ้นส่วนกาบใบของขมิ้นชัน เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติมไดแคมบาเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแคลลัสที่พัฒนาได้ส่วนใหญ่เป็น friable callus สามารถพัฒนาได้ดี อย่างไรก็ตาม ปัจจุบัน ได้มีการใช้ไดแคมบาเพื่อชักนำแคลลัสในพืชหลายๆชนิด เนื่องจาก ส่งเสริมการพัฒนาของชิ้นส่วนพืชได้ดี มีอัตราการเกิดความแปรปรวนทางพันธุกรรมน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซินอื่นๆ โดยเฉพาะ 2,4-D (2,4-Dicholophenoxy acetic acid) ซึ่งส่งเสริมให้เกิดแคลลัสได้ดี แต่อัตราการเกิด somaclona variation มีค่อนข้างสูง (Jiang-ping *et al.*, 2010) ความเข้มข้นของไดแคมบาที่ใช้มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เช่น ในข้าวสาลี ใช้ความเข้มข้นสูงถึง 12 มิลลิกรัมต่อลิตร (Filippov *et al*. 2006) ในขณะที่ ปาล์มน้ำมัน ข้าว รวมทั้งขมิ้นชัน ใช้ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.1-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (Thawaro and Te-chato, 2010; อรุณี และสมปอง, 2557; ปริญา และคณะ, 2557) สำหรับการศึกษาต่อไป ควรที่จะมีการหาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณแคลลัส สำหรับใช้เป็นเซลล์ตั้งต้นในการเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอย เพื่อศึกษาการสร้างสารชีวเคมีทุติยภูมิ หรือเพื่อพัฒนาระบบการขยายพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืชในตระกูลนี้ต่อไป

## สรุปผล

อาหารสูตร MS ที่ปราศจากการเติมไดแคมบา ให้การพัฒนาของชิ้นส่วนพืชเป็นยอดรวมได้สูงสุด 100% จำนวนยอดเฉลี่ย 9.30 $\pm$ 2.11 ยอดต่อชิ้นส่วน ชิ้นส่วนพืชที่เพาะเลี้ยงบนอาหารเติมไดแคมบาเข้มข้น 1.5 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการพัฒนาเป็นแคลลัส บริเวณฐานกาบใบ และปลายราก ลักษณะแคลลัสที่ได้ เป็นแบบร่วน สีเหลืองขุ่น แคลลัสสามารถเพิ่มปริมาณได้บนอาหารสูตร MS เติมไดแคมบาเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

ปริญา สุคนธรัตน์ ทัศนี ขาวเนียม และสมปอง เตชะโต, 2557, การทำให้ชิ้นส่วนปลอดเชื้อ และการชักนำแคลลัสจากชิ้นส่วนกาบใบของขมิ้นชันในหลอดทดลอง, วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 2(2): 36-40.

ยุพาภรณ์ ศิริโสม และ สมปอง เตชะโต, 2557, การประเมินการสร้างรากของปาล์มน้ำมันสองสายต้นในหลอดทดลอง, วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 1(4): 6-9.

อรุณี ยูโซ๊ะ และสมปอง เตชะโต, 2557, ผลของซูโครสและไดแคมบาต่อการชักนำแคลลัสจากคัพภะแก่และใบอ่อนของข้าวหอมกระดังงา, วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 1(3): 28-31.

Chan, L.K. and W.H. Thong, 2004, *In vitro* Propagation of Zingiberaceae Species with Medicinal Properties, Journal of Plant Biotechnology, 6(3): 181-188.

Filippov, M, Miroshnichenko, D, Vernikovskaya, D, Dolgov S., 2006, The Effect of Auxins, Time Exposure to Auxin and Genotypes on Somatic Embryogenesis from Mature Embryos of Wheat, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 84: 213-222.

Jiang-ping, R., Xin-guo, W. and Jun, Y., 2010, Dicamba and Sugar Effects on Callus Induction and Plant Regeneration from Mature Embryo Culture of Wheat, Agricultural Sciences in China, 9(1): 31-37.

Murashige, T. and Skoog, F., 1962, A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Culture, Physiologia Plantarum, 15: 45-47.

Nayak, S. and Naik, P.K., 2006, Factors Effecting *in vitro* Microrhizome Formation and Growth in *Curcuma longa* L. and Improved Field Performance of Micropropagated Plants, ScienceAsia, 32: 31-37.

Rajamma, A.G., Bai, V. and Nambisam, B., 2012, Antioxidant and Antibacterial Activities of Oleoresins Isolated from Nine *Curcuma* Species, Phytopharmacology, 2(2): 312-317.

Subramoniam, A., Madhavachandran, V. and Gangaprasad, A., 2013, Medicinal Plants is the Treatment of

Arthritis, Annals of Phytomedicine an International Journal, 2: 3-36.

Thawaro, S. and Te-chato, S., 2010, Effect of Culture Medium and Genotype on Germination of Hybrid Oil Palm Zygotic Embryos, ScienceAsia, 36: 26-32.

Ugochukwu, S.C., Bob, S.E., Ozioma, O., Odii, E.B., Ijeoma, I.C. and Olanike, O., 2013, Shoot Proliferation of *in vitro* Turmeric (*Curcuma longa* L.) Affected by Different Concentrations of Benzylaminopurine (BAP), World Journal of Agricultural Sciences, 9(3): 227-230.

**Table 1** Effect of dicamba on multiple shoot induction, number of shoot per explants and callus formation after culturing for 4 weeks.

| Dicamba (mg/l) | Multiple shoot induction (%) | Number of shoots/ explant | Callus formation | Types of callus |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 100a | 9.30 ± 2.11a | - | - |
| 0.5 | 100a | 4.60 ± 2.07b | - | - |
| 1 | 88.87b | 3.33 ± 1.53c | - | - |
| 1.5 | 33.33c | 1.25 ± 0.50d | Callus formation on leaf base and root | Friable callus |
| 2 | 33.33c | 2.00 ± 2.83c | Callus formation on leaf base and root | Friable callus |
| F-test | ** | ** | | |
| C.V. | 15.98 | 11.36 | | |

This symbol (-) indicated that callus formation wasn't observed.

** Different letters within the column indicate significant differences according to the DMRT ($P \leq 0.01$)

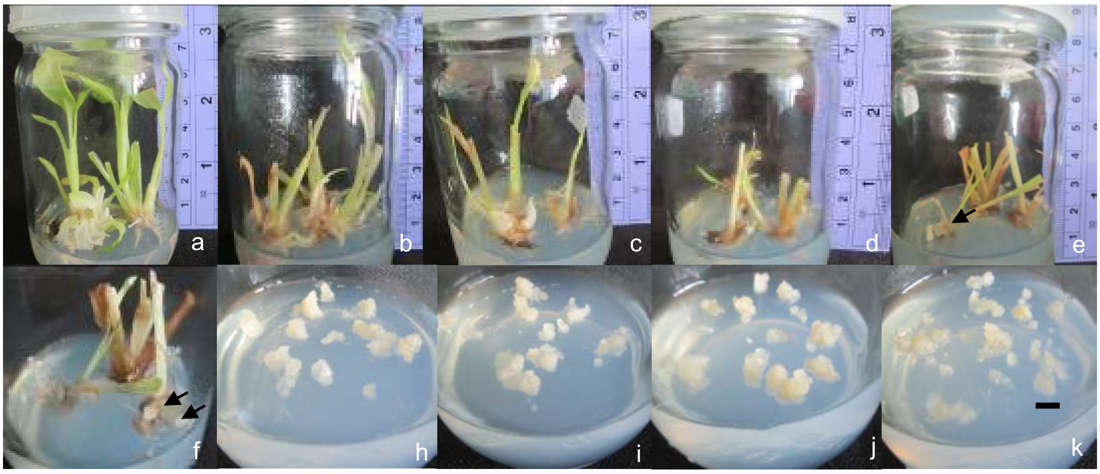



**Figure 1** Effect of dicamba on development of cultured shoots after culturing for 4 weeks on MS medium without dicamba (a) or with 0.5 mg/l dicamba (b), 1 mg/l dicamba (c), 1.5 mg/l dicamba (d) and 2 mg/l dicamba (e-f) and callus proliferation on MS medium with 1 mg/l dicamba (h-k) after culturing for 4 weeks. Black arrow indicate callus formation on leaf base and root; Bar= 0.25 cm.

# ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกในเครื่องดื่มนมถั่วเหลืองโปรไบโอติก

# Antioxidant and Phenolic Content Inprobiotic Soymilk (Lactic Acid Bacteria)

**พริมา พิริยางกูร[1] รัชฎา เลกุล[2] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[2]**

Phiriyangkul, P.[1], Lakul, R.[2] and Poubol, J.[2]

## Abstract

Soymilk is a beverage with health benefits and high nutritional value. This researchstudiedthe quantityof antioxidantand phenolic in probiotic soymilk with *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) and *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) (1.2 x 109 CFU / mL), then stored at 4°C, for 4 weeks. Those quantitieswere analyzed every week. The soymilk without inoculate wasused as control treatment. The highest quantities of antioxidant (0.97-1.07 mg Vit C / mL or 0.82-0.91 mg Vit E / mL) and phenolic (0.83-1.26 mg GAE / mL) were found at initiation, and thenthe quantities were decreased.Consider the retention of total phenolic (%), soymilk should be drunk within 2 weeks after storage while soymilk containing probiotic bacteria *L. acidophilus* (TISTR 1336) and *L. casei* (TISTR 1463) should be drunk within the first week of storage.

**Keywords:** soymilk, probiotic, antioxidant, phenolic

## บทคัดย่อ

นมถั่วเหลืองเป็นเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกในนมถั่วเหลืองโปรไบโอติกจากเชื้อ *Lactobacillusacidophilus* (TISTR 1336) และ *Lactobacillus casei*(TISTR 1463) (1.2 x $10^{9}$CFU/มิลลิลิตร) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ วิเคราะห์ผลทุกสัปดาห์หลังการเก็บรักษา โดยใช้นมถั่วเหลืองที่ไม่ได้เติมเชื้อเป็นชุดควบคุม พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระ (0.97-1.07 มิลลิกรัมวิตามิน ซี/มิลลิลิตรหรือ 0.82-0.91 มิลลิกรัมวิตามินอี/มิลลิลิตร) และฟีนอลิก(0.83-1.26 มิลลิกรัม แกลลิคแอซิด/มิลลิลิตร) มีปริมาณสูงสุดหลังเติมเชื้อและมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเมื่อพิจารณาร้อยละของปริมาณฟีนอลิกที่เหลืออยู่ ควรดื่มนมถั่วเหลืองภายใน 2 สัปดาห์ ส่วนนมถั่วเหลืองที่มีจุลินทรีย์โปรไบโอติก*L. acidophilus* (TISTR 1336) และนมถั่วเหลืองที่มีจุลินทรีย์โปรไบโอติก*L.casei* (TISTR 1463)ควรดื่มภายในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา

**คำสำคัญ**:นมถั่วเหลืองโปรไบโอติกสารต้านอนุมูลอิสระฟีนอลิก

## คำนำ

อาหารเพื่อสุขภาพเสริมโปรไบโอติกได้รับความนิยมมากในปัจจุบันเนื่องจากผู้บริโภคมีความตระหนักเกี่ยวกับประโยชน์ต่อสุขภาพมากยิ่งขึ้นซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารที่เติมโปรไบโอติกจะส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคโดยช่วยให้เกิดสภาวะสมดุลของแบคทีเรียในลำไส้ (Martins และคณะ, 2013) ถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารที่มีโปรตีน ธาตุเหล็ก กรดไขมันไม่อิ่มตัวและไนอาซินปริมาณสูง แต่มีปริมาณไขมันน้อยและไม่มีคอเลสเตอรอล ถั่วเหลืองประกอบด้วยสารประกอบไอโซฟลาโวนอยด์ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายกับฮอร์โมนเอสโตรเจนและมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Kim และคณะ, 2006; Corn และคณะ, 2002; Barnes, 2010) แต่การบริโภคนมถั่วเหลืองอาจทำให้เกิดอาการท้องอืดได้เช่นกันเนื่องจากมี raffinoseและ stachyoseซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่ย่อยไม่ได้ ดังนั้นจึงมีงานวิจัยหลายงานที่ศึกษาผลของการหมักผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ซึ่งนมถั่วเหลืองหมักส่งผลดีต่อสุขภาพมากกว่านมถั่วเหลืองที่ไม่ได้หมัก โดยจะไปเปลี่ยนรูปสารประกอบไอโซฟลาโวนอยด์ให้เป็นรูปแบบที่ร่างกายสามารถดูดซึมมาใช้งานได้ดียิ่งขึ้นช่วยย่อยโปรตีนช่วยทำให้แคลเซียมเปลี่ยนเป็นรูปแบบที่สามารถละลายน้ำได้ ช่วยส่งเสริมการทำงานของลำไส้และระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Wang และคณะ, 2006;

[1] สาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Division of Biochemistry, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom 73140

[2] สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[2] Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom73140

Rekha และ Vijayalakshmi, 2008; Barnes, 2010; Subrota และคณะ, 2013) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกในนมถั่วเหลืองโปรไบโอติก ซึ่งจัดเป็นเครื่องดื่มทางเลือกใหม่ที่มีประโยชน์และเหมาะสำหรับผู้ที่แพ้ผลิตภัณฑ์จากนมและผู้ที่ต้องการควบคุมระดับคอเลสเตอรอลที่ดี

## อุปกรณ์และวิธีการ

ผลิตนมถั่วเหลืองโปรไบโอติกโดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดทดลอง โดยชุดที่ 1 เป็นนมถั่วเหลืองที่ไม่มีการเติมเชื้อโปรไบโอติก ชุดที่ 2 เป็นนมถั่วเหลืองที่เติมเชื้อ *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) ชุดที่ 3 เป็นนมถั่วเหลืองที่เติมเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) โดยเติมเชื้อโปรไบโอติกจำนวน1.2x $10^9$CFU/มิลลิลิตรลงในนมถั่วเหลืองแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ4องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลานาน4สัปดาห์วิเคราะห์ผลทุกสัปดาห์ ดังนี้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีferric reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie และ Strain, 1996) แล้วเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน2 ชนิด คือ วิตามิน ซีและวิตามิน อีเพื่อเป็นตัวแทนสำหรับสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถละลายน้ำและไขมันได้ตามลำดับ วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยวิธี Folin-Ciocalteu (Singleton และคณะ, 1999) แล้วเทียบกับกราฟมาตรฐานแกลลิคแอซิดวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลอง โดยใช้โปรแกรมSPSS 16.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น$P < 0.05$

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกของนมถั่วเหลืองที่มีจุลินทรีย์โปรไบโอติก *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) และ *L. acidophilus* (TISTR 1336) เปรียบเทียบกับนมถั่วเหลืองที่ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกซึ่งจัดเป็นชุดควบคุมพบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา (สัปดาห์ที่ 0) นมถั่วเหลืองชุดควบคุมมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 ชุดการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงดัง Figure1 A และ B โดยมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ 0.97-1.07 มิลลิกรัม วิตามิน ซี/มิลลิลิตร หรือ 0.82-0.91 มิลลิกรัมวิตามิน อี/มิลลิลิตรหลังจากนั้นปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มไม่คงที่ตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ของการเก็บรักษา โดยในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษามีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในชุดควบคุม ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 เท่ากับ 0.84±0.03, 0.68±0.001 และ 0.72±0.06 มิลลิกรัมวิตามินซี/มิลลิลิตรหรือ 0.71±0.03, 0.58±0.01 และ 0.62±0.05วิตามินอี/มิลลิลิตร ตามลำดับหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 1-4 สัปดาห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเหลืออยู่ในนมถั่วเหลืองโปรไบโอติกร้อยละ62-84 แสดงดังTable1ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บนานขึ้นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับผลการทดลองของ Subrota และคณะ (2013) และ Wang และคณะ (2006) เนื่องจากการเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24-32 ชั่วโมง และอาจเนื่องมาจากการใช้เชื้อโปรไบโอติกต่างกัน

ส่วนสารประกอบฟีนอลิกมีปริมาณสูงที่สุดในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา (สัปดาห์ที่ 0) เมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 ชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงดัง Figure 1C โดยปริมาณฟีนอลิกในนมถั่วเหลืองที่มีจุลินทรีย์โปรไบโอติก *L.casei* (TISTR 1463) มีปริมาณฟีนอลิกน้อยที่สุดในทุกสัปดาห์ของการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและนมถั่วเหลืองที่มีจุลินทรีย์โปรไบโอติก *L. acidophilus* (TISTR 1336) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)โดยในสัปดาห์ที่ 0 ของการเก็บรักษามีปริมาณฟีนอลิกในชุดควบคุม ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ1.26±0.02, 0.83±0.47และ 1.22±0.02มิลลิกรัม แกลลิคแอซิด/มิลลิลิตรตามลำดับปริมาณฟีนอลิกในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงหลังเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสถ้าพิจารณาความเหมาะสมในการดื่มนมถั่วเหลืองและนมถั่วเหลืองโปรไบโอติก ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จาก Table 1 ซึ่งแสดงค่าร้อยละปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกที่เหลืออยู่ ควรดื่มนมถั่วเหลืองภายใน 2 สัปดาห์หลังการเก็บรักษา ส่วนนมถั่วเหลืองที่มีจุลินทรีย์โปรไบโอติก *L.casei* (TISTR 1463) และนมถั่วเหลืองที่มีจุลินทรีย์โปรไบโอติก *L. acidophilus* (TISTR 1336) ควรดื่มภายในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา เนื่องจากร้อยละปริมาณฟีนอลิกที่เหลืออยู่มีค่า 66, 42และ 38 ตามลำดับ หลังจากนั้นปริมาณฟีนอลิกจะลดลงมากในทุกชุดการทดลอง สอดคล้องกับการทดลองของ Subrota และคณะ (2013) เนื่องจากเชื้อโปรไบโอติกสามารถใช้เอนไซม์ไฟเตสทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น

## สรุปผล

เมื่อเก็บรักษานมถั่วเหลืองและนมถั่วเหลืองโปรไบโอติกที่อุณหภูมิ4องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อพิจารณาจาก

ปริมาณฟีนอลิกที่เหลืออยู่ ควรดื่มนมถั่วเหลืองภายใน 2 สัปดาห์ ส่วนนมถั่วเหลืองที่มีจุลินทรีย์โปรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336) และนมถั่วเหลืองที่มีจุลินทรีย์โปรไบโอติก *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) ควรดื่มภายในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขนประจำปีงบประมาณ2558และคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ2558

## เอกสารอ้างอิง

Barnes, S., 2010, Thebiochemistry, Chemistry and Physiologyof the Isoflavones in Soybeans and their Food Products, Lymphatic research and biology, 8: 89-98.

Benzie, I.F.F. and Stain, J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as Measure of Antioxidant Power: The FRAP Assay Analytical Biochemistry, 239: 70–76.

Corn, W.T., Cohick, W. and Raskin, I., 2004, Phytoestrogen and Human Health Effects, Phytochemistry, 65: 995–1016.

Kim, S., Berhow, M., Kim, J., Chi, H., Lee, S. and Chung, I.M., 2006, Evaluation of soyasaponin, isoflavone, protein, lipid and free sugar accumulation in developing soybean seeds, Journal of Agriculture and Food Chemistry, 54:10003–10010.

Martins, E.M.F., Ramos, A.M., Vanzela, E.S.L., Stringheta, P.C., Pinto, C.L.O. and Martins, J.M., 2013, Products of Vegetable Origin: A New Alternative for the Consumption of Probiotic Bacteria, Food Research International, 51: 764-770.

Rekha, C.R. and Vijayalakshmi, G., 2008, Biomolecules and Nutritional Quality of Soymilk Fermented with Probiotic Yeast and Bacteria, Applied Biochemical and Biotechnology, 151: 452-463.

Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M., 1999, Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates by Means of Folin-Ciocalteu reagent, Methods in Enzymology, 299: 152–178.

Subrota, H., Shilpa, V, Brij, S., Vandna, K. and Surajit, M., 2013,Antioxidative Activity and Polyphenol Content in Fermented Soy Milk Supplemented with WPC-70 by Probiotic Lactobacilli, International Food Research Journal, 20(5): 2125-2131.

Wang, Y.C., Yu, R.C. and Chou, C.C., 2006, Antioxidative Activities of Soymilk Fermented with Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria, Food Microbiology, 23: 128-135.

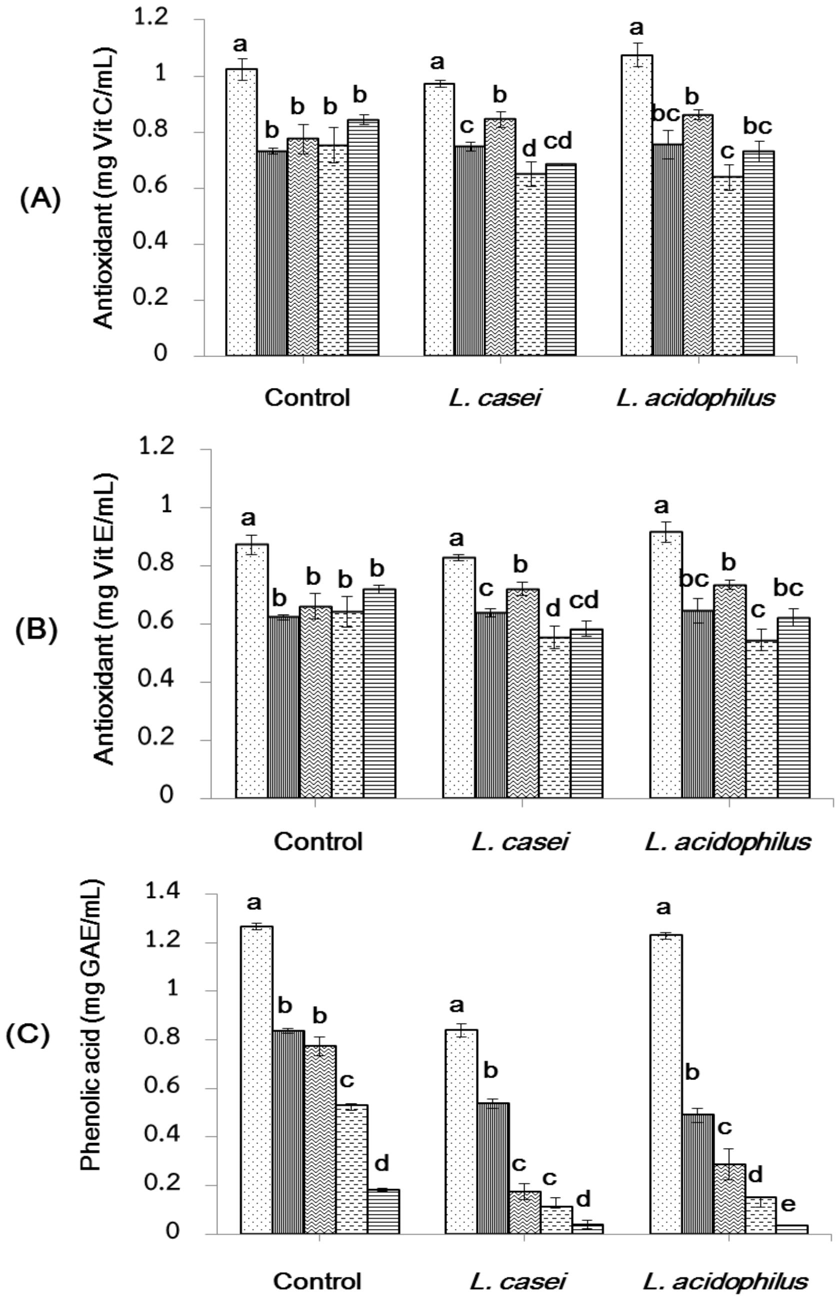



**Figure 1** The content of antioxidant (A and B) and phenolic compound (C) in soymilk (control), soymilk contained *Lactobacillus casei* (TISTR 1463) and *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 1336).

**Table 1** Percent retention of antioxidant and total phenolic in soymilk (control), soymilk with *L. casei* (TISTR 1463) and soymilk with *L. acidophilus*( TISTR 1336) after storage at 4°C for 4 weeks.

| Storage time | % Retention of antioxidant | | | % Retention of total phenolic | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (Weeks) | Control | *L. casei* | *L. acidophilus* | Control | *L. casei* | *L. acidophilus* |
| 0 | 100 | 95 | 105 | 100 | 66 | 97 |
| 1 | 72 | 73 | 74 | 66 | 42 | 38 |
| 2 | 75 | 82 | 84 | 61 | 13 | 22 |
| 3 | 74 | 63 | 62 | 14 | 9 | 12 |
| 4 | 82 | 67 | 71 | 14 | 3 | 2 |

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 613-616 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 613-616 (2558)

# ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อคุณภาพของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์
# Effects of Seed Priming on Seed Quality of 'Holland' Papaya Seeds

ปาริฉัตร บุญยืน[1] พิจิตรา แก้วสอน[1] ปริยานุช จุลกะ[1] วันชัย จันทร์ประเสริฐ[2] และ เจนจิรา ชุมภูคำ[1]
Boonyuen, P.[1], Kaewsorn, P.[1], Chulaka, P.[1], Chanprasert, W.[2] and Chumpookum, J.[1]

## Abstract

Papaya seeds usually have slow germination and non-uniformity. Thus, the objective of this study was to evaluate seed priming of 'Holland' papaya seeds and its effect on seed germination. Experiment 1 was study on seed imbibition in reverse osmosis (RO) water, 0.001% $CaCl_2$, 3% $KNO_3$, and 0.005% salicylic acid (SA). Experiment 2 was study on the effects of chemicals and duration of incubation on seed quality: (1) non-primed seeds (control) (2-3) RO + non-incubation or incubation 24 hr (4-5) 0.001% $CaCl_2$ + non-incubation or incubation 24 hr (6-7) 3% $KNO_3$ + non-incubation or incubation 24 hr (8-9) 0.005% SA + non-incubation or incubation 24 hr. Seeds were then dried (10.4%). Results showed that papaya seeds reached phase 2 of imbibition in 24 hr. Primed seeds in 0.001% $CaCl_2$ and not incubated tended to give the highest germination in the laboratory and greenhouse (74.5 and 61.5%, respectively). Moreover, the mean germination time was earlier than the control (13.6 and 15.2 days, respectively).

**Keywords:** imbibition, germination, mean germination time, seed incubation

## บทคัดย่อ

มะละกอมักพบปัญหาเมล็ดงอกช้าและไม่สม่ำเสมอ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอ'ฮอลแลนด์'การทดลอง 1 ระยะเวลาการดูดน้ำRO หรือสารละลาย $CaCl_2$ 0.001%, $KNO_3$ 3% และ SA 0.005% การทดลอง 2 ผลของสารเคมีและระยะเวลาในการบ่มเมล็ดต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์(1) เมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) (2-3)น้ำ RO + ไม่บ่มหรือบ่มเมล็ด 24 ชม. (4-5) $CaCl_2$ 0.001% + ไม่บ่มหรือบ่มเมล็ด 24 ชม. (6-7) $KNO_3$ 3% + ไม่บ่มหรือบ่มเมล็ด 24 ชม. และ (8-9) SA 0.005% + ไม่บ่มหรือบ่มเมล็ด 24 ชม.จากนั้นลดความชื้นเมล็ดลง (10.4%) พบว่าการดูดน้ำหรือสารละลายของเมล็ดเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 ใช้เวลา 24 ชม. การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วย $CaCl_2$ 0.001% และไม่บ่มเมล็ดมีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุดทั้งในห้องปฏิบัติการและโรงเรือน (74.5 และ 61.5% ตามลำดับ) และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่า control (13.6และ 15.2 วัน ตามลำดับ)

**คำสำคัญ**: การดูดน้ำ ความงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก การบ่มเมล็ด

## คำนำ

มะละกอ (*Carica papaya* L.) เป็นไม้ผลเขตร้อนกลุ่มหลักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจโดยในปี 2553-2554 ประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตมะละกอเป็นอันดับ 8 ของโลกมะละกอมีหลายพันธุ์ซึ่งพันธุ์ฮอลแลนด์กำลังเป็นที่นิยมในการบริโภคผลสุกซึ่งมีตลาดกว้างกว่าผลดิบมีการส่งจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศเช่นสิงคโปร์จีนฮ่องกง มูลค่าการส่งออก 20-50ล้านบาทต่อปี (สิริกุล, 2557) มะละกอนิยมขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด เนื่องจากทำได้สะดวก รวดเร็ว ได้ต้นกล้าที่แข็งแรง มีรากแก้วสมบูรณ์ (ศักดิ์สิทธิ์, 2539) ดังนั้นคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการผลิตมะละกอ แต่มักพบปัญหาเมล็ดงอกช้า ไม่สม่ำเสมอ และมีความงอกต่ำ (Chackoและ Singh, 1966) ทำให้การกำหนดแผนการปลูกทำได้ยาก สาเหตุอาจเกิดจากหลายปัจจัยทั้งปัจจัยภายในเมล็ดและสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด อีกทั้งเมล็ดพันธุ์มะละกอถูกจัดเป็นเมล็ดพันธุ์ควบคุมตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืชและกำหนดมาตรฐานคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยต้องมีความงอกไม่ต่ำกว่าร้อยละ70และมีความบริสุทธิ์ (physical purity) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ98 (สำนัก

[1] ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เขตจตุจักรกรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900
[2] ภาควิชาพืชไร่นาคณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เขตจตุจักรกรุงเทพฯ 10900
[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

ควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2556) ซึ่งเป็นปัญหาอย่างมากสำหรับผู้ผลิตและจำหน่ายเมล็ดพันธุ์การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ หรือ seed priming เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น โดยการแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่าชลศักย์ (water potential) ในระดับที่ต่ำ เพื่อชะลอการดูดน้ำของเมล็ดให้ช้าลง (McDonald, 2000) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อคุณภาพของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ เพื่อทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้นเป็นประโยชน์ในการผลิตต้นกล้ามะละกอต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การทดลองที่ 1** ระยะเวลาการดูดน้ำและสารละลายของเมล็ดมะละกอ 'ฮอลแลนด์' จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด โดยนำเมล็ดมาแช่ในน้ำ reverse osmosis (RO), $CaCl_2$ 0.001%, $KNO_3$ 3% และ salicylic acid (SA) 0.005% บันทึกการดูดน้ำของเมล็ด (%) ที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 ชม.จนกระทั่งการดูดน้ำของเมล็ดเริ่มคงที่ หรือเข้าสู่ระยะที่ 2 (lag phase) โดยนำเมล็ดออกมาแล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษหลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักทันทีเมื่อชั่งน้ำหนักเมล็ดเสร็จให้รีบนำไปแช่ต่อทันทีน้ำหนักของเมล็ดที่เพิ่มขึ้นคือปริมาณของน้ำที่เมล็ดดูดเข้าไปนำข้อมูลมาคำนวณปริมาณน้ำในเมล็ดเป็น % ดังนี้

$$W (\%) = \frac{(W_i - W_0) \times 100}{W_0}$$

โดยW = ปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดเข้าไปหลังจากiชม. (%), $W_i$ = น้ำหนักเมล็ดหลังจากดูดน้ำiชม. (กรัม), $W_0$= น้ำหนักเริ่มแรกของเมล็ดก่อนดูดน้ำ (กรัม)

**การทดลองที่ 2** ผลของชนิดสารเคมีและระยะเวลาในการบ่มเมล็ดต่อคุณภาพของเมล็ดมะละกอ'ฮอลแลนด์' โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 9 วิธีการ คือ (1) เมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์(control) (2-3) แช่เมล็ดในน้ำ ROนาน 24 ชม. และให้อากาศ 45 นาทีต่อชม. + ไม่บ่มเมล็ด หรือ บ่มเมล็ด 24 ชม.(4-5) แช่เมล็ดใน $CaCl_2$ 0.001% นาน 24 ชม. และให้อากาศ45 นาทีต่อชม.+ ไม่บ่มเมล็ด หรือ บ่มเมล็ด 24 ชม. (6-7) แช่เมล็ดใน $KNO_3$ 3% นาน 24 ชม. และให้อากาศ 45 นาทีต่อชม.+ ไม่บ่มเมล็ด หรือ บ่มเมล็ด 24 ชม. และ (8-9) แช่เมล็ดใน SA 0.005% นาน 24 ชม.และให้อากาศ 45 นาทีต่อชม.+ ไม่บ่มเมล็ด หรือ บ่มเมล็ด 24 ชม.จากนั้นนำเมล็ดมาลดความชื้นที่อุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 40% เป็นระยะเวลา 48 ชม.นำเมล็ดมาทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการเพาะทรายอุณหภูมิสลับ 20-30°C และทดสอบความงอกในสภาพโรงเรือน โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะจำนวน 4 ซ้ำซ้ำละ 50 เมล็ด อุณหภูมิในโรงเรือนเฉลี่ย 33-37°C ประเมินความงอกโดยนับครั้งแรก 7 วันหลังเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้าย 28 วันหลังเพาะเมล็ด (Tarp, 2005) บันทึกข้อมูล ได้แก่ ความงอก (%) เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน) (Ellis และ Roberts, 1980)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**การทดลองที่ 1** การดูดน้ำ RO หรือสารละลาย $CaCl_2$ 0.001%, สารละลาย $KNO_3$ 3% และสารละลาย SA 0.005% ของเมล็ดมะละกอที่มีความชื้นเริ่มต้น 10.4% พบว่า หลังจากแช่เมล็ดในน้ำและสารละลายดังกล่าวเป็นเวลา 2ชม. เมล็ดจะมีการดูดน้ำหรือสารละลายอย่างรวดเร็ว โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลาย $CaCl_2$ 0.001%, น้ำ RO, สารละลาย $KNO_3$ 3% และสารละลาย SA 0.005% มีปริมาณน้ำภายในเมล็ดประมาณ 123, 122, 121 และ 120% ตามลำดับ หลังจากนั้นเมล็ดมะละกอจะดูดน้ำหรือสารละลายดังกล่าวจนถึงระยะที่ 2 หรือระยะงัน (lag phase) เป็นเวลา 24 ชม. โดยมีปริมาณน้ำหรือสารละลายดังกล่าวภายในเมล็ดประมาณ 171-179% ซึ่งปริมาณน้ำในระยะนี้เพียงพอต่อกระบวนการงอกของเมล็ดมะละกอ (Figure 1)

**การทดลองที่ 2** การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดมะละกอในสภาพห้องปฏิบัติการโดยมีความงอก 62-74.5% (Table 1) แต่การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ 0.001%ร่วมกับการไม่บ่มเมล็ด มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด 74.5% เมื่อเปรียบเทียบกับ control ซึ่งมีความงอกเพียง 67.5% สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bautista-Calles และคณะ (2008) รายงานว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดมะละกอด้วยสารละลาย $CaCl_2$ $10^{-5}$ และ $10^{-4}$ M ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด อาจเนื่องจาก $Ca^{2+}$ มีบทบาทสำคัญในการควบคุมโครงสร้างและการทำงานของเมมเบรน (membrane) โดยเกี่ยวข้องกับการทำงานของฟอสโฟไลปิด (phospholipids) ช่วยรักษาเสถียรภาพของเมมเบรน ลดการรั่วไหลของสารต่างๆ ออกมาภายนอกเซลล์ (Hepler, 2005) และยังช่วยปรับการทำงานของเอนไซม์ฟอสฟาเตส (phosphatases) และเอนไซม์ไคเนส (kinase) ที่มีส่วนร่วมในการส่งสัญญาณในกระบวนการงอกอีกด้วย (Harper และคณะ, 2004) นอกจากนี้การเตรียมพร้อมเมล็ดด้วยสารละลาย$CaCl_2$ 0.001% ร่วมกับการบ่มเมล็ด 24 ชม. และสารละลาย

$KNO_3$ 3% ร่วมกับการไม่บ่มเมล็ด มีแนวโน้มพบเมล็ดสดไม่งอกสูงถึง 25.5% (Figure 2A) และการเตรียมพร้อมเมล็ดด้วยสารละลาย SA 0.005% ร่วมกับการไม่บ่มเมล็ด มีแนวโน้มพบเมล็ดตายสูงที่สุด 17% (Figure 2B) อาจเป็นเพราะระดับความเข้มข้นของสารละลาย SA สูงหรือระยะเวลาการแช่เมล็ดไม่เหมาะสม ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำและมีเมล็ดตายสูง ส่วนเวลาเฉลี่ยในการงอก (Table 1) พบว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดด้วยสารละลาย $KNO_3$ 3% ร่วมกับการบ่มเมล็ด 24 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 13.2 วัน ซึ่งไม่แตกต่างจากการเตรียมพร้อมเมล็ดด้วยสารละลาย $CaCl_2$ 0.001% ร่วมกับการไม่บ่มเมล็ด มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 13.6 วัน ส่วนcontrolมีเวลาเฉลี่ยในการงอกนานที่สุดคือ 15.2 วัน ซึ่งการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์จะช่วยลดเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดลงได้ ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้นส่วนความงอกในสภาพโรงเรือน (Table 1) พบว่า การเตรียมพร้อมเมล็ดด้วยน้ำ RO ร่วมกับการไม่บ่มเมล็ด มีแนวโน้มทำให้ความงอกสูงที่สุด68% แต่ไม่แตกต่างกับ $CaCl_2$ 0.001% ร่วมกับการไม่บ่มเมล็ดมีความงอก 61.5% ส่วนการเตรียมพร้อมเมล็ดด้วยสารละลาย SA 0.005% ร่วมกับการบ่มเมล็ด 24 ชม. มีความงอกในสภาพโรงเรือนต่ำที่สุด 35% เมล็ดที่เพาะในสภาพโรงเรือนมีความงอกลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่เพาะในสภาพห้องปฏิบัติการ อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมในโรงเรือนมีอุณหภูมิที่สูงถึง 33-37°C ซึ่งอาจไม่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดจึงทำให้เมล็ดงอกได้น้อยลง

## สรุปผล

การดูดน้ำหรือสารละลายของเมล็ดมะละกอ‘ฮอลแลนด์’เริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 (ระยะงัน) ใช้เวลา 24 ชม. และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ 0.001% ร่วมกับการไม่บ่มเมล็ด มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน และเมล็ดงอกได้เร็วกว่า control

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## เอกสารอ้างอิง

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย, 2539, มะละกอ, โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, กรุงเทพฯ.

สิริกุล วะสี, 2557, มะละกอพืชความหวังใหม่ของเกษตรกร, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2556, ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐาน คุณภาพและวิธีการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ควบคุม พ.ศ. 2556 [สืบค้น], http://www.thasta.com/act1.asp [29/ July/ 15].

Bautista-Calles, F., Carrillo-Castañeda, G. and Villegas-Monter, Á., 2008, Recuperation of the High Germinability Condition of Papaya Seed Through Priming Technology and Bioregulators, Agrociencia, 42: 817-826.

Chacko, E.K. and Singh, R.N., 1966, The Effect of Gibberellic Acid on the Germination of Papaya Seeds and Subsequent Seedling Growth, Journal of Tropical Agriculture, 43(4): 341-346.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H., 1980, Improved Equation for the Prediction of Seed Longevity, Annals of Botany, 45: 13-30.

Harper, J.F., Breton, G. and Harmon, A., 2004, Decoding $Ca^{2+}$ Signals Through Plant Protein Kinases, Annual Review of Plant Biology, 55: 263-288.

Hepler, P.K., 2005, Calcium: A Central Regulator of Plant Growth and Development, The Plant Cell, 17: 2142-2155.

McDonald, M.B., 2000, Seed Priming, pp. 287-325. In Bewley, J.D. and Black, M., eds. Seed Technology and Its Biological Basic, Sheffield Academic Press, England.

Tarp, G., 2005, Task Force on Tropical Seed, Seed Testing International, 129: 19.

**Table 1** Laboratory (LAB) germination, mean germination time (MGT) and greenhouse (GH) germination of papaya seeds by priming.

| Treatment | LAB germination (%) | MGT (day) | GH germination (%) |
|---|---|---|---|
| Non-primed seeds (control) | 67.5 | 15.2 a[1/] | 52.0 bc |
| RO water + non-incubation | 66.0 | 13.4 bc | 68.0 a |
| RO water + incubation for 24 hr | 67.0 | 13.5 bc | 65.0 ab |
| 0.001% $CaCl_2$ + non-incubation | 74.5 | 13.6 bc | 61.5 ab |
| 0.001% $CaCl_2$ + incubation for 24 hr | 70.5 | 13.8 bc | 59.0 ab |
| 3% $KNO_3$ + non-incubation | 62.0 | 14.0 b | 54.5 abc |
| 3% $KNO_3$ + incubation for 24 hr | 72.5 | 13.2 c | 53.0 bc |
| 0.005% SA + non-incubation | 69.5 | 13.8 bc | 42.5 cd |
| 0.005% SA + incubation for 24 hr | 68.5 | 13.4 bc | 35.0 d |
| F-test | ns | * | * |
| C.V. (%) | 8.07 | 2.65 | 16.07 |

[1/] Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at P≤0.05 by DMRT.

ns = non significant

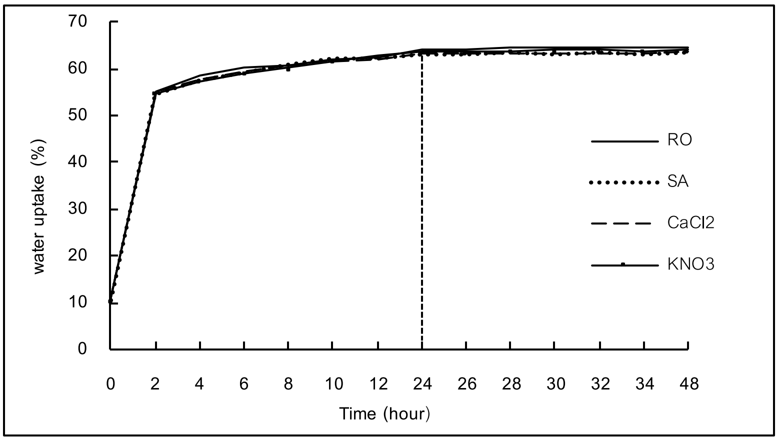



**Figure 1** Imbibition of papaya seeds in RO water or chemical solution

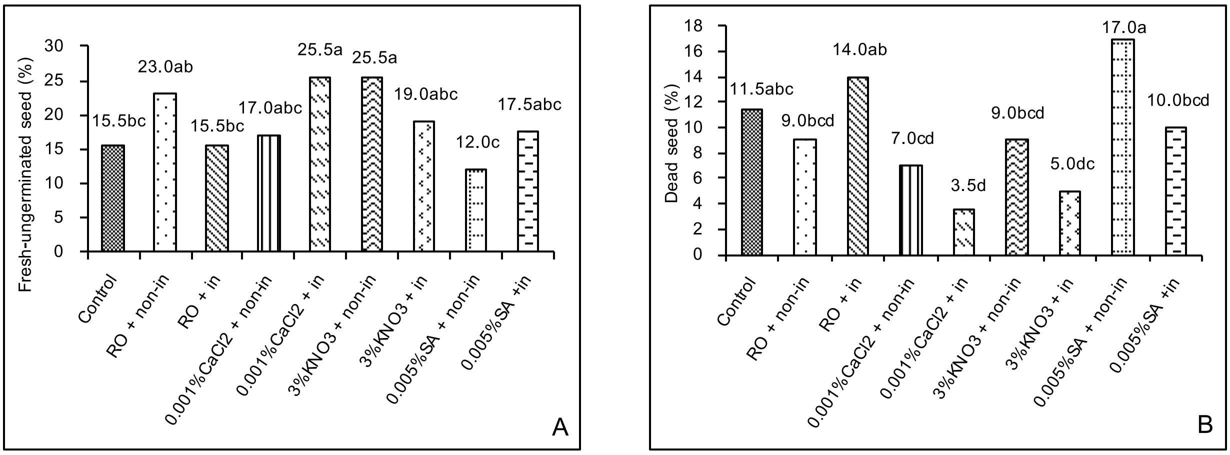



**Figure 2** Fresh-ungerminated seeds (A) and dead seeds (B) in laboratory. (non-in = non-incubation, in = incubation for 24 hr)

# ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดด้วยวิธี Hydropriming ต่อคุณภาพของเมล็ดพริก 2 พันธุ์

## Effect of Hydropriming on Pepper Seed Quality of 2 Cultivars

กุลธิดา โชทนากูล[1] พิจิตรา แก้วสอน[1] ปริยานุช จุลกะ[1] และ วันชัย จันทร์ประเสริฐ[2]
Chotanakoon, K.[1], Kaewsorn, P.[1], Chulaka, P.[1] and Chanprasert, W.[2]

## Abstract

The aim of this research was to study the effect of hydropriming on quality of 'Bang Chang' and 'Samduen' pepper seeds. Results showed that the imbibition rate of seeds hydroprimed with aeration was higher than that without aeration. Soaking 'Bang Chang' seeds in RO water with aeration then incubation had the highest germination in the laboratory (LAB) and greenhouse (GH) (73.00 and 51.50%, respectively) and the fastest germination (9.83 days), while non-primed seeds had the lowest germination in LAB and GH (52.00 and 16.5%, respectively) and slowest germination (13.37 days). Soaking 'Samduen' seeds in RO water+aeration+incubation resulted in the highest germination in LAB and GH (90.50 and 58.50%, respectively), but soaking seeds in RO water+non-aeration+incubation resulted in the fastest germination (10.11 days), while non-primed seeds had the lowest germination in LAB and GH (61.00 and 44.00%, respectively) and slowest germination (12.30 days).
**Keywords:** seed priming, germination, mean germination time, seed incubation

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทำ hydropriming ต่อคุณภาพของเมล็ดพริก 'บางช้าง' และพริกขี้หนู 'สามเดือน' ผลการทดลอง พบว่า การให้อากาศทำให้เมล็ดดูดน้ำได้มากกว่าการไม่ให้อากาศ การแช่เมล็ดพริก 'บางช้าง' ในน้ำ RO+ให้อากาศ+บ่มเมล็ด ทำให้มีความงอกในห้องปฏิบัติการ (LAB) และในสภาพโรงเรือน (GH) สูงที่สุด (73.00 และ 51.50% ตามลำดับ) และมีเวลาเฉลี่ยในการงอก (MGT) เร็วที่สุด (9.83 วัน) ในขณะที่ control มีความงอกใน LAB และ GH ต่ำที่สุด (52.00 และ 16.50% ตามลำดับ) และมี MGT ช้าที่สุด 13.37 วัน ส่วนการแช่เมล็ดพริกขี้หนู 'สามเดือน' ในน้ำ RO + ให้อากาศ + บ่มเมล็ด มีความงอกใน LAB และ GH สูงที่สุด (90.50 และ 58.50% ตามลำดับ) แต่การแช่เมล็ดในน้ำ RO + ไม่ให้อากาศ + บ่มเมล็ด 24 ชม. มี MGT เร็วที่สุด (10.11 วัน) ในขณะที่ control มีความงอกใน LAB และ GH ต่ำที่สุด (61.00 และ 44.00% ตามลำดับ) และมี MGT ช้าที่สุด 12.30 วัน
**คำสำคัญ**: การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ ความงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก การบ่มเมล็ดพันธุ์

## คำนำ

พริกเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างมากในประเทศไทยโดยมีการใช้ภายในประเทศและส่งออกไปยังต่างประเทศสูง (วีระ และเยาวรัตน์, 2557) ในการผลิตพริกจำเป็นต้องใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี เช่น มีความงอกสูง งอกได้สม่ำเสมอ แต่มักพบปัญหาเมล็ดพันธุ์มีความงอกต่ำและงอกไม่สม่ำเสมอทำให้ยากต่อการวางแผนการปลูก (Bradford, 1986) ดังนั้นวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ หรือ seed priming ก่อนนำเมล็ดไปปลูก จึงเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยม เนื่องจากทำให้เมล็ดงอกได้สม่ำเสมอ ได้ต้นกล้าที่แข็งแรงและเจริญเติบโตได้ดี hydropriming เป็นวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดวิธีหนึ่งที่ทำให้เมล็ดดูดน้ำเข้าไปเพื่อให้มีความชื้นเพียงพอต่อกระบวนการเริ่มต้นในการงอก แต่ไม่เพียงพอต่อการทำให้รากแทงออกมา ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ประหยัด และปลอดภัย เพราะไม่ต้องใช้สารเคมี นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการที่ง่ายและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเพาะเมล็ดก่อนการปลูกได้ Sivritepe และ Senturk (2011) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพริกพันธุ์ Yalova Carliston ด้วยวิธี hydropriming โดยแช่เมล็ดในน้ำกลั่นนาน 24 ชม. ร่วมกับการให้อากาศ ที่อุณหภูมิ 20°C มีความงอกสูง 84.00% และดัชนีความงอก 10.2 ซึ่งมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ด

---

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900
[2] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

พันธุ์มีความงอกเพียง 78.50% และดัชนีความงอก 9.8 นอกจากนี้ ประเสริฐ (2542) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพริก 'บางช้าง' ที่มีความงอกเริ่มต้นสูงประมาณ 98-99% ด้วยวิธี hydropriming เปรียบเทียบระหว่างการไม่ให้อากาศและให้อากาศ 30 นาทีต่อชม. เป็นเวลา 5 ชม. ไม่มีผลต่อความเร็วในการงอกรากอ่อน (1.12 และ 1.04 วัน ตามลำดับ) แต่ hydropriming ทำให้เมล็ดงอกรากอ่อนได้เร็วกว่าการไม่เตรียมพร้อมเมล็ด (3.70 วัน) วิลาสินี (2547) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพริก 'บางช้าง' ด้วยวิธี hydropriming ร่วมกับการให้อากาศ 30 นาทีต่อชม. หรือการให้อากาศตลอดเวลาเป็นเวลา 5 ชม. ทำให้เมล็ดสามารถงอกรากอ่อนได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่อากาศ (1.35, 1.49 และ 1.35 วัน ตามลำดับ) แต่ไม่มีงานวิจัย hydropriming ในเมล็ดพริกขี้หนู ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี hydropriming ต่อคุณภาพของเมล็ดพริก 'บางช้าง' และพริกขี้หนู 'สามเดือน' เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาให้เมล็ดงอกได้เร็ว และสม่ำเสมอมากขึ้น ใช้ประโยชน์ในการผลิตต้นกล้าพริกต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การทดลองที่ 1** ศึกษาระยะเวลาการดูดน้ำของเมล็ดพริก 'บางช้าง' และพริกขี้หนู 'สามเดือน' จำนวน 2 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ด โดยนำเมล็ดมาแช่ในน้ำ RO ร่วมกับการให้อากาศ (45 นาทีต่อชม.) และไม่ให้อากาศ บันทึกการดูดน้ำของเมล็ด (%) ที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 ชม. จนกระทั่งการดูดน้ำของเมล็ดเริ่มคงที่ หรือเข้าสู่ระยะที่ 2 (lag phase) ดังนี้

$$W\ (\%) = \frac{(W_i - W_0) \times 100}{W_0}$$

โดย W = ปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดเข้าไปหลังจาก i ชม. (%), $W_i$ = น้ำหนักเมล็ดหลังจากดูดน้ำ i ชม. (กรัม), $W_0$= น้ำหนักเริ่มแรกของเมล็ดก่อนดูดน้ำ (กรัม)

**การทดลองที่ 2** ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี hydropriming ต่อคุณภาพเมล็ดพริก 'บางช้าง' และพริกขี้หนู 'สามเดือน' โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 5 วิธีการ คือ (1) เมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) (2-3) แช่เมล็ดในน้ำ RO นาน 8 ชม. ไม่ให้อากาศและไม่บ่มหรือบ่มเมล็ด 24 ชม. (4-5) แช่เมล็ดในน้ำ RO นาน 8 ชม. ร่วมกับการให้อากาศและไม่บ่มหรือบ่มเมล็ด 24 ชม. บ่มเมล็ดที่อุณหภูมิ 25°C และความชื้นสัมพัทธ์ 100% จากนั้นลดความชื้นเมล็ดลงเท่ากับความชื้นเริ่มต้น (8%) นำเมล็ดมาทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธีการเพาะบนกระดาษชื้นแบบ top of paper จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ที่อุณหภูมิสลับ 20-30°C ประเมินความงอกครั้งแรกที่ 7 วันหลังเพาะเมล็ด และครั้งสุดท้ายที่ 14 วัน หลังเพาะเมล็ด และทดสอบความงอกในสภาพโรงเรือน โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ บันทึกข้อมูลได้แก่ ความงอกในห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน (%) และเวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน) (Ellis และ Roberts, 1980)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**การทดลองที่ 1** การดูดน้ำของเมล็ดพริก 'บางช้าง' และพริกขี้หนู 'สามเดือน' ในชั่วโมงแรกมีการดูดน้ำอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นเมล็ดจะดูดน้ำช้าลงและเข้าสู่ถึงระยะที่ 2 หรือระยะงัน (lag phase) โดยใช้ระยะเวลา 8 ชม. ซึ่งเพียงพอต่อการงอกของเมล็ด แตกต่างจากประเสริฐ (2542) และวิลาสินี (2547) รายงานว่าเมล็ดพริก 'บางช้าง' ดูดน้ำได้อย่างเพียงพอต่อการงอกใช้ระยะเวลา 5 ชม. มีปริมาณน้ำในเมล็ด 50% อาจเป็นเพราะเมล็ดพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กันมีลักษณะองค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ดที่แตกต่างกัน หรือพันธุ์เดียวกันแต่อายุของเมล็ดพันธุ์ต่างกัน ย่อมมีอัตราการดูดน้ำที่ต่างกัน (จวงจันทร์, 2529; วันชัย, 2553) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการไม่ให้อากาศและให้อากาศ พบว่าการดูดน้ำของเมล็ดพริกทั้งสองพันธุ์ร่วมกับการให้อากาศมีปริมาณน้ำในเมล็ดมากกว่าการไม่ให้อากาศ โดยเมล็ดพริก 'บางช้าง' มีปริมาณน้ำในเมล็ด 109 และ 120% ตามลำดับ ส่วนเมล็ดพริกขี้หนู 'สามเดือน' มีปริมาณน้ำในเมล็ด 123-136% ตามลำดับ เนื่องจากออกซิเจนในน้ำมีผลต่ออัตราการดูดน้ำของเมล็ด โดยชักนำให้เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีและเมตาบอลิซึมภายในเมล็ด เกิดการเจริญเติบโตและการยืดยาวของเอ็มบริโอ (Yeoung และคณะ,1995)

**การทดลองที่ 2** วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพริก 'บางช้าง' ไม่มีผลทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีผลต่อความงอกในสภาพโรงเรือนและเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด (Table 1) โดยการแช่เมล็ดในน้ำ RO นาน 8 ชม. ร่วมกับการให้อากาศ และบ่มเมล็ดนาน 24 ชม. มีแนวโน้มทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพแปลงสูงที่สุด คือ 73.00 และ 51.50% ตามลำดับ และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 9.83 วัน ส่วนเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control) มีความงอกในห้องปฏิบัติการและสภาพแปลงต่ำที่สุด คือ 52.00 และ 16.50% ตามลำดับ และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 13.37 วัน สอดคล้องกับวิลาสินี (2547) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพริก 'บางช้าง' ด้วยวิธี

hydropriming ร่วมกับการให้อากาศ 30 นาทีต่อชม. หรือการให้อากาศตลอดเวลา เป็นเวลา 5 ชม. ทำให้เมล็ดสามารถงอกรากอ่อนได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่อากาศ เนื่องจากการให้อากาศระหว่างการแช่เมล็ดเป็นการทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมากขึ้น โดยออกซิเจนมีความสำคัญต่อกระบวนการงอกของเมล็ด เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงาน และการที่จะได้มาซึ่งพลังงานนั้นจำเป็นต้องใช้ออกซิเจน (Al-Ami และคณะ, 1985) ดังนั้นการเพิ่มอากาศในระหว่างการแช่เมล็ด จึงทำให้เมล็ดได้รับออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอ จึงงอกได้เร็วกว่าการไม่ให้อากาศในระหว่างการแช่เมล็ด

เมื่อพิจารณาวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพริกขี้หนู ‘สามเดือน’ พบว่ามีผลทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการและเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อความงอกในสภาพโรงเรือน (Table 1) โดยการแช่เมล็ดในน้ำ RO นาน 8 ชม. ร่วมกับการให้อากาศ และบ่มเมล็ดนาน 24 ชม. มีความงอกในห้องปฏิบัติการสูงที่สุด (90.50 และ 58.50%) นอกจากนี้ยังมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการไม่เตรียมพร้อมเมล็ด (control) (10.60 และ 12.30 วัน ตามลำดับ) ส่วนการแช่เมล็ดในน้ำ RO โดยไม่ให้อากาศ และบ่มเมล็ดนาน 24 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด 10.11 วัน เนื่องจากระยะเวลาในการแช่เมล็ดพริก ในน้ำ RO เป็นเพียงระยะเวลาสั้นๆ 8 ชม. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำยังคงเพียงพอต่อกิจกรรมในกระบวนการงอกของเมล็ด อีกทั้งการบ่มเมล็ดยังช่วยทำให้กระบวนการสังเคราะห์สารต่างๆ เกิดสมบูรณ์มากขึ้น เมล็ดจึงงอกได้เร็ว (Taylor และคณะ, 1988)

เมื่อเปรียบเทียบการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี hydropriming ทั้งการไม่ให้อากาศหรือให้อากาศระหว่างการไม่บ่มเมล็ดและบ่มเมล็ด พบว่า การบ่มเมล็ดพันธุ์ทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพริก ‘บางช้าง’ เร็วกว่าการไม่บ่มเมล็ด (Table 1) โดยเมล็ดพริก ‘บางช้าง’ ที่แช่ในน้ำ RO นาน 8 ชม. โดยไม่ให้หรือให้อากาศ และบ่มเมล็ดนาน 24 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอก (10.11 หรือ 9.83 วัน ตามลำดับ) เร็วกว่าเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO นาน 8 ชม. โดยไม่ให้หรือให้อากาศ แต่ไม่มีการบ่มเมล็ด (11.90 และ 12.00 วัน ตามลำดับ) เนื่องจากการบ่มเมล็ดช่วยให้กระบวนการงอกภายในเมล็ดดำเนินไปอย่างสมบูรณ์มากขึ้น การงอกจึงเกิดได้เร็ว และยังป้องกันการสูญเสียน้ำจากเมล็ดเร็วเกินไป (Fujikura และคณะ, 1993) ส่วนเมล็ดพริกขี้หนู ‘สามเดือน’ พบว่าการแช่เมล็ดในน้ำ RO นาน 8 ชม. โดยไม่ให้อากาศ และบ่มเมล็ดนาน 24 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 10.11 วัน เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่บ่มเมล็ด 10.95 วัน ในขณะที่การแช่เมล็ดในน้ำ RO นาน 8 ชม. ร่วมกับการให้อากาศ ทั้งการไม่บ่มเมล็ดและบ่มเมล็ดนาน 24 ชม. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (10.42 และ 10.60 วัน ตามลำดับ)

## สรุปผล

เมล็ดพริกทั้งสองพันธุ์ดูดน้ำ RO เริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 ใช้เวลา 8 ชม. และการเตรียมพร้อมเมล็ดด้วยวิธี hydropriming โดยการแช่เมล็ดพริก ‘บางช้าง’ และพริกขี้หนู ‘สามเดือน’ ในน้ำ RO นาน 8 ชม. ร่วมกับการให้อากาศและบ่มเมล็ดนาน 24 ชม. มีความงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือนสูงที่สุด และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (control)

## เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529, การงอกของเมล็ดพันธุ์, กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553, สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ ประภานภสินธุ์, 2542, การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกด้วยวิธีการ Hydropriming และ Osmoconditioning, ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิลาสินี รามนัฏ, 2547, การกระตุ้นการงอกเมล็ดพันธุ์พริกโดยวิธี Hydropriming, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีระ ภาคอุทัย และเยาวรัตน์ ศรีวรานันท์, 2557, พริก: ปลูกอย่างไรในภาวะโลกร้อน, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

Al-Ani, A., Bruzau, F., Raymond, P., Saint-Ges, V., Leblanc, J.M. and Pradet, A., 1985, Germination, Respiration and Adenylate Energy Charge of Seed at Various Oxygen Partial Pressures, Plant Physiology, 79: 885-890.

Bradford, K.J., 1986, Manipulation of Seed Water Relation via Osmotic Priming to Improve Germination under Stress Conditions, HortScience, 21: 1105-1112.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H., 1980, Improved Equation for the Prediction of Seed Longevity, Annals of Botany, 45: 13-30.

Fujikura, Y., Kraakh, L.A., Basra, S. and Karssen, C.M., 1993, Hydropriming, a Simple and Inexpensive Priming Method, Seed Science and Technology, 21: 411- 415.

Sivritepe, H.O. and Senturk, B., 2011, A Comparison of Hydro and Halopriming with Dehydration Treatments for Physiological Enhancement of Pepper Seeds, Journal of Agricultural Faculty of Uludag University, 53-64.

Taylor, A.G., Klein, D.E. and Whitlow, T.H., 1988. SMP: Solid Matrix Priming of Seeds, Scientia Horticulturae, 37: 11

Yeoung. Y.R., Wilson, D.O. and Murray, G.A., 1996, Germination Performance and Loss of Lateembryogenesis-abundant (LEA) Protein during Muskmelon Seed Priming, Seed Science and Technology, 24: 429-441.

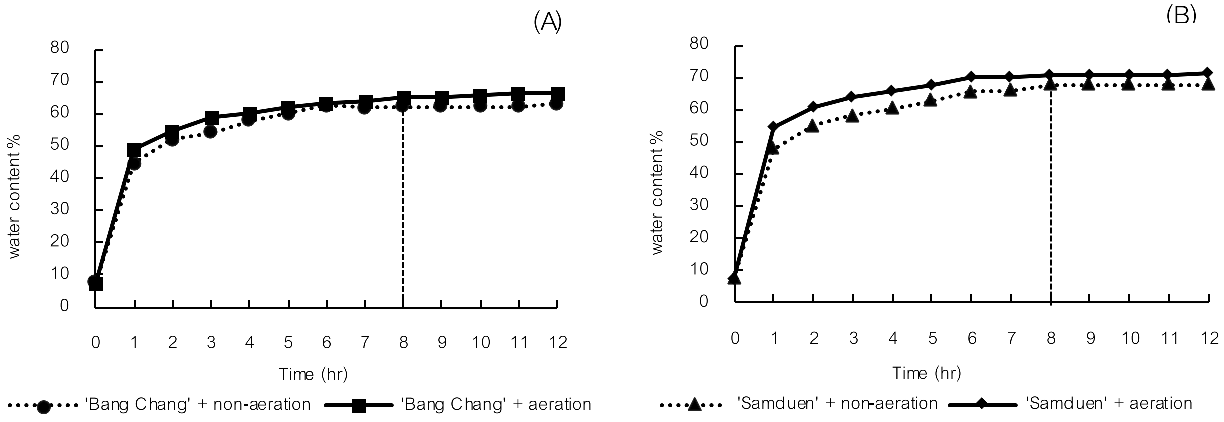



**Figure1** Imbibition of 'Bang Chang' (A) and 'Samduen' (B) pepper seeds in RO water

**Table 1** Laboratory (LAB) and greenhouse (GH) germination and mean germination time (MGT) of 2 pepper cultivars by hydropriming

| Treatment | 'Bang Chang' | | | 'Samduen' | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Germination (%) | | MGT | Germination (%) | | MGT |
| | LAB | GH | (day) | LAB | GH | (day) |
| 1. Non-primed seeds (control) | 52.00 | 16.50 d[1/] | 13.37 a | 61.00 c | 44.00 | 12.30 a |
| 2. RO water + non-aeration + non-incubation | 64.00 | 44.00 ab | 11.90 b | 79.50 b | 47.00 | 10.95 b |
| 3. RO water + non-aeration + incubation for 24 hr | 72.00 | 33.00 bc | 10.11 c | 83.50 ab | 41.00 | 10.11 d |
| 4. RO water + aeration + non-incubation | 67.00 | 30.50 c | 12.00 b | 85.00 ab | 47.00 | 10.42 cd |
| 5. RO water + aeration + incubation for 24 hr | 73.00 | 51.50 a | 9.83 c | 90.50 a | 58.50 | 10.60 bc |
| F-test | ns | * | * | * | ns | * |
| CV (%) | 25.80 | 23.50 | 2.48 | 8.38 | 19.98 | 2.64 |

[1/] Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$ by DMRT.

ns = non significant

# สารเคลือบเมล็ดต่อความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

# Effect of Seed Coating Material on Germination and Vigor of Corn Seed during 12 Months Storage

**สุปราณี งามประสิทธิ์[1] ยุวดี อ่วมสำเนียง[1] และ วราภรณ์ วงศ์พิลา[1]**

Ngamprasitthi, S.[1], Oamsamniang, Y.[1] and Wongpila, W.[1]

## Abstract

The objective of this experiment was to determine the effects of seed coating material on germination and vigor of sweet corn seed during 12 months storage. Results revealed a significant interaction among storage temperature, storage period and coating substance on seed moisture content (smc) and germination percentage. Storage in room temperature resulted in 9.52 percent seed moisture content while storage at 13°C and 45% RH resulted in 9.41 percent. Seed stored at 13°C and 45% RH had higher germination percentage than seed stored at room temperature. Average germination percentage on paper of seed coated with organic substance was 78.46-93.13 percent. Seed coated with Polymer No 1+trichoderma had minimum germination percentage of 78.46 percent due to damage by insects during storage. Both germination test in sand and field emergence test revealed comparable result as paper test.

**Keywords:** seed coating material, germination, seed storage, corn seed

## บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่มีต่อความงอก ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ผลการทดลอง พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษา ระยะเวลาเก็บรักษา และสารเคลือบเมล็ดพันธุ์มีผลต่อความชื้น และเปอร์เซ็นต์ความงอก โดยการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิห้องมีความชื้นเฉลี่ย เท่ากับ 9.52 เปอร์เซ็นต์และที่ห้องควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 9.41 เปอร์เซ็นต์และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ห้องควบคุมอุณหภูมิให้ความงอกสูงกว่าการเก็บรักษาเมล็ดไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยเมล็ดที่เคลือบด้วยสารอินทรีย์ให้ความงอก (กระดาษ) เฉลี่ยเท่ากับ 78.46-93.13 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เมล็ดข้าวโพดที่เคลือบด้วย Polymer No.1+เชื้อราไตรโคเดอร์มา ให้ความงอกต่ำที่สุดเฉลี่ย 78.46 เปอร์เซ็นต์เนื่องจากเมล็ดถูกแมลงทำลายระหว่างการเก็บรักษา และให้ผลเช่นเดียวกับการเพาะเมล็ดด้วยทราย (sand test) และการทดสอบความงอกในสภาพไร่ (field test)

**คำสำคัญ**: สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ ความงอก การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด

## คำนำ

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยโพลิเมอร์ธรรมชาติหรือสังเคราะห์ (film coat) ได้รับการยอมรับจากภาคอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์เนื่องจากมีความปลอดภัยและการผลิตข้าวโพดแบบระบบอินทรีย์เป็นการนำสารอินทรีย์ต่างๆ มาใช้เช่น ปุ๋ย สารควบคุมโรค และแมลง และสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น การใช้สารอินทรีย์คลุก หรือเคลือบเมล็ดก่อนนำไปปลูกในแปลงสามารถลดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีและยังสามารถนำทรัพยากรที่มีตามธรรมชาติหรือวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ได้ เช่น การใช้ไคโตซาน bacterial suspension, KPS 46 สารสกัดจากเอทานอล น้ำมันสบู่ดำ ดินสอพอง ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติที่ดีนำมาเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและเก็บรักษาไว้ในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 2 เดือนให้ความงอกสูงเฉลี่ย 96.0-98.5 เปอร์เซ็นต์ และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นอ่อนให้แข็งแรง (สุปราณี และคณะ, 2557) ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ให้มีชีวิตยาวนานมีหลายประการ เช่น พันธุกรรม สภาพแวดล้อม การปฏิบัติดูแลรักษาในแปลงปลูก โรค และแมลง อายุ และเวลาเก็บเกี่ยว ตลอดจนการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยอุปกรณ์และวิธีการต่างๆ ที่เหมาะสมและสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา (Delouche,1973; Mc. Donald, 1980 และ Perry, 1980) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารอินทรีย์ที่ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์ที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดในด้านความงอกหรือความมีชีวิต และอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน

[1] ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ 298 ต. กลางดง อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา 32320 คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[1] National Corn and Sorghum Research Center 298 Klang Dong Pak Chong Nakhon Rachasima 32320. Agricultural Faculty, Kasetsart University

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การเตรียมเมล็ดพันธุ์**: เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวพันธุ์อินทรี 2 นำมาลดความชื้นให้เหลือประมาณ 7.8 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลองแบบ Split-split plot in CRD 4 ซ้ำ Main plot คืออุณหภูมิในการเก็บรักษา 2 สภาพได้แก่ อุณหภูมิห้อง (25$\pm$2$^{\circ}$C) และห้องควบคุมอุณหภูมิ (13$\pm$2$^{\circ}$C, ความชื้นสัมพัทธ์ 45%) Sub plot เป็นระยะเวลาการเก็บรักษา 12 ระยะคือ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12 เดือนหลังการเก็บรักษา Sub sub plot คือสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ 10 ชนิด โดยใช้อัตราของสารต่างๆที่ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์ต่อ 1.0 กิโลกรัมผสมกับน้ำ 20-25 มิลลิลิตร ได้แก่ bacterial suspension, KPS 46 (*Bacillus amyloliquefaciens*) อัตรา 1.0 กรัม captan 1.0 กรัม chlopyrifos-methyl 0.1 มิลลิลิตร PEG 400 1.0 มิลลิลิตร สารสกัดจากเอทานอล อัตรา 5.0 มิลลิลิตร, น้ำมันสบู่ดำอัตรา 1.0 มิลลิลิตร chitosan (polymer1) อัตรา 1.0 มิลลิลิตร chitosan (polymer 2) อัตรา 1.0 มิลลิลิตร และ ดินสอพองใช้อัตรา 1.0 กรัม หลังการเคลือบเมล็ดลดความชื้นให้เหลือประมาณ 7.0 เปอร์เซ็นต์ บรรจุเมล็ดในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและห้องควบคุมอุณหภูมิเพื่อนำเมล็ดทดสอบคุณภาพทุกเดือน เป็นเวลา 12 เดือน

**ความชื้นของเมล็ดพันธุ์**: (moisture test) ตรวจสอบหาความชื้นโดยวิธีการอบด้วยความร้อน (hot air oven method) ชั่งน้ำหนักจำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำอบที่อุณหภูมิ 103 ± 2$^{\circ}$C เป็นเวลา 17 ± 1 ชั่วโมง (ISTA, 2004) คำนวณหาความชื้นของเมล็ด **ความงอกมาตรฐาน**: (standard germination, SG) สุ่มเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเพาะในกระดาษ (paper test) จำนวน 4 ซ้ำๆละ 100 เมล็ด ในตู้เพาะ (germinator) ประเมินความงอกครั้งสุดท้าย (final count) ที่ 7 วันหลังเพาะโดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ และเมล็ดตาย

**ความงอกในทราย**: (sand test) เพาะเมล็ดในทรายที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด ที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) ประเมินผลความงอกต้นกล้าที่ 7 วันหลังเพาะ โดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ และเมล็ดตาย (ISTA, 2004)

**ความงอกในสภาพไร่**: (field emergence test, FE) สุ่มเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน จำนวน 4 ซ้ำๆละ 100 เมล็ดปลูกในแปลง ตรวจนับจำนวนต้นอ่อนที่ 7, 14 และ 21 วันหลังปลูก

**การวิเคราะห์ผลทางสถิติ**: นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลตามวิธีการของ Duncan's new multiple range test

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**ความชื้นของเมล็ดพันธุ์** เมื่อเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องและห้องควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 12 เดือนพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติโดยเมล็ดที่เก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิมีความชื้นต่ำกว่าการเก็บเมล็ดไว้ที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ยเท่ากับ 9.41 และ 9.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table1) หลังจากเก็บรักษาเมล็ดเป็นเวลายาวนานขึ้นทำให้ความชื้นของเมล็ดเพิ่มสูงขึ้นจาก 7.0 เปอร์เซ็นต์เพิ่มเป็น 10.18 เปอร์เซ็นต์ในเดือนที่ 12 แต่ไม่เกินมาตรฐานความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด เมื่อพิจารณาสารเคลือบเมล็ดพบว่า Polymer No.2+bacterial suspension, KPS 46 (สารอินทรีย์)(S9) และดินสอพอง+bacterial suspension, KPS 46 (สารอินทรีย์)(S10) มีค่าความชื้นสูงสุดเฉลี่ย 9.90 และ 9.93 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วน Polymer No.1+captan+chlopyrifos-methyl+PEG400 (สารเคมี+สารอินทรีย์) (S3) และ Polymer No.1+captan+chlopyrifos-methyl+PEG400+metalaxyl (สารเคมี+สารอินทรีย์) (S4) มีความชื้นต่ำสุดเฉลี่ย 8.98 และ 9.02 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) การเคลือบเมล็ดด้วยสารอินทรีย์จะช่วยป้องกันความชื้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกเมล็ดได้ สอดคล้องกับรายงานที่ว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์พืชจะช่วยป้องกันเมล็ดจากแสง และอากาศภายนอกได้ยาวนานขึ้น (Thomas, 2009)

**ความงอกมาตรฐาน** จากการตรวจสอบความงอกมาตรฐานในกระดาษ (Table 1) พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน อินทรี 2 ที่เก็บไว้ทั้ง 2 สภาพมีความงอกแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดที่เก็บรักษาในห้องควบคุมอุณหภูมิมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 95.75 และ 84.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นเมล็ดจะมีความงอกลดลง ซึ่งในเดือนที่ 12 เมล็ดมีความงอกเฉลี่ย 75.90 เปอร์เซ็นต์ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นและอุณหภูมิของการเก็บรักษาที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้เมล็ดเสื่อมความงอก การเคลือบเมล็ดด้วยสารต่างๆให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าการไม่เคลือบสาร โดยเมล็ดที่เคลือบ Polymer No.1+น้ำมันสบู่ดำ(สารอินทรีย์) (S7) ให้ความงอกเฉลี่ยสูงที่สุด 93.13 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่เคลือบ Polymer No.1+เชื้อราไตรโคเดอร์มา (สารอินทรีย์) (S6) มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำสุดเฉลี่ย 78.46 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเมล็ดถูกแมลงทำลายขณะเก็บรักษา ซึ่งการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยสารอินทรีย์ไม่ได้ทำลายความมีชีวิตของเมล็ด

พันธุ์ที่เก็บรักษาไว้และยังช่วยรักษาความงอกของเมล็ดเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน การเคลือบเมล็ดพันธุ์พืชจะช่วยป้องกันเมล็ดจากแสง และอากาศภายนอกได้ยาวนานขึ้นและช่วยให้มีความงอกสูงและสม่ำเสมอด้วย (Thomas, 2009)

**ความงอกของเมล็ดพันธุ์** จากการทดสอบด้วยทรายพบอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิ ระยะเวลาในการเก็บรักษา และสารเคลือบเมล็ดมีความแตกต่างกันโดยเมล็ดที่เก็บรักษาในห้องควบคุมอุณหภูมิให้ความงอกเฉลี่ย 96.83 เปอร์เซ็นต์ และสูงกว่าเมล็ดที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลาในการเก็บรักษาตั้งแต่เดือนแรกของการเก็บรักษามีความงอกสูงเฉลี่ย 96.05 เปอร์เซ็นต์ และมีความงอกที่ 12 เดือนหลังเก็บรักษาเฉลี่ย 69.16 เปอร์เซ็นต์ และการเคลือบเมล็ดด้วยสารต่างๆให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าการไม่เคลือบสาร ยกเว้นเมล็ดที่เคลือบด้วย Polymer No.1+เชื้อราไตรโคเดอร์มา (สารอินทรีย์) (S6) มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำสุดเฉลี่ย 79.40 เปอร์เซ็นต์และจากการทดลองพบว่าเมล็ดที่เคลือบด้วยสารอินทรีย์สามารถเก็บรักษาได้ยาวนานถึง 12 เดือนโดยเมล็ดยังคงมีคุณภาพของการงอกที่ดีในการทดสอบด้วยทราย (Table 1)

**ความงอกในสภาพไร่** จาก Table 1 พบว่าความงอกในสภาพไร่ ลดลงจากเดือนแรก และเมล็ดที่เก็บรักษาในห้องควบคุมอุณหภูมิจะมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการทดสอบความงอกของข้าวโพดหวานที่เคลือบด้วยสารต่างๆเก็บเมล็ดที่ห้องควบคุมอุณหภูมิให้ความงอกของต้นอ่อนในแปลงสูงกว่าเมล็ดที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง (สุปราณี และคณะ, 2557) สารอินทรีย์ที่เคลือบเมล็ดพันธุ์ช่วยทำให้ความงอกในแปลงสูงและสามารถเก็บเมล็ดได้ยาวนานถึง 12 เดือนโดยให้เปอร์เซ็นต์ความงอกยังอยู่ในระดับมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ และให้ต้นอ่อนที่แข็งแรงงอกในสภาพไร่ได้ดีสอดคล้องกับรายงานของการใช้สารอินทรีย์คลุกเมล็ดพันธุ์ให้ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สูงกว่าการไม่ใช้สารคลุกเมล็ดพันธุ์ (สุปราณี และคณะ, 2556)

## สรุปผล

การเคลือบเมล็ดด้วยสารอินทรีย์จะช่วยป้องกันความชื้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกเมล็ดได้ สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ได้ยาวนานขึ้นซึ่งจะส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกสูงจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้สารเคมี และจะเป็นผลดีกับผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์เป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งเกษตรกรที่นำเมล็ดพันธุ์ไปปลูกในไร่และผู้ที่ผลิตพืชอินทรีย์สามารถนำสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์เก็บรักษาได้

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ. มก.) ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัยประจำปี 2557 โครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บุคลากรของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ

## เอกสารอ้างอิง

สุปราณี งามประสิทธิ์ กิ่งกานท์ พานิชนอก ณรงค์ชัย บุญศรี นพพงศ์ จุลจอหอ สกล ฉายศรี ยุวดี อ่วมสำเนียง วราภรณ์ วงศ์พิลา และปวีณา ทองเหลือง, 2556, สารอินทรีย์คลุกเมล็ดพันธุ์ต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของต้นอ่อนข้าวโพด, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2)(พิเศษ): 485-488.

สุปราณี งามประสิทธิ์ ยุวดี อ่วมสำเนียง วราภรณ์ วงศ์พิลา วราภรณ์ บุญเกิด สุพจน์ กาเซ็ม ปวีณา ทองเหลือง กิ่งกานท์ พานิชนอก และสกล ฉายศรี, 2557, ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยสารอินทรีย์ต่อคุณภาพและการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, *ใน* รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการ โครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 6. วันที่ 24-25 กรกฎาคม 2557, โรงแรมรอยัลฮิลล์ กอล์ฟรีสอร์ท แอนด์ สปา, อ. เมือง, จ. นครนายก, น. 238-250.

Deloche, J.C. 1973, Precepts for Seed Storage, Proc. Short curse for Seedsman, Seed Technology Laboratory, Mississippi State University, Mississippi. p. 93-122.

ISTA., 2004, International Seed Testing Association (ISTA), 2004, International Rules for Seed Testing, Seed Science, Testing Edition, 2004.

McDonald, M.B., Jr. 1980. Assessment of seed quality, HortScience, 15(6): 784-788.

Perry, D.A., 1980, The Concept of Seed Vigor and its Relevance to Seed Production Techniques, *In* P.D. Hebblethwaite (ed.), Seed Production. Butterworth & Co. Ltd., London-Boston, p. 585-591.

Thomas, M.H., 2009, Seed Coating Composition and Coated Seed – Patent 3950891. [Online], Available: http://www. Freepatentsonline.com/3950891.html [January4, 2009].

**Table 1** Effect of temperature, storage period and various organic substances coated seed on seed moisture content and germination of sweet corn, Insee 2

| Temp. (°c) | Storage period (month) | Substance | Seed moist. | Normal germ. (paper test) (%) | Normal germ. (sand test) (%) | Field test (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 (control room) | | | 9.41 b | 84.52 b | 78.26 b | 71.11 b |
| T2 (room temp.) | | | 9.52 a | 95.75 a | 96.83 a | 83.83 a |
| | 1 | | 9.02 h | 97.84 a | 96.05 ab | 82.93 ab |
| | 2 | | 9.10 h | 97.19 a | 96.38 ab | 84.20 a |
| | 3 | | 9.05 h | 96.78 ab | 96.20 ab | 81.88 ab |
| | 4 | | 9.13 h | 69.60 abc | 95.74 b | 80.80 bc |
| | 5 | | 9.24 g | 95.66 bc | 97.01 a | 78.80 c |
| | 6 | | 9.29 g | 95.21 c | 96.75 ab | 73.60 d |
| | 7 | | 9.42 f | 91.51 d | 86.04 c | 78.39 c |
| | 8 | | 9.54 e | 90.69 d | 83.74 d | 77.95 c |
| | 9 | | 9.70 d | 84.69 e | 81.16 e | 77.48 c |
| | 10 | | 9.83 c | 81.63 f | 78.18 f | 72.10 de |
| | 11 | | 10.04 b | 78.43 g | 74.13 g | 70.91 de |
| | 12 | | 10.18 a | 75.90 h | 69.16 h | 69.63 e |
| | | S1 | 9.58 cd | 88.45 f | 88.03 c | 74.48 d |
| | | S2 | 9.14 e | 92.20bc | 91.20 a | 78.31 bc |
| | | S3 | 8.98 f | 92.65ab | 90.82 a | 80.54 ab |
| | | S4 | 9.02 f | 91.80cd | 89.44 b | 78.73 bc |
| | | S5 | 9.20 e | 92.03bc | 89.82 b | 78.38 bc |
| | | S6 | 9.52 d | 78.46g | 79.40 f | 69.58 e |
| | | S7 | 9.68 b | 93.13a | 89.09 b | 78.54 bc |
| | | S8 | 9.66 bc | 92.10bc | 87.38 c | 81.85 a |
| | | S9 | 9.90 a | 91.16d | 84.51 e | 77.81 c |
| | | S10 | 9.93 a | 89.41e | 85.75 d | 76.48 cd |
| F-test | T | | * | ** | ** | ** |
| | M | | ** | ** | ** | ** |
| | S | | ** | ** | ** | ** |
| | T*M | | ** | ** | ** | ** |
| | T*S | | ** | ** | ** | ** |
| | M*S | | ** | ** | ** | ** |
| | T*M*S | | ** | ** | ** | ** |
| C.V. (%) | | | 2.27 | 3.02 | 3.16 | 10.60 |

Means fallowed by a common letter are not significantly different at 5% probability by DMRT

* = significant at $p<0.05$** = significant at $p<0.01$

S1= water (control) S2= Captan+chlopyrifos-methyl+PEG400 (chem.) S3= Polymer No.1+captan+chlopyrifos-methyl+PEG 400 (org.+chem) S4= Polymer No.1+captan+chlopyrifos-methyl+PEG 400+metalaxyl (org.+chem.) S5= Polymer No.1+bacterial suspension, KPS 46 (org.) S6= Polymer No.1+trichoderma (org.) S7= Polymer No.1+jatropha oil (org.) S8= Polymer No.1+by product of ethanol (org.) S9= Polymer No.2+bacterial suspension, KPS 46 (org.) S10= marly limestone+bacterial suspension, KPS 46 (org.)

# อิทธิพลของเชื้อแบคทีเรียที่ผลิต IAA ต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของข้าว

## The Influence of IAA Producing Bacteria on the Stimulation of Growth in Rice

**เนตรนภา อินสลุด**[1] **ปรียาภรณ์ แสงเรือน**[1] **และ กานต์สิริ หลีชัยกูล**[1]

Insalud, N.[1], Sangruan, P.[1] and Leechaikul, K.[1]

### Abstract

Root elongation can improve the ability of nutrient uptake in rice. *Brevibacillus borstelensis, Bacillus megaterium* and *Brevicacillus agri* are bacteria that can produce Indole-3-acetic acid (IAA), growth regulator in plants. The aim of this study was to see the effect of these three bacteria isolates on root elongation and growth in 70 rice varieties. These rice varieties were grown in autoclaved soil mixed with three different bacteria isolates.The growth of three rice varieties were 59-415 % stimulated by all bacteria isolates. Especially in Ja Be Be which root elongation was significantly increased by all three bacteria isolates. There were five rice varieties that not affected by all bacteria isolates and five rice varieties that had 31-78 % decreased in growth. From the study, the application of different bacteria isolates could be the key to improve growth and development in specific rice varieties.

**Keywords:** IAA, plant promoting bacteria, rice, root elongation

### บทคัดย่อ

การยืดขยายรากสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวได้ เมื่อใส่เชื้อ *Brevibacillus borstelensis Bacillus megaterium* และ *Brevicacillus agri* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่สร้าง IAA ที่สามารถกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโต ในการศึกษานี้ทำให้เห็นผลของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดนี้ต่อการยืดขยายของรากและการเจริญเติบโตของข้าว 70 สายพันธุ์ เมื่อปลูกข้าวในดินที่ฆ่าเชื้อผสมเชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ ข้างต้น พบว่ามีข้าว 3 สายพันธุ์ ที่มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น 59-415% เมื่อใช้แบคทีเรียทั้ง 3 ตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งสายพันธุ์จะเบ๊ะเบ๊ะซึ่งการยืดขยายรากเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อถูกกระตุ้นโดยเชื้อทั้ง 3 ชนิด มีข้าว 5 สายพันธุ์ ที่ไม่ตอบสนองต่อเชื้อทั้ง 3 ชนิดเลย และ 5 สายพันธุ์ ที่มีการเจริญเติบโตลดลง 31-78 % จากการศึกษานี้ทำให้เห็นว่าการใส่เชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ อาจจะเป็นตัวช่วยสำคัญที่จะส่งเสริมการเจริญเติบโตและพัฒนาการ ซึ่งมีความเฉพาะเจาะจงกับสายพันธุ์ข้าว

**คำสำคัญ**: IAA แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ ข้าว การยืดขยายราก

### คำนำ

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของข้าว การปลูกข้าวในหลายพื้นที่ประสบปัญหาการขาดธาตุฟอสฟอรัส เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายและมักถูกตรึงอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์โดยเฉพาะการปลูกข้าวในสภาพไร่หรือสภาพไม่มีน้ำขัง ส่งผลให้ต้นข้าวแคระแกร็น ใบเล็ก เหลือง ลำต้นเล็กลง ใบล่างเริ่มมีสีม่วงตามแผ่นใบ รากไม่เจริญ (กฤตย์, 2549) การเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินมีหลายวิธี การใช้จุลินทรีย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมในปัจจุบัน ดังนั้นการใช้จุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์ฮอร์โมนออกซิน (IAA) มากระตุ้นให้พืชมีการยืดขยายรากข้าวได้เพิ่มขึ้น (จักรพล และอรรจนา, 2554) อาจสามารถช่วยให้ข้าวมีโอกาสในการดูดหาฟอสฟอรัสได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในการใช้จุลินทรีย์ที่จะไปกระตุ้นให้พืชมีการสร้างสารหรือกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตนั้น มักมีลักษณะความสัมพันธ์แบบเฉพาะเจาะจง (Host Specificity) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงจะทำการศึกษาผลของเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิดต่อการยืดขยายรากและการเจริญเติบโตของข้าว 70 สายพันธุ์

[1] สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Program in Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, 50290, Thailand

## อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ทำการศึกษา 2 ปัจจัย วางแผนการทดลองแบบ Factorial in split-plot design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดย Main plot คือ เชื้อแบคทีเรียที่มีความสามารถในการสร้าง IAA ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช จำนวน 3 ชนิด Sub plot คือ สายพันธุ์ข้าวไร่จำนวน 70 สายพันธุ์ เชื้อแบคทีเรีย *Brevibacillus borstelensis Bacillus megaterium* และ *Brevicacillus agri* ได้ถูกเตรียมในรูป Bacteria suspension ที่ความเข้มข้น $10^8$ เซลล์/มิลลิลิตร สำหรับนำไปใส่ในดินเพาะเมล็ดข้าว ดำเนินการเตรียมเมล็ดข้าว โดยนำเมล็ดข้าวแต่ละสายพันธุ์ แช่น้ำนาน 12 ชั่วโมง และบ่มในสภาพอุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง จากนั้นย้ายเมล็ดลงในถาดเพาะ (104 หลุมต่อถาด) ซึ่งบรรจุดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ 2 รอบ ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นำเมล็ดที่บ่มแล้วปลูกในหลุมๆ ละ 1 เมล็ด โดยทำการสุ่มเรียงเมล็ดพันธุ์ตามแผนการทดลองที่วางไว้ ดูแลรักษารดน้ำเช้าและเย็นทุกวัน นาน 14 วัน ประเมินเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดหลังจากที่เมล็ดลงถาดเพาะแล้ว 3 วัน และหลังจากย้ายปลูก 14 วัน ดำเนินการเก็บตัวอย่าง โดยถอนและล้างรากด้วยน้ำสะอาด ทำการวัดความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวราก และจำนวนราก แล้วนำต้นข้าวและรากไปอบแห้งที่ 72 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักแห้งต้นและราก

## ผลการทดลอง

การศึกษาเชื้อแบคทีเรียที่มีความสามารถในการสร้าง IAA ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สามารถช่วยในการกระตุ้นให้ข้าวมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและพัฒนาการของระบบรากของข้าวไร่ 70 สายพันธุ์ได้แตกต่างกัน โดยการใส่เชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ลงในดินเพาะเมล็ดข้าว พบว่าเชื้อทั้ง 3 ชนิด ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของข้าว 70 สายพันธุ์ ที่อายุ 3 วันหลังงอก แต่เมื่อประเมินพัฒนาการและการเจริญเติบโตของข้าวที่อายุ 14 วัน พบลักษณะที่น่าสนใจเป็นพิเศษ คือ ความเฉพาะเจาะจงระหว่างชนิดของเชื้อและสายพันธุ์ข้าวที่จะส่งผลต่อพัฒนาการของระบบรากโดยพบว่ามีข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์จะเบ๊ะเบ๊ะ (No. 63) จะซือคา (No. 145) และเหนียวดำ (No. 182) ที่มีการตอบสนองด้านการเจริญและพัฒนาการของระบบรากที่ดีขึ้น ซึ่งการมีระบบรากที่ดีเมื่อใช้แบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ส่งผลให้มีน้ำหนักรากแห้งเพิ่มขึ้น 59-415 % โดยเฉพาะสายพันธุ์จะเบ๊ะเบ๊ะ (No. 63) ระบบรากที่ดีขึ้นนั้นเนื่องมาจากมีการยืดขยายความยาวรากเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ในขณะที่มีข้าว 5 สายพันธุ์ ที่ระบบรากและต้นไม่มีการตอบสนองต่อเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดเลย ซึ่งพันธุ์ดังกล่าว ได้แก่ สายพันธุ์เฮงาะเซ (No. 18) คายหลวง (No. 165) ข้าวงาเห็น (No. 170) ข้าวฮ้าวขาว (No. 172) และดนุสีสึ (No. 173) ในขณะเดียวกันมีข้าว 5 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์บือหว่าเกลาะแม่กวางเหนือ (No. 40) ข้าวป๋าเบาะ (No. 59) ข้าวแดง (No. 150) ปีอิพอปรีห้วยไม้ดำ (No. 180) และข้าวแสงปุงยาม (No. 202) ที่มีการเจริญเติบโตลดลง 31-78 % เมื่อมีการใช้เชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้ยังพบว่า ระบบรากที่ดีขึ้น ซึ่งประเมินจากน้ำหนักแห้งรากที่เพิ่มขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของจำนวนรากมากกว่าการเพิ่มขึ้นของความยาวราก กล่าวคือ สายพันธุ์ส่วนใหญ่ที่มีจำนวนรากต่อต้นมาก จะส่งผลให้มีน้ำหนักแห้งรากมากเช่นเดียวกัน และในขณะเดียวกันสายพันธุ์ข้าวแสงปุงยาม (No. 202) การมีจำนวนรากที่ลดลงถึง 22-48 % ส่งผลให้น้ำหนักแห้งรากลดลง 47-70% ด้วยเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามมีข้าวหลายสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งรากลดลง ทั้งเนื่องจากการลดลงของจำนวนราก หรือ ความยาวรากที่ลดลง หรือทั้งสองลักษณะลดลงร่วมกัน ก็ยิ่งส่งผลต่อการลดลงของน้ำหนักแห้งราก เช่น สายพันธุ์ข้าวแดง (No. 150) มีจำนวนรากและความยาวรากที่ลดลง ส่งผลให้น้ำหนักแห้งรากลดลง สายพันธุ์ปีอิพอปรีห้วยไม้ดำ (No. 180) การมีความยาวรากที่ลดลง ส่งผลให้น้ำหนักแห้งรากลดลง

เมื่อพิจารณาศักยภาพของเชื้อที่ศึกษาแต่ละเชื้อในด้านการกระตุ้นให้ข้าวสร้างจำนวนรากได้เพิ่มขึ้นนั้น เชื้อ *B. megaterium* สามารถกระตุ้นให้ข้าว 26 สายพันธุ์ มีจำนวนรากเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมา คือ *B. agri* และ *B. borstelensis* มีจำนวนสายพันธุ์ข้าว 20 และ 19 สายพันธุ์ ตามลำดับ ที่ตอบสนองต่อเชื้อดังกล่าวในด้านการเพิ่มจำนวนรากต่อต้น สำหรับศักยภาพของเชื้อที่ศึกษาในด้านการกระตุ้นให้ข้าวมีความสามารถในการยืดขยายความยาวรากได้เพิ่มขึ้นนั้น เชื้อ *B. borstelensis* สามารถกระตุ้นข้าว 26 สายพันธุ์ ให้รากยืดขยายความยาวได้เพิ่มขึ้น รองลงมา คือ *B. agri* และ *B. megaterium* โดยกระตุ้นให้ข้าว 24 และ 20 สายพันธุ์ ตามลำดับ ในลักษณะเช่นเดียวกันนี้ ด้านน้ำหนักแห้งราก เชื้อ *B. borstelensis B. megaterium* และ *B. agri* มีความสามารถในการเพิ่มน้ำหนักรากข้าวได้จำนวน 24 21 และ 25 สายพันธุ์ ตามลำดับ ด้านน้ำหนักแห้งต้น *B. borstelensis B. megaterium* และ *B. agri* มีความสามารถในการเพิ่มน้ำหนักแห้งต้นข้าวได้จำนวน 21 10 และ 15 สายพันธุ์ ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้ทำให้เห็นได้ว่าเชื้อแบคทีเรียที่มีความสามารถในการสร้าง IAA เมื่อนำมาใช้กับข้าว ข้าวแต่ละสายพันธุ์นั้นมีการตอบสนองกับเชื้อแต่ละชนิดแตกต่างกัน ทั้ง

ลักษณะที่ตอบสนอง และทิศทางการตอบสนอง ทำให้เห็นได้ว่ามีความเฉพาะเจาะจงระหว่างเชื้อและสายพันธุ์ข้าวที่ทำการศึกษา

## วิจารณ์ผล

จากการศึกษาเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มที่สร้าง IAA สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหาร โดยการส่งเสริมให้รากพืชยืดขยายความยาวรากได้เพิ่มขึ้น ทำให้พืชสามารถดูดหาแหล่งธาตุอาหารในดินที่ห่างจากลำต้น หรือในดินระดับความลึกมากขึ้นได้ จึงน่าจะเป็นลักษณะที่เอื้อต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในส่วนลำต้นให้เพิ่มขึ้นเช่นกัน ในการศึกษานี้ กลุ่มเชื้อแบคทีเรียที่ถูกทำการศึกษาในห้องปฏิบัติว่ามีการสร้างฮอร์โมน IAA ได้นั้น เมื่อนำมาทดสอบโดยใส่ในดินที่ปลูกข้าวไร่ 70 สายพันธุ์ ทำให้เห็นว่าตั้งแต่งอก จนถึง 14 วันหลังงอก ในระยะต้นอ่อนข้าวเชื้อแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถกระตุ้นให้ข้าวหลายสายพันธุ์มีระบบรากที่เจริญดีเพิ่มขึ้น และส่งผลต่อการเจริญ ในส่วนลำต้นเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัจฉริยา (2557) ซึ่งทำการทดสอบเชื้อแบคทีเรียที่สามารถสร้าง Phytohormone กลุ่ม IAA สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวและพบว่าตั้งแต่ระยะงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์สันป่าตอง และ กข 6 เชื้อแบคทีเรียไม่มีความเป็นพิษต่อการงอกและความแข็งแรงของต้นอ่อน แต่สามารถเพิ่มความสูงของยอดและความยาวของรากข้าว ซึ่งแสดงให้เห็นว่า แบคทีเรียนั้นกระตุ้นการเจริญ เติบโตของพืชได้ เช่นเดียวกับรายงานของ จักรพล และอรรจนา (2554) ที่พบว่าเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟท์มีศักยภาพในการผลิตสารคล้าย IAA เพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวอินทรีย์ โดยการพ่นแบคทีเรียเอนโดไฟท์ เมื่ออายุ 28 วัน หลังเพาะเมล็ด ทำให้การแตกกอสูงสุด และในการทดสอบในสภาพแปลงก็ส่งผลให้ต้นข้าวเจริญเติบโตได้ดีขึ้นและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะของการยืดขยายความยาวรากที่เพิ่มขึ้นมีความสอดคล้องกับผลการศึกษานี้เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าในการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาเชื้อ 3 ชนิด และข้าวไร่จำนวน 70 สายพันธุ์ แต่มีข้าวเพียง 34 30 และ 35% ของสายพันธุ์ที่ทำการศึกษาตอบสนองด้านการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งรากต่อการใส่เชื้อ *B. borstelensis B. megaterium* และ *B. agri* ได้ตามลำดับ ซึ่งลักษณะที่ตอบสนองนี้มีความแตกต่างกันคือ น้ำหนักแห้งรากหรือระบบรากที่พัฒนาดีขึ้นนั้น อาจเกิดจากลักษณะของการเพิ่มขึ้นของจำนวนราก หรือการเพิ่มขึ้นของความยาวราก หรือการเพิ่มขึ้นของทั้งสองลักษณะร่วมกัน ซึ่งในการศึกษานี้พบว่า เชื้อบางชนิดและข้าวบางสายพันธุ์ ส่งเสริมให้มีจำนวนรากเพิ่มขึ้น เช่น ข้าวพันธุ์จะซือคา (No. 145) เมื่อได้รับเชื้อ *B. megaterium* มีจำนวนรากเพิ่มขึ้นถึง 33 % เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่เชื้อ หรือกรรมวิธีควบคุม และส่งผลให้มีน้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้นถึง 59 % ในขณะที่ ข้าวพันธุ์จะเบ๊ะเบ๊ะ (No. 63) เมื่อได้รับเชื้อทั้ง 3 ชนิด ทำให้มีความยาวรากเพิ่มขึ้นถึง 46 – 68 % ส่งผลให้มีน้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้นถึง 86 - 281 % สำหรับข้าวพันธุ์เหนียวดำ (No. 182) เมื่อได้รับเชื้อ *B. borstelensis* ส่งเสริมให้มีลักษณะจำนวนรากและความยาวรากที่เพิ่มขึ้น เป็นการส่งเสริมร่วมกัน จึงส่งผลให้น้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้นถึง 391 % เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่เชื้อ หรือกรรมวิธีควบคุม การตอบสนองหรือการส่งเสริมของเชื้อที่แตกต่างกันนี้ แสดงให้เห็นถึง ความเฉพาะเจาะจงระหว่างเชื้อและชนิดของพืช (Host specificity) และความสามารถของเชื้อแบคทีเรียชนิดต่างกัน มีความสามารถในการส่งเสริมหรือกระตุ้นให้พืชมีการตอบสนองที่ต่างกัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุจิรตรา และคณะ (2556) ที่ศึกษาเชื้อเอนโดไฟติกแบคทีเรียไอโซเลต KJHSB-9 ซึ่งมีความสามารถในการผลิตสารส่งเสริมการเจริญ เติบโตของพืชในหลายลักษณะ เช่น ลักษณะช่วยละลายฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น ความสามารถในการ ผลิตออกซิน และจิบเบอเรลลิน ซึ่งแบคทีเรีย KJHSB-9 มีความคล้ายคลึงกับ *Bacillus safensis* ที่สามารถเข้าสู่รากข้าวได้ทั้งข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และข้าวเจ้าหอมสุพรรณ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เอนโดไฟติกแบคทีเรีย KJHSB-9 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยฟอสฟอรัส ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว โดยเพิ่มความสูง ปริมาณการแตกกอ จำนวนรวงต่อกอ และผลผลิตของข้าวได้ดีกว่า

## สรุปผล

ในการศึกษาเชื้อแบคทีเรีย *B. borstelensis B. megaterium* และ *B. agri* ที่สร้าง IAA ในการส่งเสริมระบบรากให้มีพัฒนาการและการเจริญเติบโตของข้าวไร่ 70 สายพันธุ์ พบว่ามีข้าว 3 สายพันธุ์ ที่มีการตอบสนองด้านการเจริญและพัฒนาการของระบบรากที่ดีขึ้น ระบบรากที่ดีขึ้นนั้นเป็นผลทั้งจากการเพิ่มขึ้นของความยาวรากและจำนวนราก ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อและสายพันธุ์ข้าว ในขณะที่ข้าว 5 สายพันธุ์ ที่ไม่มีการตอบสนองต่อเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดเลย นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษานี้ที่ถูกคาดว่าน่าจะช่วยส่งเสริมการเจริญ เติบโตของข้าว นั้นกลับส่งผลในทางยับยั้งการเจริญเติบโต โดยพบในข้าว 5 สายพันธุ์ ที่มีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อมีการใช้เชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด จากผลการศึกษาทำให้เห็นได้ว่าไม่มีเชื้อแบคทีเรียชนิดใดสามารถกระตุ้นให้ข้าวทั้ง 70 สายพันธุ์ เจริญเติบโตดีขึ้นได้ แต่มีความสัมพันธ์แบบ

จำเพาะเจาะจง (Host Specificity) ระหว่างเชื้อแบคทีเรียและสายพันธุ์ข้าว ดังนั้นในการใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชนั้นควรได้รับการศึกษาความความจำเพาะเจาะจงก่อนเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการนำไปใช้อย่างแท้จริงอันเป็นแนวทางที่มีนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตข้าวและลดต้นทุนในการผลิตข้าวได้

**คำขอบคุณ**

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. จีราภรณ์ อินทสาร ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลด้านเชื้อแบคทีเรียที่ช่วยส่งเสริมการเจริญของพืช รวมถึงความช่วยเหลือในการเตรียม Bacteria suspension ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. ปิยธิดา อำนวยการ ในการตรวจทานและแก้ไข abstract และขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยมาโดยตลอด

**เอกสารอ้างอิง**

กฤตย์ สมสาร์, 2549, ฟอสฟอรัสในดิน [สืบค้น], http//kanchanapisek.or.th/kp1/data/32/th32-112.htm [15/ January/ 14].

จักรพล มหากลั่น และอรรจนา ด้วงแพงม 2554, ผลของเอนโดไฟติกแบคทีเรียที่สร้างสารไอเอเอต่อการเจริญเติบโตของข้าวอินทรีย์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2): 65-68.

สุจิตตรา ปะนันโต ภาคภูมิ ต้นเตชสาธิต ศิริลักษณ์ จิตรอักษร รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ และกรรณิการ์ สัจจาพันธ์, 2556, เอนโดไฟติกแบคทีเรียและผลในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว, วารสารแก่นเกษตร, 41(4): 457-468.

อัจฉรียา ชมเชย, 2555, การพัฒนาหัวเชื้อแบคทีเรียเพื่อส่งเสริมการเจริญและการควบคุมโรคในข้าว สายพันธุ์เศรษฐกิจของไทย, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2555, หน้า 75.

**Table 1** Percentage of difference in root and shoot dry weight of rice plant when grown under treatment of three bacterial isolates (B1 B2 and B3) compare with control (no bacterial application).

| No. | Root dry weight (g/plant) | | | Shoot dry weight (g/plant) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | B1 | B2 | B3 | B1 | B2 | B3 |
| 63 | 141 | 281 | 86 | 92 | 77 | 60 |
| 145 | 415 | 59 | 79 | 238 | 125 | 176 |
| 182 | 391 | 138 | 67 | 112 | 68 | 35 |
| 18 | -18 | -18 | -19 | 9 | 17 | 20 |
| 165 | -6 | 14 | -11 | -3 | 4 | -20 |
| 170 | 14 | 11 | -18 | 2 | 15 | -1 |
| 172 | 1 | 11 | 10 | 7 | 11 | -2 |
| 173 | -15 | -10 | -20 | -17 | -13 | -4 |
| 40 | -59 | -30 | -49 | -38 | -40 | -29 |
| 59 | -37 | -51 | -46 | -61 | -45 | -48 |
| 150 | -59 | -77 | -78 | -36 | -46 | -41 |
| 180 | -62 | -50 | -68 | -50 | -52 | -52 |
| 202 | -51 | -70 | -47 | -43 | -52 | -46 |

B1 is *B. borstelensis;* B2 is *B. megaterium;* B3 is *B. agri.*

# ผลของบราสิโนสเตียรอยด์และNAA ต่อการเติบโตผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

## Effect of Brassinosteroids and NAA on Fruit Growth of 'Pattawia' Pineapple

เจนจิรา ชุมภูคำ[1] ธัญภวิศ อุ้มเครือ[1] และ อารยา อาจเจริญ เทียนหอม[1]
Chumpookam, J.[1], Aumkhruea, T.[1] and ArjcharoenTheanhom, A.[1]

**Abstract**

This experiment studied the effect of Brassinosteroids and NAA on fruit growth of 'Pattawia' pineapple. The study was conducted in 17 inch plastic pots, at Experimental Field 2, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University. The experiment design was a Completely Randomized Design with 4 treatments, 1) 2 mg.L$^{-1}$Brassinosteroids 2) 200 mg.L$^{-1}$ NAA 3) 2 mg.L$^{-1}$Brassinosteroids + 200 mg.L$^{-1}$ NAA and 4) water (control). Pineapple plants were sprayed monthly to the point of drip with the treatments. Results showed that the 2 mg.L$^{-1}$Brassinosteroids + 200 mg.L$^{-1}$ NAA application increased fruit circumference, fruit length and crown length. Therefore, the use of 2 mg.L$^{-1}$Brassinosteroids + 200 mg.L$^{-1}$ NAA can promote fruit growth of 'Pattawia' pineapple.

**Keywords**: Brassinosteroids, pineapple, plant growth regulater, fruit growth

**บทคัดย่อ**

การศึกษาผลของบราสิโนสเตียรอยด์และNAA ต่อการเติบโตผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ปลูกในกระถางพลาสติก ขนาด 17 นิ้ว ณ แปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ได้แก่ 1) บราสิโนสเตียรอยด์2มก.ล.$^{-1}$ 2) NAA 200มก.ล.$^{-1}$ 3) บราสิโนสเตียรอยด์ 2 มก.ล.$^{-1}$ ร่วมกับ NAA 200 มก.ล.$^{-1}$และ 4) น้ำกลั่น (ทรีตเมนต์ควบคุม) ทำการฉีดพ่นสารรอบทรงพุ่มซ้ำทุกเดือน พบว่า บราสิโนสเตียรอยด์ 2 มก.ล.$^{-1}$ร่วมกับ NAA 200 มก.ล.$^{-1}$ มีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านเส้นรอบวงผล, ความสูงผลและความสูงจุกมากที่สุด ดังนั้นการใช้บราสิโนสเตียรอยด์ 2 มก.ล.$^{-1}$ ร่วมกับ NAA 200มก.ล.$^{-1}$ สามารถส่งเสริมการเติบโตผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียได้

**คำสำคัญ**: บราสิโนสเตียรอยด์ สับปะรดสารควบคุมการเจริญเติบโตการเติบโตผล

## คำนำ

สับปะรด *Ananascomosus* (L.) Merr. เป็นพืชในวงศ์ Bromeliaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา สับปะรดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2557 มีพื้นที่เพาะปลูก 497,412 ไร่ โดยพื้นที่ให้ผลผลิตมี 479,072 ไร่และมีจำนวนผลผลิต 1,748,222 ตัน หรือคิดเป็น 3,649 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเป็นสับปะรดที่นิยมนำมาบริโภคสด เนื่องจากผลมีขนาดใหญ่ รูปทรงกระบอก ก้านผลสั้น เปลือกผลสีเขียวเมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มหรือเหลืองอมเขียว ตาค่อนข้างตื้น ขอบใบเรียบ เนื้อสีเหลืองละเอียด รสหวานฉ่ำแกนใหญ่ปลูกได้ทั่วไปทนทานต่อความแห้งแล้งและขาดน้ำได้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ ไม่พบตะเกียง ไม่ทนต่อโรครากเน่า และลำต้นเน่า (กิสณะ, 2551) บราสิโนสเตียรอยด์ (Brassinosteroids; BRs) เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชกลุ่มใหม่ได้รับการจัดเป็นลำดับที่ 6 ถัดจากออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโทไคนิน กรดแอบไซซิก และเอทิลีน มีฤทธิ์ต่อการเจริญเติบโตของพืชได้หลากหลาย พบครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2513 ในละอองเรณูของพืชตระกูลผักกาด ในปัจจุบันพบสารกลุ่มนี้แล้วมากกว่า 60 ชนิด (สัมฤทธิ์, 2544) โดยที่บราสิโนสเตียรอยด์มีผลต่อการพัฒนาการของพืชหลายด้าน เช่นสามารถส่งเสริมการขยายตัวของเซลล์และการยืดตัวของเซลล์โดยทำงานร่วมกับออกซิน (Nemhauser และคณะ, 2004) มีบทบาทในการแบ่งเซลล์ และการฟื้นฟูของผนังเซลล์ ส่งเสริมการงอกของเมล็ด ลดการเสื่อมตามอายุ หรือเร่งการสุกแก่ลดการร่วงของผลอ่อนและกระตุ้นการสังเคราะห์เอทิลีน (Shamsul และ Aqil, 2003) ณัฐพงศ์และธนะชัย (2551) ทดสอบการใช้บราสิโนสเตียรอยด์ในมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์และพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 อัตรา 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร พ่นทั่วทั้งต้นเมื่อผลมีอายุ 30

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

วันหลังติดผลและพ่นซ้ำในทุกๆ 30 วันพบว่าผลมะม่วงทั้ง 2 สายพันธุ์มีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้น ส่วน NAA (1-Naphthaleneacetic acid) เป็นออกซินสังเคราะห์ที่มีราคาถูกหาซื้อได้ง่ายมีความเป็นพิษน้อย และสามารถเพิ่มคุณภาพผลผลิตได้ (พีรเดช, 2529) พบว่าการเร่งการเจริญเติบโตของผลสับปะรดโดยใช้ NAA อัตรา50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตรผสมปุ๋ยเกล็ดสูตร 20-20-20 จำนวน 50 กรัมราดหรือฉีดพ่นให้ทั่วทั้งผลในขณะที่ผลสับปะรดมีขนาดเท่ากำปั้นพ่นทุกๆ 30-45 วันช่วยเพิ่มขนาดและน้ำหนักของผลสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วขึ้น ปัจจุบันบราสิโนสเตียรอยด์เป็นฮอร์โมนพืชที่กำลังเป็นที่นิยมนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และมีประสิทธิภาพในหลายด้านจึงมีแนวความคิดในการศึกษาการนำไปใช้กับผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเพื่อพัฒนาผลผลิตให้ดีขึ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของบราสิโนสเตียรอยด์และ NAA ต่อการเติบโตของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการคัดเลือกต้นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ขยายพันธุ์มาจากการใช้หน่อจำนวน16ต้นซึ่งปลูกในกระถางพลาสติกสีดำขนาด 17 นิ้ว มีการชักนำการดอกตามธรรมชาติณแปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ดำเนินการทดลองในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 – เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ได้แก่ 1) บราสิโนสเตียรอยด์ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร 2) NAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3) บราสิโนสเตียรอยด์ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 4) น้ำ (ทรีตเมนต์ควบคุม) ฉีดพ่นรอบทรงพุ่มจำนวน 100 มิลลิลิตรต่อกระถาง จำนวน 3 ครั้ง (ฉีดพ่นซ้ำทุกเดือน) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 ปริมาณ 25 กรัมต่อต้น โดยหว่านบริเวณโคนและกาบใบล่างของต้นสับปะรดและก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือนใส่ปุ๋ยสูตร 0-0-60 ปริมาณ 25 กรัมต่อต้น ในระหว่างการทดลองทำการรดน้ำให้แก่ต้นสับปะรด 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ทำการบันทึกข้อมูลด้านการเติบโตของผลสับปะรดที่อายุ 30, 60, 90 และ120 วัน หลังออกดอก ได้แก่เส้นรอบวงผล (ซม.) ความสูงผล (ซม.) และความสูงจุก (ซม.) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA analysis และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test(DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาของบราสิโนสเตียรอยด์และ NAA ต่อการเติบโตผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย พบว่า การเติบโตของผลสับปะรดในด้านเส้นรอบวงผล พบว่าผลสับปะรดที่อายุ 30 วันหลังออกดอกไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 4 ทรีตเมนต์จากนั้นที่อายุ 60, 90 และ120 วัน หลังจากออกดอกสับปะรดที่ได้รับบราสิโนสเตียรอยด์ร่วมกับ NAA มีเส้นรอบวงผลสูงที่สุดและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือสับปะรดที่ได้รับ NAA และบราสิโนสเตียรอยด์ ตามลำดับ ในขณะที่ผลสับปะรดในทรีตเมนต์ควบคุมมีการเจริญเติบโตด้านเส้นรอบวงผลน้อยที่สุด (Figure 1A) ความสูงของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่อายุ 30 วัน หลังออกดอก ไม่พบความแตกต่างกันทั้ง 4 ทรีตเมนต์จากนั้นที่อายุ 60, 90 และ120 วันหลังออกดอกสับปะรดที่ได้รับบราสิโนสเตียรอยด์ร่วมกับ NAA มีความสูงผลมากที่สุดและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือสับปะรดที่ได้รับบราสิโนสเตียรอยด์ และ NAA ตามลำดับ ในขณะที่ผลสับปะรดในทรีตเมนต์ควบคุมมีการเจริญเติบโตด้านความสูงผลน้อยที่สุด (Figure 1B) ความสูงจุกของสับปะรดที่อายุ 30 และ 60 วันหลังออกดอก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 4 ทรีตเมนต์ จากนั้นที่อายุ 90 และ120 วันหลังออกดอกพบว่าสับปะรดที่ได้รับบราสิโนสเตียรอยด์ร่วมกับ NAA มีความสูงจุกสูงที่สุดและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญรองลงมาคือทรีตเมนต์ควบคุมและบราสิโนสเตียรอยด์ ตามลำดับ ในขณะที่สับปะรดที่ได้รับ NAA มีการเติบโตด้านความสูงจุกน้อยที่สุด (Figure 1C)

จากการศึกษาผลของบราสิโนสเตียรอยด์และ NAA ต่อการเติบโตและคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย พบว่าทรีตเมนต์ที่ฉีดพ่นด้วยบราสิโนสเตียรอยด์ร่วมกับ NAA มีผลให้สับปะรดมีการเติบโตของผลดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของบราสิโนสเตียรอยด์และ NAA ที่เร่งการเติบโตของพืชและส่งเสริมการยืดตัวของเซลล์ (สมบุญ, 2554) สอดคล้องกับการทดลองของ พัชรินทร์และคณะ (2551) รายงานว่าการพ่นบราสิโนสเตียรอยด์ร่วมกับออกซินสามารถเพิ่มขนาดของผลลำไยพันธุ์ดอได้ดีกว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดเดียว สำหรับผลของการใช้บราสิโนสเตียรอยด์ 2 มิลลิกรัมต่อลิตรเพียงอย่างเดียวในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียนั้น พบว่าสับปะรดพันธุ์บางผลเกิดการแบ่งเซลล์ของจุกอย่างรวดเร็วในระยะการเจริญเติบโตของผลทำให้มีลักษณะผิดปกติของจุกคือมีจำนวนจุกมากกว่า 1จุกเรียกอาการนี้ว่าอาการบ้าจุกทำให้การพัฒนาด้านผลของสับปะรดมีการเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควรซึ่งส่งผลกระทบต่อขนาดของผลสับปะรดเช่นมีผลขนาดเล็กหรือมีรูปทรงที่ผิดปกติได้ทั้งนี้เป็นเพราะคุณสมบัติของบราสิโนสเตียรอยด์มีผลช่วยการยืดตัวของเซลล์การควบคุมการแบ่งเซลล์

และการพัฒนาของท่อน้ำท่ออาหาร ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการใช้บราสิโนสเตียรอยด์ต่อไปในอนาคตเพื่อค้นหาความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อไป

## สรุปผล

จากการศึกษาผลของบราสิโนสเตียรอยด์และ NAA ต่อการเติบโตผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย พบว่าการใช้บราสิโนสเตียรอยด์ 2 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ NAA 200มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถส่งเสริมการเติบโตด้านเส้นรอบวงผลความสูงผลและความสูงจุกของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียได้ดีที่สุด

## เอกสารอ้างอิง

กิสณะ ตันเจริญ, 2551, สับปะรด: คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรกรมส่งเสริมการเกษตร, สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตร.

ณัฐพงศ์ สัตยพานิช และธนะชัย พันธุ์เกษมสุข, 2551, ผลของฮอร์โมนบราสิโนสเตียรอยด์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของมะม่วงน้ำดอกไม้, น. 135-141. ในสัมมนาวิชาการพืชสวนภาคการศึกษาที่ 1/2551, เสวนาวันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ. 2551 ณ ห้องประชุมสถานีวิทยุมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่.

พัชรินทร์ ทองมาก ณัฐพงษ์ วงษ์ม ธันยวีร์ ซาวคำเขตร์ และจริญญา ปัญญาแก้ว, 2551, การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในการปรับปรุงคุณภาพผลลำไยพันธุ์ดอ, รายงานบทปฏิบัติการวิชาฮอร์โมน, ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 14น.

พีรเดช ทองอำไพ, 2529, ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์แนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ในประเทศไทย , หจก. ไดนามิคการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, 2544, สรีรวิทยาการพัฒนาการพืช, หจก.โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, กรุงเทพฯ. 665 น.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544, สรีรวิทยาการผลิตพืช, ภาควิชาพฤกษศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237น.

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2557, สับปะรดโรงงาน :เนื้อที่เพาะปลูกเนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิตต่อไร่ปี2556-2558, [สืบค้น], http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=13577 com.htm, [15/ June/ 15].

Nemhauser, L.J., Mockler, T.C. and Chory, J., 2004, Interdependency of Brassinosteroid and AuxinSignaling in Arabidopsis, Plant Biology Laboratory, Salk Institute for Biological Studies, La Jolla,California, United States of America.

Shamsul, H. and Aqil, A., 2003, Brassinosteroids: Bioactivity and Crop Productivity, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. 246 p.

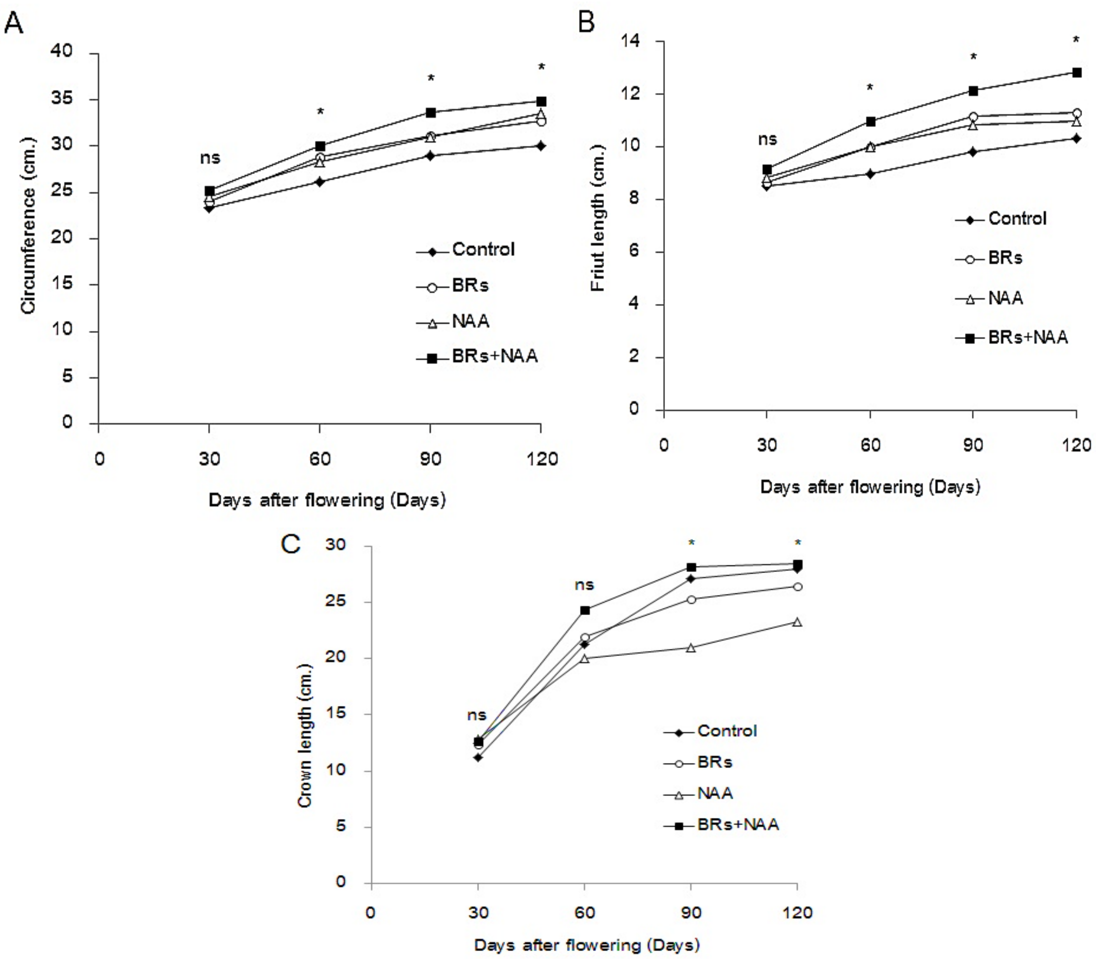



Figure 1 Circumference, fruit and crown length of ‘Pattawia’ pineapple at 30, 60 and 90 days after flowering

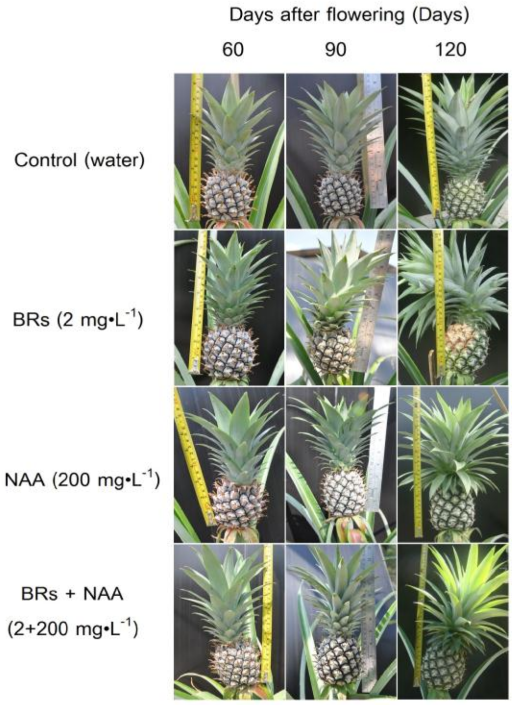



Figure 2 Fruit development of ‘Pattawia’ pineapple

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 633-636 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 633-636 (2558)

# ความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรองุ่นพันธุ์ต้นตอ

# Pollen Viability and Germination of Grapevine Rootstocks

**สุพรพรรณ ศรีมาศ[1] ดรุณี ถาวรเจริญ[1] และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์[1, 2]**

Srimat, S.[1], Thaworncharern, D.[1] and Thaipong, K.[1, 2]

## Abstract

Knowledge of pollen viability and germination in grapevine rootstocks helps in selecting appropriate pollen parents and parental lines. The objective of this experiment was to investigate the viability and germination of grapevine pollen in 8 rootstock cultivars consisting of '101-14 Mgt', '1103 P', '1613 C', 'Harmony', 'Salt Creek', 'Ramsey', 'SO 4' and 'Teleki 5C'. Viability test was done by a staining method using 1% acetomarmine and germination test was done by the hanging drop technique with 10% of sucrose. The results showed that the highest value of pollen viability was found in '1103 P' (95%) followed by '1613 C'(93%), 'Teleki 5C' (92%), 'SO 4' (86%), '101-14 Mgt' (83%), 'Salt Creek' (66%), 'Ramsey' (49%) and 'Harmony' (35%); respectively. The highest value of pollen germination was investigated in 'Teleki 5C' (78%) followed by 'SO 4' (77%), '1103 P' (63%), '101-14 Mgt' (63%), '1613 C'(52%), 'Salt Creek' (19%), 'Harmony' (17%) and 'Ramsey' (10%); respectively. Flower sex type in '1613 C', 'Harmony', 'Ramsey' and 'Salt Creek' was hermaphrodite type whereas these in '101-14 Mgt', '1103 P','SO 4' and 'Teleki 5C' was male type.

**Keywords:** flower biology, flower sex type, pollinizer, *Vitisvinifera*L.

## บทคัดย่อ

การทราบความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรองุ่นต้นตอทำให้สามารถเลือกใช้เป็นแหล่งละอองเกสรและพ่อแม่พันธุ์ที่เหมาะสมได้ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรองุ่นต้นตอ 8 พันธุ์ ได้แก่ '101-14 Mgt', '1103 P', '1613 C', 'Harmony', 'Salt Creek', 'Ramsey', 'SO 4' และ 'Teleki 5C' ทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสรด้วยการย้อมสี acetocarmineความเข้มข้น 1% และทดสอบการงอกด้วยวิธี hanging drop ในอาหารสังเคราะห์ ความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 10% พบว่า ความมีชีวิตของละอองเกสรองุ่นต้นตอพันธุ์ '1103 P' (95%) มีค่ามากที่สุด ตามมาด้วยพันธุ์ '1613 C'(93%), 'Teleki 5C' (92%), 'SO 4' (86%), '101-14 Mgt' (83%), 'Salt Creek' (66%), 'Ramsey' (49%) และ 'Harmony' (35%) ตามลำดับ ในขณะที่การงอกนั้นพบว่าพันธุ์ 'Teleki 5C' (78%) มีค่ามากที่สุด ตามมาด้วยพันธุ์ 'SO 4' (77%), '1103 P' (63%), '101-14 Mgt' (63%), '1613 C'(52%), 'Salt Creek' (19%), 'Harmony' (17%) และ 'Ramsey' (10%) ตามลำดับโดยพันธุ์ '1613 C', 'Harmony', 'Ramsey' และ 'Salt Creek' มีชนิดดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ในขณะที่พันธุ์ '101-14 Mgt', '1103 P','SO 4' และ 'Teleki 5C' มีชนิดดอกเป็นดอกตัวผู้

**คำสำคัญ**: ชีววิทยาดอก ชนิดเพศดอก แหล่งละอองเกสร *Vitisvinifera* L.

## คำนำ

องุ่น (*Vitisvinifera* L.) มีถิ่นกำเนิดในเขตอากาศอบอุ่น แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตอากาศกึ่งร้อนถึงอากาศร้อน เป็นไม้ผลชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลกและประเทศไทย สำหรับประเทศไทยนั้นองุ่นสามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคโดยมีแหล่งปลูกเพื่อการค้าที่สำคัญ ได้แก่ นครปฐม สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และราชบุรี พันธุ์การค้าที่สำคัญในปัจจุบันได้แก่ 'White Malaga', 'Loose Perlette'และ 'Marroo Seedless'โดยการผลิตองุ่นเชิงการค้านั้นนิยมใช้ต้นตอ ซึ่งในประเทศไทยมีเพียงพันธุ์เดียว คือ '1613 C' เป็นลูกผสมระหว่าง Solonish x Orthello ที่ได้รับการทดสอบ

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom 73140

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[2] Tropical Fruit Research and Development Center, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, NakhonPathom 73140, Thailand

และคัดเลือกภายใต้สภาพแวดล้อมของประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2512 โดย ศ. ปวิณ ปุณศรี ซึ่งยังคงถูกใช้เป็นต้นตอสำหรับขยายพันธุ์องุ่นพันธุ์ดีต่าง ๆ มาจนถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม พันธุ์ '1613 C' ยังมีข้อเสียหลายประการ ได้แก่ อ่อนแอต่อโรคแอนแทรคโนส โรคราสนิม และเมื่อปลูกในสภาพที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เช่น ดินกรด ดินด่าง หรือปลูกบนพื้นที่สูงและพื้นที่ที่มีอากาศหนาวเย็นมักจะเจริญเติบโตไม่ค่อยดี (กิตติพงศ์, 2547) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ได้รวบรวมพันธุ์องุ่นต้นตอไว้หลายพันธุ์เพื่อคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์องุ่นต้นตอพันธุ์ใหม่ โดยข้อมูลความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร รวมทั้งโครงสร้างดอกและการติดผลเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่องานปรับปรุงพันธุ์ เช่น การเลือกพันธุ์สำหรับเป็นแหล่งละอองเกสร (pollinizer) การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ ปริมาณการผสม เป็นต้น การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร โครงสร้างดอกและการติดผลขององุ่นต้นตอ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์องุ่นต้นตอต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมดอกองุ่น

ตัดแต่งกิ่งองุ่นต้นตออายุต้น 3 ปี จำนวน 8 พันธุ์ได้แก่ '101-14 Mgt', '1103 P', '1613 C', 'Harmony', 'Salt Creek', 'Ramsey', 'SO 4' และ 'Teleki 5C' ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐมระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกันยายน พ.ศ. 2554 เพื่อบังคับให้องุ่นออกดอก คลุมดอกองุ่นด้วยถุงกระดาษในระยะก่อนดอกบาน 1 วัน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของละอองเกสรจากพันธุ์อื่นๆ

### การประเมินความมีชีวิตของละอองเกสร

ทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสรองุ่นด้วยวิธีการย้อมสี (staining method) นำละอองเกสรองุ่นต้นตอพันธุ์ต่างๆ จากดอกในระยะดอกบานที่คลุมถุงไว้มาย้อมด้วยสี 1% acetocarmine โดยหยดสีลงบนสไลด์เรียบ 1 - 2 หยด จากนั้นใช้ปากคีบจับก้านชูอับละอองเกสรตัวผู้ (filament) แกว่งในสีย้อมให้ละอองเกสรกระจายทั่วสีย้อม ปิดกระจกสไลด์โดยไม่ให้มีฟองอากาศ ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เพื่อให้ละอองเกสรติดสีได้ดีขึ้นสุ่มตรวจนับการติดสีของละอองเกสรภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า ละอองเกสรที่ย้อมติดสีแดงเข้ม รูปร่างกลมโต ผิวเรียบ ไม่บิดเบี้ยว จัดเป็นละอองเกสรที่มีชีวิต สุ่มนับละอองเกสร 3 บริเวณต่อ 1 สไลด์ จำนวน 3 สไลด์ต่อพันธุ์ จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณความมีชีวิต มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

### การประเมินความงอกของละอองเกสร

ทดสอบการงอกของละอองเกสรองุ่นด้วยวิธี hanging drop โดยใช้อาหารสังเคราะห์สำหรับเลี้ยงละอองเกสรสูตร Brewbaker and Kwack (1963) ที่มีความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 10% โดยหยดอาหารสังเคราะห์ลงบน cover slip 1 หยด นำละอองเกสรองุ่นต้นตอพันธุ์ต่าง ๆ จากดอกในระยะดอกบานที่คลุมถุงไว้มาใส่ลงในอาหารใช้เข็มเขี่ยเบา ๆ ให้ละอองเกสรกระจายทั่วหยดอาหารจากนั้นนำ cover slip ปิดลงบนสไลด์หลุม โดยให้หยดอาหารอยู่ตรงกลางหลุม นำไปบ่มในภาชนะปิดที่ภายในมีกระดาษชุ่มน้ำอยู่ บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2°C) ระยะเวลาบ่มขึ้นอยู่กับแต่ละพันธุ์ เนื่องจากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า แต่ละพันธุ์ต้องการระยะเวลาบ่มเพื่อให้ละอองเกสรงอกสูงสุดไม่เท่ากัน ดังนี้ พันธุ์ 'SO 4' ใช้ระยะเวลา 30 นาที พันธุ์ '101-14 Mgt', 'Teleki 5C', '1103 P' และ 'Salt Creek' ใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมง พันธุ์ 'Harmony' ใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที พันธุ์ 'Ramsey' ใช้ระยะเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที และพันธุ์ '1613 C' ใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นสุ่มนับจำนวนละอองเกสรที่งอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า ละอองเกสรที่จะนับว่างอกได้ต้องมีลักษณะของหลอดละอองเกสรสมบูรณ์ โดยมีความยาวของหลอดละอองเกสรมากกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของละอองเกสร สุ่มนับละอองเกสรที่งอก 3 บริเวณต่อ 1 สไลด์ จำนวน 3 สไลด์ต่อพันธุ์ จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณความงอกมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

### การศึกษาสัณฐานวิทยาของดอกและการติดผล

นำดอกองุ่นต้นตอทั้ง 8 พันธุ์ ในระยะดอกบานมาศึกษาลักษณะโครงสร้างของดอกโดยศึกษาเพศดอกว่าเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) ดอกเพศผู้ (male flower) หรือดอกเพศเมีย (female flower) ศึกษาส่วนประกอบของดอกได้แก่ ลักษณะเกสรเพศผู้ เกสรเพศเมีย อับละอองเกสร ภายใต้กล้องเสตอริโอ กำลังขยาย 30 เท่า ส่วนการติดผลนั้นเป็นการประเมินโดยการสังเกตจากดอกที่ปล่อยให้ผสมเปิด (open pollination) ตามธรรมชาติ จำนวน 5 ช่อดอกต่อพันธุ์ หลังดอกบาน 2 สัปดาห์

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

นำข้อมูลความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำต่อพันธุ์มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธีการของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test)

## ผลการทดลอง

**ความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสร**

การทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสรองุ่นต้นตอจำนวน 8 พันธุ์ ได้แก่ 101-14 Mgt', '1103 P', '1613 C', 'Harmony', 'Salt Creek', 'Ramsey', 'SO 4' และ 'Teleki 5C' โดยการย้อมสีด้วย 1% acetocarmine พบว่า ละอองเกสรองุ่นต้นตอมีรูปร่างกลม ผิวเรียบ โดยละอองเกสรที่มีชีวิตจะติดสีแดงเข้มรูปร่างไม่บิดเบี้ยวส่วนละอองเกสรที่ไม่ติดสีหรือติดสีค่อนข้างจางจัดเป็นละอองเกสรที่ไม่มีชีวิตโดยละอองเกสรองุ่นต้นตอส่วนใหญ่มีความมีชีวิตค่อนข้างสูง ดังนี้ พันธุ์ '1103 P', '1613 C', 'Teleki 5C', 'SO 4', '101-14 Mgt', 'Salt Creek', 'Ramsey' และ 'Harmony' มีค่าเฉลี่ยความมีชีวิตเท่ากับ 95, 93, 92, 86, 83, 66, 49 และ 35% ตามลำดับ (Table 1)

จากการทดสอบการงอกของละอองเกสรองุ่นต้นตอทั้ง 8 พันธุ์ด้วยวิธี hanging drop ในอาหารสังเคราะห์สำหรับเลี้ยงละอองเกสรสูตร Brewbaker and Kwack (1963) ที่มีความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 10% พบว่า ละอองเกสรพันธุ์ 'Teleki 5C' และ 'SO 4'มีความสามารถในการงอกค่อนข้างสูงเท่ากับ 78 และ 77%ตามลำดับ พันธุ์ '1103 P', '101-14 Mgt' และ '1613 C'มีความงอกปานกลางคือ 77, 63, 63 และ 52%ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ 'Salt Creek', 'Harmony' และ 'Ramsey' มีความงอกค่อนข้างต่ำ คือ 19, 17 และ 10% ตามลำดับ (Table 1)

**ลักษณะโครงสร้างดอกและการติดผล**

จากการศึกษาโครงสร้างดอกองุ่นพันธุ์ต้นตอทั้ง 8 พันธุ์ ภายใต้กล้องเสตอริโอ กำลังขยาย 30 เท่า พบว่าพันธุ์ 'Harmony','Salt Creek','Ramsey' และ '1613 C' มีเพศดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) ส่วนพันธุ์ '1103 P','101-14 Mgt', 'SO 4' และ 'Teleki 5C' มีเพศดอกเป็นดอกเพศผู้ (male หรือ staminate flower) โดยพันธุ์ที่มีเพศดอกเป็นดอกเพศผู้มีแนวโน้มที่ละอองเกสรจะมีชีวิตและมีความสามารถในการงอกมากกว่าพันธุ์ที่มีเพศดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Table 1)

เมื่อศึกษาก้านชูอับละอองเกสร (filament) พบว่าพันธุ์ 'Harmony', '1103 P','101-14 Mgt', 'SO 4' และ 'Teleki 5C' มีก้านชูอับละอองเกสรตั้งตรงเหนือระดับ stigma ส่วนพันธุ์ 'Salt Creek', 'Ramsey' และ '1613C' มีก้านชูอับละอองเกสรโค้งงอลงต่ำกว่าระดับ stigma

จากการตรวจสอบการติดผลโดยปล่อยให้มีการผสมเปิดตามธรรมชาติ พบว่า มีเพียง 2 พันธุ์ที่ติดผล คือ พันธุ์ 'Harmony'และ '1613C' โดยพันธุ์ 'Harmony' มีการติดผลดกพันธุ์ '1613C' มีการติดผลน้อย ในขณะที่ต้นตอองุ่นพันธุ์อื่นๆ ไม่พบการติดผลแต่อย่างใด (Table 1)

## วิจารณ์ผล

เมื่อเปรียบเทียบค่าความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรพบว่า ต้นตอองุ่นทุกพันธุ์มีค่าความมีชีวิตมากกว่าความงอก (Table 1) ทั้งนี้อาจเกิดจากละอองเกสรที่นำมาทดสอบนั้นไม่สมบูรณ์หรือเป็นหมันแต่ละอองเกสรเหล่านั้นยังมีระดับขององค์ประกอบทางเคมีสูงพอที่จะสามารถให้ผลทางบวกในการใช้สีย้อมได้ ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดในการตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเกสรควรใช้การทดสอบความงอกเพราะให้ผลที่น่าเชื่อถือและมีความถูกต้องมากกว่าการย้อมสีซึ่งเป็นเพียงการตรวจสอบเบื้องต้นในเวลาอันรวดเร็วเท่านั้น (Stanley และ Linskens, 1974)

จากการที่ละอองเกสรองุ่นต้นตอทั้ง 8 พันธุ์มีชีวิตและสามารถงอกได้ทุกพันธุ์นั้น จึงสามารถที่จะใช้องุ่นต้นต้อทั้ง 8 พันธุ์เป็นแหล่งละอองเกสร (pollinizer) หรือต้นพ่อพันธุ์ในการผสมพันธุ์องุ่นได้ อย่างไรก็ตาม พบว่า พันธุ์ที่มีเพศดอกเป็นดอกเพศผู้มีแนวโน้มที่ละอองเกสรจะมีชีวิตและมีความสามารถในการงอกมากกว่าพันธุ์ที่มีเพศดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ดังนั้น การใช้พันธุ์ '1103 P','101-14 Mgt', 'SO 4' และ 'Teleki 5C' ซึ่งมีเพศดอกเป็นดอกเพศผู้เป็นแหล่งละอองเกสรหรือพ่อพันธุ์น่าจะมีโอกาสผสมติดและได้เมล็ดที่สมบูรณ์มากกว่าการใช้พันธุ์ 'Harmony','Salt Creek','Ramsey' และ '1613 C' ซึ่งมีเพศดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศเป็นแหล่งละอองเกสร

เมื่อพิจารณาการติดผลในพันธุ์ที่มีดอกสมบูรณ์เพศ ได้แก่ 'Harmony','Salt Creek','Ramsey' และ '1613 C' พบว่า มีเพียง 2 พันธุ์ที่ติดผล คือ 'Harmony' และ '1613 C' โดยพันธุ์ 'Harmony' ติดผลดกกว่าพันธุ์ '1613 C' ถึงแม้ว่าละอองเกสรจะมีความมีชีวิตและความงอกต่ำกว่าก็ตาม (Table1) ดังนั้นการใช้พันธุ์ 'Harmony' เป็นแม่พันธุ์น่าจะมีโอกาสผสมติดและได้เมล็ดที่สมบูรณ์มากกว่า การที่พันธุ์ 'Harmony' ติดผลดกกว่าพันธุ์ '1613 C' อาจเนื่องมาจากพันธุ์ 'Harmony' มีก้านชูอับละอองเกสรตั้งตรงเหนือระดับ stigma ทำให้ละอองเกสรตกลงบน stigma ได้ง่าย ในขณะพันธุ์ '1613 C' มีก้านชูอับละอองเกสรโค้งงอลงต่ำกว่าระดับ stigma ซึ่งอาจทำให้ละอองเกสรตกลงบน stigma ได้ยากขึ้น สำหรับพันธุ์ 'Salt Creek' และ 'Ramsey' ไม่พบการติดผลถึงแม้ว่าจะเป็นดอกสมบูรณ์เพศ อีกทั้งละอองเกสรมีชีวิตและสามารถงอกได้ก็ตาม ซึ่งทั้ง 2 พันธุ์นี้มีก้านชูอับละอองเกสรโค้งงอลงต่ำกว่าระดับ stigma เช่นเดียวกับพันธุ์ '1613 C' จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการถ่ายละอองเกสรและการติดผล นอกจากนี้อาจเป็นไปได้ว่าทั้ง 2 พันธุ์ผสมตัวเองไม่ติด (self incompatibility) หรือต้องผสมข้าม (cross pollination) ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไป

## สรุปผล

สามารถใช้องุ่นต้นตอทั้ง 8 พันธุ์เป็นแหล่งละอองเกสรหรือพ่อพันธุ์ได้ เนื่องจากละอองเกสรมีชีวิตและสามารถงอกได้ทุกพันธุ์โดยพันธุ์ 'Harmony','Salt Creek','Ramsey' และ '1613 C' มีดอกสมบูรณ์เพศจึงสามารถใช้เป็นแม่พันธุ์ได้ ในขณะที่พันธุ์ '1103 P','101-14 Mgt', 'SO 4' และ 'Teleki 5C' เป็นดอกเพศผู้จึงไม่สามารถใช้เป็นแม่พันธุ์ได้มีเพียง 2 พันธุ์ที่ติดผล คือ 'Harmony' และ '1613 C' โดยพันธุ์ 'Harmony' มีการติดผลที่ดกจึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นแม่พันธุ์มากกว่า

## คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัย และภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

กิตติพงศ์ ตรีตรุยานนท์, 2547, เทคโนโลยีการผลิตองุ่น, โรงพิมพ์ชนารักษ์, กรุงเทพฯ.

Brewbaker, J.L. and Kwack, B.H., 1963, The Essential Role of Calcium Ion in Pollen Germination and Pollen Tube Growth, American Journal of Botany, 50: 859-865.

Stanley, R.G. and Linskens, H.F., 1974, Pollen: Biology, Biochemistry and Management. Springer-Verlag, Berlin.

**Table 1** Viability and germination of grapevine pollen, flower sex type and fruit set in 8 rootstock cultivars.

| Cultivar | Flower sex type | Pollen viability (%) | Pollen germination (%) | Fruit set |
|---|---|---|---|---|
| Ramsey | Perfect flower | 49 ± 11.84 ab | 10 ± 2.36 a | No |
| Harmony | Perfect flower | 35 ± 19.63 a | 17 ± 1.31a | Good |
| Salt Creek | Perfect flower | 66 ± 24.48 bc | 19 ± 15.18 a | No |
| 1613 C | Perfect flower | 93 ± 1.03 d | 52 ± 21.10 b | Poor |
| 101-14 Mgt | Male flower | 83 ± 8.35 cd | 63 ± 17.59 b | No |
| 1103 P | Male flower | 95 ± 0.95 d | 63 ± 19.03 b | No |
| SO 4 | Male flower | 86 ± 5.17 cd | 77 ± 8.84 b | No |
| Teleki 5C | Male flower | 92 ± 4.22 d | 78 ± 3.48 b | No |
| *P*-value | | < 0.05 | < 0.05 | |

Remark: Means followed by different letters are significant by DMRT at $P \leq 0.05$.

# การผลิตสารแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากหัวบุกและโลคัสบีนกัมโดยเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 จากเชื้อ *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6

# Production of Mannan-Oligosaccharides (MOS) from Konjac and Locust Bean Gum Using *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 Glycoside Hydrolase Family 5

**ศุภเชษฐ์ แซ่ตั้ง[1] ภัทรา ผาสอน[1, 2] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1, 2] อะกิฮิโกะ โคสุกิ[3] กนก รัตนะกนกชัย[1] และ รัตติยา แววนุกูล[1, 2]**

Saetung, S.[1] Pason, P.[1, 2] Tachaapaikoon, C.[1, 2] Kosugi, A.[3] Ratanakhanokchai, K.[1] and Waeonukul, R.[1, 2]

## Abstract

Mannan oligosaccharides (MOS) is mainly composed of mannose monomers. MOS has been reported to have prebiotic properties that improve the growth of probiotics and inhibit pathogen in the gastrointestinal tract. In this research, we found that glycosyl hydrolases family 5 (Cel5A) from *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 can hydrolyze many types of insoluble polysaccharides, especially mannan. Therefore, we were interested in the production of MOS from konjac and locust bean gum which contain high mannan. Results showed that the Cel5A from *P. curdlanolyticus* B-6 produced MOS from konjac and locust bean gum which have a high degrees of polymerization ranging from 3-6 when analyzed by thin layer chromatography.

**Keywords:** mannan-oligosaccharide, mannan, glycosyl hydrolases family 5, *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6

## บทคัดย่อ

สารแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์มีน้ำตาลแมนโนสเป็นองค์ประกอบหลัก มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกที่ดีช่วยส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียในลำไส้ที่เป็นประโยชน์ และยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร จากงานวิจัยครั้งนี้พบว่าเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลสแฟมมิลี่ 5 (Cel5A) จากเชื้อ *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 มีความสามารถในการย่อยสารประกอบพอลิแซ็คคาไรด์ไม่ละลายน้ำได้หลายชนิดโดยเฉพาะในสารประกอบแมนแนน ดังนั้นจึงสนใจการผลิตสาร แมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากหัวบุกและโลคัสบีนกัมซึ่งเป็นพืชที่มีสารประกอบแมนแนนสูงมากด้วยวิธีเอนไซม์ Cel5A จากผลการทดลองพบว่า Cel5A จากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 สามารถผลิตแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ได้จากทั้งหัวบุกและโลคัสบีนกัมโดยมีขนาด degree of polymerization 3-6 หน่วยเมื่อตรวจสอบด้วยวิธี thin layer chromatography

**คำสำคัญ**: แมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ แมนแนนไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6

## บทนำ

พรีไบโอติกคือสารหรือองค์ประกอบที่ไม่ถูกย่อยสลายในทางเดินอาหารและร่างกายไม่สามารถดูดซึมไปใช้ได้ โดยพรีไบโอติกเป็นสารที่มีประโยชน์มากมายสามารถไปกระตุ้นการเจริญของเชื้อโพรไบโอติกให้ดีขึ้นอีกทั้งยังมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคบางชนิด (Gibson และ Roberfroid, 1995) ในปัจจุบันมีสารพรีไบโอติกมีมากมายหลายชนิดมีวางจำหน่ายในตลาดสำหรับผู้ที่รักสุขภาพ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายเป็นพรีไบโอติกประเภทโอลิโกแซ็คคาไรด์ชนิดต่างๆ โดยเฉพาะ แมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์จัดเป็นพรีไบโอติกอีกชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อคนและสัตว์โดยการไปกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน กระตุ้นการเจริญของเชื้อโพรไบโอติก เช่น *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp., *Streptococcus*

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[3] ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น 1-1 โอวาชิ ซึคุบะ อิบารากิ 303-8686 ญี่ปุ่น

[3] Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1-1 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 303-8686, Japan

spp. และอื่นๆอีกหลากหลายชนิด (Akhter และคณะ, 2015) จากการศึกษาจากห้องปฏิบัติการเอนไซม์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พบว่าเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 (Cel5A) จากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 (Saetung และคณะ, 2014) มีความสามารถในการย่อยสับสเตรทพอลิแซ็คคาไรด์ได้หลายชนิด โดยเฉพาะในกลุ่มของแมนแนนซึ่งได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลแมนโนสสายสั้นๆ หรือแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจการผลิตสารแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากหัวบุกและโลคัสบีนกัมซึ่งเป็นพืชที่มีสารประกอบแมนแนนสูงมากด้วยวิธีเอนไซม์จากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 และทดสอบคุณสมบัติของพรีไบโอติกของแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์

## อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนสำหรับการผลิตสารแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากผงบุก (กลูโคแมนแนน) และโลคัสบีนกัม (กาแล็คโตแมน-แนน) โดยการเตรียมสับสเตรทที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ในโซเดียมฟอสเฟตบัพเฟอร์ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ พีเอช 7.0 และใส่เอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 (Cel5A) ความเข้มข้น 5 ยูนิตต่อกรัมสับสเตรท นำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง และทำการเก็บตัวอย่างที่ 0 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง เพื่อนำมาวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ที่ช่วงระยะเวลาต่างๆของการย่อยด้วยวิธี Samogyi-Nelson จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มากำจัดโปรตีนด้วยวิธีอัลตราฟิลเตรชันสำหรับกรองอนุภาคที่มีน้ำหนักโมเลกุล 10,000 ดาลตัน (Dalton) เพื่อแยกโปรตีนเอนไซม์ออกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้ และนำไปตรวจสอบ degree of polymerization ของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Thin Layer Chromatography โดยใช้ mobile phase ที่มีอัตราส่วนของ N-butanol: acetic acid: water เป็น 2:1:1 จากนั้นทำการตรวจสอบคุณสมบัติพรีไบโอติกในการกระตุ้นการเจริญของโพรไบโอติก *Streptococcus thermophiles*, *Enterococcus faecium* และ *Lactobacillus casei* ในอาหารเหลว MRS ที่ไม่มีน้ำตาล น้ำตาลกลูโคสความเข้มข้น 0.5% แมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากผงบุกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากโลคัสบีนกัมความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาหาปริมาณเชื้อบนอาหารแข็ง MRS ด้วยวิธี spread plate

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการย่อยสารประกอบแมนแนนจากผงบุกและโลคัสบีนกัมด้วยเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 (Cel5A) และวัดระดับน้ำตาลรีดิวซ์ที่เวลาต่างๆ พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยผงบุก และโลคัสบีนกัมมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเวลาในการย่อยที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงจากการย่อยผงบุกและโลคัสบีนกัมที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมงตามลำดับ โดยวัดค่าน้ำตาลรีดิวซ์จากผงบุกได้น้ำตาล 1,750 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และโลคัสบีนกัม 1,333.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Figure 1) จากนั้นนำแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์ที่ได้จากการย่อยมาตรวจสอบ degree of polymerization ของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Thin Layer Chromatography พบว่าแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์ที่ย่อยจากผงบุกและโลคัสบีนกัมมีขนาด degree of polymerization 3-6 หน่วย (Figure 2) ทดสอบคุณสมบัติการเป็นพรีไบโอติกของแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์ที่ได้จากการย่อยผงบุกและโลคัสบีนกัมโดยตรวจสอบคุณสมบัติการกระตุ้นการเจริญของเชื้อโพรไบโอติก จากผลการทดลองพบว่าสารแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากผงบุกและโลคัสบีนกัมสามารถกระตุ้นการเจริญของเชื้อ *Streptococcus thermophiles*, *Enterococcus faecium* และ *Lactobacillus casei* ได้ดี (Figure 3) โดยแมนแนนโอลิโก-แซ็คคาไรด์จากผงบุกสามารถกระตุ้นการเจริญได้ดีกว่าแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากโลคัสบีนกัมอาจเป็นเพราะโครงสร้างของแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากโลคัสบีนกัมที่สกัดได้ยังคงมีกิ่งของน้ำตาลกาแล็คโตสที่อาจขัดขวางการทำงานของเอนไซม์จากเชื้อโพรไบโอติกทำให้การนำใช้ได้ยากกว่า แต่โครงสร้างของแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากผงบุกอาจมีกิ่งอยู่น้อยทำให้เชื้อโพรไบโอติกสามารถนำไปใช้งานได้ง่าย

## สรุปผล

จากการศึกษาการผลิตสารแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากหัวบุกและโลคัสบีนกัมซึ่งเป็นพืชที่มีสารประกอบแมนแนน สูงด้วยเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 (Cel5A) จากเชื้อ *P. curdlanolyticus* B-6 พบว่าเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 สามารถผลิตสารแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากหัวบุกและโลคัสบีนกัมได้โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีขนาด degree of polymerization 3-6 หน่วย โดยสารแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากหัวบุกและโลคัสบีนกัมมีฤทธิ์ในการไปกระตุ้นการเจริญของโพรไบโอติกได้ จากคุณสมบัติของเอนไซม์ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่ 5 (Cel5A) สามารถนำไปต่อ

ยอดในการผลิตสารพรีไบโอติกแมนแนนโอลิโกแซ็คคาไรด์จากวัสดุทางการเกษตรชนิดอื่นๆ ถือเป็นการเพิ่มมูลให้กับวัสดุทางการเกษตรอีกด้วย

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ทุนการศึกษาเพชรพระจอมเกล้าระดับบัณฑิตศึกษา และเงินอุดหนุนวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีงบประมาณ 2558-2560

## เอกสารอ้างอิง

Akhter, N., Wu, B., Memon, A.M. and Mohsin, M., 2015, Probiotics and Prebiotics Associated with Aquaculture: A Review, Fish & Shellfish Immunology, 45: 733-741.

Gibson, G.R. and Roberfroid, M.B., 1995, Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics, Journal of Nutrition, 125: 1401-1412.

Saetung, S., Waeonukul, R., Tachaapaikoon, C., Pason, P., Kosugi, A., and Ratanakhanokchai, K., 2014, Gene Cloning, Sequencing and Expression of a Novel Cellulase from *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6, Agricultural Science Journal, 45: 445-448

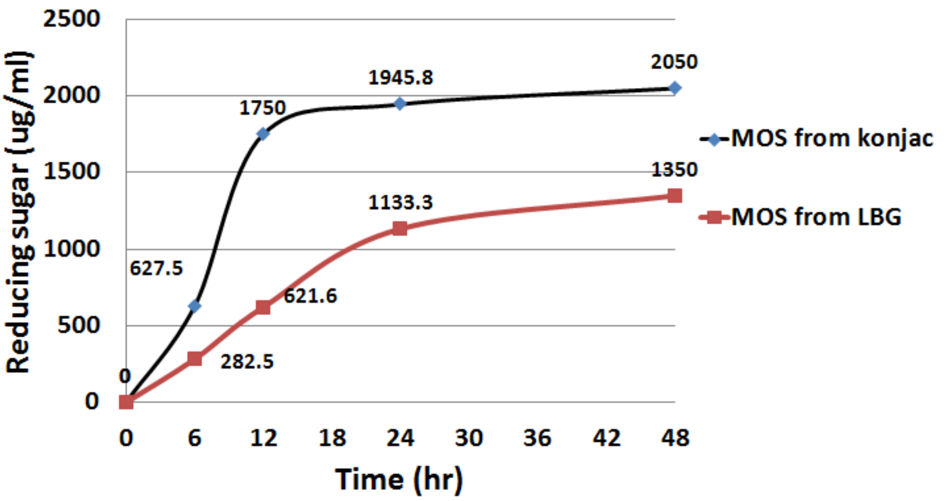



Figure 1 Reducing sugar of hydrolysis product from konjac and locust bean gum

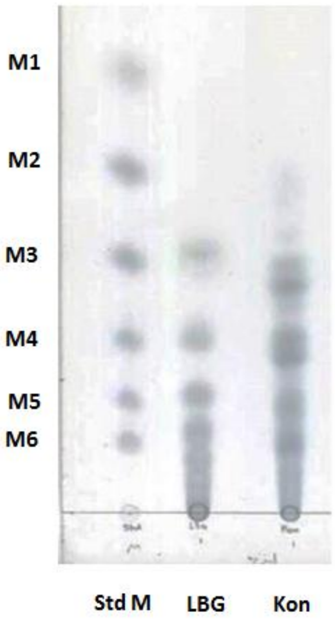



Figure 2 TLC analysis of hydrolysis products of konjac and locust bean gum substrates by Cel5A
Std M: Standard marker;
LBG: MOS from locust bean gum;
Kon 3: MOS from konjac

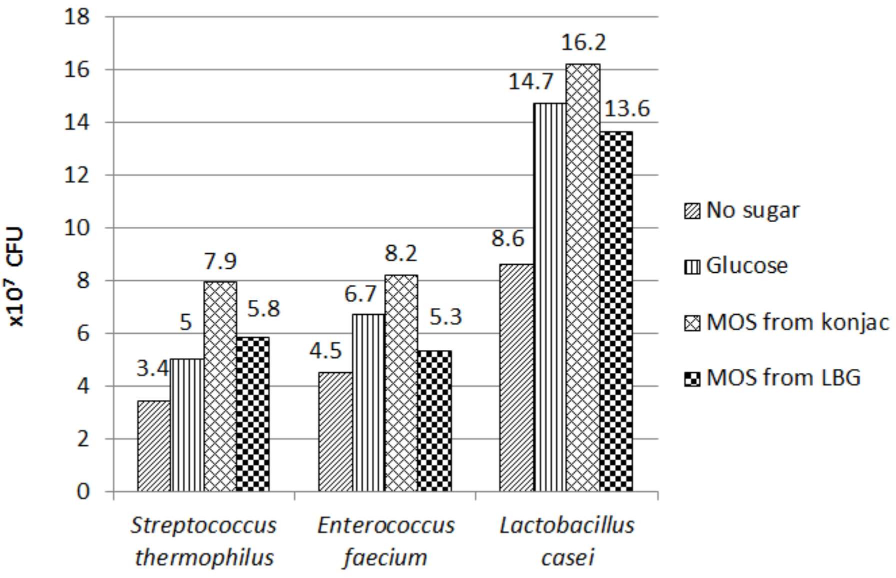



Figure 3 Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth performance

# ผลของขนาดเมล็ดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพลับพลึงธาร (*Crinum thaianum* Schluze)
# Effect of Seed Size on Germination and Seedling Growth of Water Onion (*Crinum thaianum* Schulze)

**พิจิตรา แก้วสอน**[1] **ชุติมา บุญเสมา**[1] **เบญญา มะโนชัย**[1] **และ เดชา ดวงนามล**[2]
Kaewsorn, P.[1], Boonsema, C.[1], Manochai, B.[1] and Duangnamon, D.[2]

## Abstract

The objective of this study was to determine the effect of seed size on germination and seedling growth of water onion. Two experiments were conducted. The 1st experiment investigated effect of seed size on germination and seedling growth. The experimental design was a CRD with 3 treatments: small seed (1-4 g), medium seed (5-8 g), and large seed (9-17 g). Seeds were sown in growing media composed of a mixture of rice husk ash and sand (1:1 v/v). The 2nd experiment was the comparisons of germination enhancement methods in small seeds and 2 treatments: 1) soaking seeds in reverse osmosis (RO) water and 2) soaking seeds in 0.02% $GA_3$ with aeration for 60 days. Results showed that sowing large seed size in the growing media resulted in the highest germination, speed of germination and seedling growth. Moreover, soaking small seed size in 0.02% $GA_3$ with aeration had faster germination than seeds soaked in RO water.
**Keywords:** onion plant, gibberellic acid, seed enhancement, small seed

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดเมล็ดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพลับพลึงธาร แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของขนาดเมล็ดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพลับพลึงธาร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์มี 3 ทรีทเมนต์ ได้แก่ เมล็ดขนาดเล็ก (1-4 กรัม) ขนาดกลาง (5-8 กรัม) และขนาดใหญ่ (9-17 กรัม) นำเมล็ดไปเพาะลงบนวัสดุปลูกผสมขี้เถ้าแกลบและทราย (1:1 โดยปริมาตร) เป็นระยะเวลา 60 วัน การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดขนาดเล็ก มี 2 ทรีทเมนต์ คือ 1) แช่เมล็ดในน้ำ RO และ 2) แช่เมล็ดในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% โดยให้อากาศตลอดเวลา เป็นเวลา 60 วัน พบว่าการเพาะเมล็ดขนาดใหญ่ในวัสดุปลูกมีความงอกสูงที่สุด มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด และต้นกล้ามีการเจริญเติบโตดีที่สุด นอกจากนี้การแช่เมล็ดขนาดเล็กในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% โดยให้อากาศตลอดเวลา มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการแช่เมล็ดในน้ำ RO
**คำสำคัญ**: หอมน้ำ กรดจิบเบอเรลลิก การกระตุ้นความงอก เมล็ดขนาดเล็ก

## คำนำ

พลับพลึงธาร หรือ หอมน้ำ (water onion) เป็นพืชน้ำอยู่ในวงศ์ Amaryllidaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Crinum thaianum* Schluze (วรรณดา และคณะ, 2557) เป็นพืชเฉพาะถิ่นที่พบเฉพาะบริเวณจังหวัดระนองตอนล่างอำเภอสุขสำราญและอำเภอกะเปอร์ และจังหวัดพังงาตอนบนเขตอำเภอตะกั่วป่า และอำเภอคุระบุรีเท่านั้น (รัฐภัทร์ และวรรณดา, 2551) พลับพลึงธารเป็นพืชที่มีความสำคัญและมีประโยชน์ต่อระบบนิเวศในแม่น้ำ-ลำคลองธรรมชาติเป็นอย่างมาก เพราะเป็นพืชที่มีระบบรากยาว ช่วยยึดเกาะหน้าดินของแม่น้ำ-ลำคลองไม่ให้มีการชะล้างหรือพังทะลาย ใบของพลับพลึงธาร มีเป็นจำนวนมากเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย หลบภัย และวางไข่ของสัตว์น้ำหลาย ๆ ชนิด บริเวณพื้นที่ที่มีพลับพลึงธารเจริญอย่างหนาแน่นจะช่วยลดความแรงของกระแสน้ำได้ รวมทั้งเป็นที่ดักตะกอน เพื่อให้น้ำใสและสะอาด มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์จากความสวยงามของดอกพลับพลึงธารได้ (สมศักดิ์, 2555) อย่างไรก็ตาม พลับพลึงธารที่ส่งออกไปยังต่างประเทศเกือบทั้งหมดได้จากการเก็บรวบรวมจากธรรมชาติ (Muhlberg, 1982) จึงมักพบการลักลอบขุดนำไปจำหน่าย (สมศักดิ์, 2555)

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
[1]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok
[2]สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน เลขที่ 81 หมู่ 2 ตำบลกำพวน อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง 85120
[2]Andaman Coastal Research Station for Development , 81 Moo 2 Kamphuan Sub-District, Suksamran District, Ranong, 85120

โดยที่เกษตรกรยังไม่สามารถเพาะขยายพันธุ์ได้ในสถานเพาะชำ จึงนิยมเก็บหัว (bulb) มาชำให้แตกใบใต้น้ำแล้วจึงนำไปจำหน่าย (วันเพ็ญ และกาญจนรี, 2543) การขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ดเป็นวิธีการที่สะดวก ทำได้ง่าย แต่ยังไม่มีงานวิจัยในพลับพลึงธาร Roxas และคณะ (1994) รายงานว่าเมล็ด *Amaryllis belladonna* ที่มีขนาดใหญ่ (4 - 5 ซม.) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด (23.9 วัน) และหัวย่อยมีขนาดใหญ่ที่สุด (3.65 ซม.) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดขนาดเล็ก (< 1 ซม.) ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกนาน (25 วัน) และหัวย่อยที่มีขนาดเล็กที่สุด (3.20 ซม.) นอกจากนี้ Payal และคณะ (2014) รายงานการกระตุ้นความงอกด้วยการแช่เมล็ด Prairie onion (*Allium stracheyi* Baker.) วงศ์ Alliaceae ในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วนำมาเพาะที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสร่วมกับการให้แสง 12 ชั่วโมง มีความงอกสูงที่สุด คือ 97.3% มีดัชนีการงอกสูงที่สุด คือ 8.11 และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 5.7 วัน ส่วนเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีความงอกเพียง 73% มีดัชนีการงอก คือ 3.32 และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกนาน 20.8 วัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาวิธีการขยายพันธุ์พลับพลึงธารด้วยเมล็ดและการปลูกที่เหมาะสมในเชิงพาณิชย์ ทดแทนการเก็บรวบรวมจากธรรมชาติ เป็นแนวทางในการอนุรักษ์และเป็นการเพิ่มผลผลิตในธรรมชาติ เพื่อจัดการทรัพยากรพรรณไม้น้ำพลับพลึงธารภายในชุมชนได้อย่างเหมาะสม

## อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์พลับพลึงธารจากแหล่งน้ำธรรมชาติ คลองนาคา ตำบลนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง โดยนักวิจัยสถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มาศึกษาการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพลับพลึงธารโดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

<u>การทดลองที่ 1</u> ผลของขนาดเมล็ดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพลับพลึงธาร

นำเมล็ดพลับพลึงธารที่มีความชื้นของเมล็ดประมาณ 89.9% มาแบ่งขนาดตามน้ำหนักเมล็ด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) มี 3 ทรีทเมนต์ คือ เมล็ดขนาดเล็ก (1 - 4 กรัมต่อเมล็ด) เมล็ดขนาดกลาง (5 - 8 กรัมต่อเมล็ด) และเมล็ดขนาดใหญ่ (9 - 17 กรัมต่อเมล็ด) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 20 เมล็ด จากนั้นนำเมล็ดมาเพาะลงในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของขี้เถ้าแกลบผสมทราย อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ให้น้ำระบบพ่นหมอกเช้าและเย็น พรางแสงด้วยซาแรนสีดำ อุณหภูมิเฉลี่ย 31 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูล ได้แก่ ความงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) (Ellis และ Roberts, 1980) การเจริญเติบโตของต้นกล้าที่อายุ 60 วันหลังเพาะเมล็ด ได้แก่ ความยาวต้น จำนวนใบ ความยาวใบ จำนวนราก ความยาวราก และเส้นผ่านศูนย์กลางของหัว

<u>การทดลองที่ 2</u> เปรียบเทียบวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพลับพลึงธารขนาดเล็ก

นำเมล็ดพลับพลึงธารขนาดเล็ก (1 - 4 กรัม) มากระตุ้นความงอก โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีการแช่เมล็ดในน้ำ reverse osmosis (RO) และการแช่เมล็ดในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% โดยให้อากาศตลอดเวลา เป็นเวลา 60 วัน มีการเปลี่ยนน้ำ RO และสารละลาย $GA_3$ ทุกสัปดาห์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ T-test for paired samples จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 20 เมล็ด บันทึกข้อมูล ได้แก่ ความงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ 1</u> เมล็ดพลับพลึงธารขนาดใหญ่และเมล็ดขนาดกลางมีความงอกสูงที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (คือ 75.0 และ 57.3% ตามลำดับ) ส่วนเมล็ดขนาดเล็กมีความงอกเพียง 31.3% (Table 1) ในขณะที่เมล็ดขนาดใหญ่มีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด คือ 27.1 วัน รองลงมา คือ เมล็ดขนาดกลางและเมล็ดขนาดเล็ก (32.7 และ 34.1 วัน ตามลำดับ) (Table 1) แสดงว่าเมล็ดขนาดใหญ่มีความแข็งแรงสามารถงอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่มีขนาดกลางและขนาดเล็กตามลำดับ เนื่องจากเมล็ดขนาดใหญ่มีอาหารสะสมภายในเมล็ดมาก รวมทั้งฮอร์โมนต่าง ๆ ที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการงอกของเมล็ดได้เร็วขึ้น จึงทำให้เมล็ดที่มีขนาดใหญ่หรือมีน้ำหนักมาก งอกได้ดีกว่าเมล็ดที่มีขนาดเล็กหรือน้ำหนักเบา (จวงจันทร์, 2529) สอดคล้องกับ Roxas และคณะ (1994) รายงานว่าเมล็ด *Amaryllis belladonna* (วงศ์ Amaryllidaceae) ที่มีขนาดใหญ่จะมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด และมีหัวย่อย (bulblet) มากที่สุด ขนาดของเมล็ดมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพลับพลึงธารด้านความยาวต้น ความยาวราก และเส้นผ่านศูนย์กลางหัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมล็ดขนาดใหญ่และขนาดกลางส่งผลให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตดีที่สุด คือ ความยาวต้น (3.09 และ 2.85 ซม. ตามลำดับ) ความยาวราก (3.22 และ 3.84 ซม. ตามลำดับ) และเส้นผ่านศูนย์กลางหัว (1.56 และ 1.40 ซม. ตามลำดับ) (Table 2) ส่วนเมล็ดขนาดเล็กมีการเจริญของต้นกล้าน้อยที่สุด คือ มีความยาวของต้น 2.10 ซม. ความยาวราก 2.54 ซม. และเส้น

ผ่านศูนย์กลางหัว 0.92 ซม. ในขณะที่ขนาดของเมล็ดไม่มีผลต่อจำนวนราก จำนวนใบ และความยาวใบ แสดงว่าเมล็ดที่มีขนาดใหญ่และขนาดกลางทำให้ต้นกล้าเจริญได้ดีกว่าเมล็ดขนาดเล็ก ซึ่งสอดคล้องกับ Roxas และคณะ (1994) รายงานว่าเมล็ด *Amaryllis belladonna* L. ที่มีขนาดใหญ่จะผลิตหัวย่อย (bulblet) ที่มีขนาดใหญ่และมีการเจริญเติบโตดีกว่าเมล็ดขนาดเล็ก ดังนั้นการเพาะเมล็ดพันธุ์พลับพลึงธารขนาดใหญ่ จะทำให้เมล็ดมีความงอกสูง งอกได้เร็ว และได้ต้นกล้าที่เจริญเติบโตดี

การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพลับพลึงธารขนาดเล็ก โดยแช่เมล็ดในน้ำ RO และแช่ในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% ร่วมกับการให้อากาศตลอดเวลา พบว่า ความงอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความงอก 40.0 และ 45.0% ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพลับพลึงธารขนาดเล็กที่ปลูกลงบนวัสดุปลูกในงานทดลองที่ 1 พบว่าเมล็ดมีความงอกต่ำเพียง 31.3% (Table 1) อาจเป็นเพราะเมล็ดพลับพลึงธารเป็นเมล็ดที่มีความชื้นในเมล็ดสูง (fleshy seed) หรือจัดเป็น recalcitrant seed เช่นเดียวกับพืชชนิดอื่นๆ ที่อยู่ในวงศ์ Amaryllidaceae (Sershen และคณะ, 2008) เมล็ดจึงงอกได้ดีในสภาพที่มีความชื้นสูงหรืออยู่ในน้ำ อย่างไรก็ตาม การกระตุ้นความงอกของเมล็ดขนาดเล็กทั้ง 2 วิธี คือ การแช่เมล็ดในน้ำ RO หรือในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% ทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้นจากวิธีการเพาะเมล็ดขนาดเล็กในวัสดุปลูกโดยมีความงอก 31.3% เป็น 40.0 หรือ 45.0% ตามลำดับ โดยมีความงอกเพิ่มขึ้น 8.7 และ 13.7% ตามลำดับ แต่ความงอกยังน้อยกว่า 50% อาจเป็นเพราะระดับความเข้มข้นของสารละลาย $GA_3$ ยังไม่เหมาะสมในการกระตุ้นความงอก นอกจากนี้เมล็ดที่แช่ในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO โดยมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 22.4 และ 28.7 วัน ตามลำดับ (Table 3) เพราะสารละลาย $GA_3$ เป็นสารที่ช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ด เนื่องจาก $GA_3$ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เช่น $\alpha$-amylase และ $\beta$-amylase ซึ่งเกี่ยวข้องกับการย่อยสลายสารอาหารสะสมในเมล็ด เพื่อใช้ในกระบวนการงอก จึงทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น (Copeland และ McDonald, 1995)

## สรุปผล

การเพาะเมล็ดขนาดใหญ่ในวัสดุปลูกทำให้มีความงอกสูง มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด และต้นกล้ามีการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนการกระตุ้นความงอกของเมล็ดขนาดเล็ดโดยการแช่เมล็ดในสารละลาย $GA_3$ ความเข้มข้น 0.02% โดยให้อากาศตลอดเวลา มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการแช่เมล็ดในน้ำ RO

## เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์ และวรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย, 2551, การศึกษาชีววิทยาของหอมน้ำ *Crinum thaianum* Schulze, เอกสารวิชาการฉบับที่ 65/2551, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

วรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย และรัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์, 2551, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหอมน้ำ *Crinum thaianum* Schulze, เอกสารวิชาการฉบับที่ 58/2551, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจนรี พงษ์ฉวี, 2543, พรรณไม้น้ำสวยงาม, สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ สุนทรนวภัทร, 2555, พลับพลึงธาร: พืชหนึ่งเดียวที่ใกล้จะสูญพันธุ์ [สืบค้น], http://cmsdata.iucn.org/.../water_lilly_brochure__thai_.pdf, [29/ July/ 15].

Copeland, O.L. and Mcdonald, M.B., 1995, Seed Science and Technology. 3rd Ed., Chapman and Hall, New York.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H., 1980, Improved Equations for the Prediction of Seed Longevity, Annals of Botany, 45: 13-30.

Muhlberg, H., 1982, The Complete Guide to Water Plants, EP. Publishing Ltd., Germany.

Payal, K., Maikhuri, R.K., Rao, K.S. and Kandari, L.S., 2014, Effect of Gibberellic Acid and Water Based Pre-soaking Treatments under Different Temperatures and Photoperiods on the Seed Germination of *Allium stracheyi* Baker: an Endangered Alpine Species of Central Himalaya, India, Plant Biosystems, 148(6): 1075-1084.

Roxas, U.A., Zizzo, G.V., Agnello, S., Sciortino, A. and Iapichino, G., 1994, Effect of Seed Storage and Seed Size on Germination, Emergence and Bulblet Production of *Amaryllis belladonna* L., Acta Horticulturae, 362: 281-288.

Sershen, N., Pammenter, N.W. and Berjak, P., 2008, Post-harvest Behavior and Short- to Medium-term Storage of Recalcitrant Seeds and Encapsulated Embryonic Axes of Selected Amaryllis Species, Seed Science and Technology, 36: 133–147.

**Table 1** Germination and mean germination time of water onion in different seed sizes.

| Seed size | Germination (%) | Mean germination time (day) |
|---|---|---|
| Small | 31.3 b[1/] | 34.1 a |
| Medium | 57.3 a | 32.7 a |
| Large | 75.0 a | 27.1 b |
| CV. (%) | 41.82 | 9.89 |
| $LSD_{0.05}$ | * | * |

[1/] Means in the same column followed by the same letter are not significant at $p \leq 0.05$ by LSD

**Table 2** Seedling growth of water onion at 60 days after sowing from different seed sizes.

| Seed size | Stem length (cm) | Root number | Root length (cm) | Leaf number | Leaf length (cm) | Bulb diameter (cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Small | 2.10 b[1/] | 3.12 | 2.54 b | 0.92 | 1.73 | 0.92 b |
| Medium | 2.85 a | 4.14 | 3.84 a | 1.29 | 2.70 | 1.40 a |
| Large | 3.09 a | 4.25 | 3.22 ab | 1.48 | 3.26 | 1.56 a |
| CV. (%) | 20.07 | 23.42 | 27.18 | 36.36 | 42.16 | 23.02 |
| $LSD_{0.05}$ | * | ns | * | ns | ns | * |

[1/] Means in the same column followed by the same letter are not significant at $p \leq 0.05$ by LSD

**Table 3** Germination and mean germination time of small water onion seeds by germination enhancement.

| Treatment | Germination (%) | Mean germination time (day) |
|---|---|---|
| Soaking seeds in RO water | 40.0 ± 4.08 | 28.7 a[1/] ± 0.67 |
| Soaking seeds in 0.02% $GA_3$ solution | 45.0 ± 4.08 | 22.4 b ± 0.62 |
| T-test | 1.23 | 10.52 |
| P-value | ns | * |

[1/] Means in the same column followed by the same letter are not significant at $p \leq 0.05$ by T-test

# อิทธิพลของการแช่เมล็ดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ก่อนเพาะต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวภายใต้สภาพความเครียดเกลือ

# Effect of Seed Pre-Soaking by KCl on Germination and Seedling Growth of Rice under Salt Stress

**ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช[1] พรทิพย์ ศรีมงคล[1] วิมลนันทน์ กันเกตุ[1] และ พุทธิภณ ศิริมูล[1]**

Sitthaphanit, S.[1] Srimongkol, P.[1] Kanket, W.[1] and Sirimoon, P.[1]

## Abstract

Salinity affects germination and seedling growth of rice, seed pre-treatment such as pre-soaking by KCl is effective practice to improve seed germination of several crop species under saline condition. The objective of this experiment was to study the effect of seed pre-soaking with 5 levels of KCl solution (0, 67.5, 135, 202.5 and 270 mM) on germination and early seedling growth of rice against 4 levels of salinity (0, 50, 100 and 200 mMNaCl). RD6 cultivar rice seeds were pre-soaked with KCl solution for 12 h. After pre-soaking, seeds were germinated in petri dishes with NaCl solution.The results show that pre-soaking with KCl and salinity level did not affect germination percentage. However, increased salinity level to 100 mM led to reduction in seedling length, root number and seedling dry weight. KCl pre-soaking increased seedling length, root length and seedling dry weight. The result indicated that pre-soaking with KCl solution improved seedling tolerant and growth of rice under saline condition.

**Keywords:** rice, salt stress, KCl, seedling growth

## บทคัดย่อ

ความเค็มมีผลกระทบต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ก่อนเพาะโดยการแช่เมล็ดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการช่วยเพิ่มความงอกของพืชหลายๆ ชนิดในสภาพที่มีความเค็ม วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของการแช่เมล็ดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์5 ระดับ (0, 67.5, 135, 202.5 and 270 mM)ต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวในความเค็ม 4 ระดับ (0, 50, 100 and 200 mMNaCl) เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ กข6 ถูกแช่ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์12 ชั่วโมงก่อนเพาะ หลังจากนั้นนำเมล็ดข้าวไปเพาะในจานเลี้ยงเชื้อด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ผลการทดลองพบว่าการแช่เมล็ดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์และความเค็มไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก อย่างไรก็ตามเมื่อระดับความเค็มสูงถึง 100 mMทำให้ความยาวต้นกล้า จำนวนรากและน้ำหนักแห้งต้นกล้าลดลง การแช่เมล็ดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ก่อนเพาะเพิ่มความยาวต้นกล้า ความยาวรากและน้ำหนักแห้งราก ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการแช่เมล็ดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ก่อนเพาะช่วยเพิ่มความทนทานและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวในสภาพความเค็ม

**คำสำคัญ**: ข้าว ความเครียดเกลือ โพแทสเซียมคลอไรด์ การเติบโตของต้นกล้า

## คำนำ

ความเค็มมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชที่ปลูกภายใต้สภาพดินเค็มจะแสดงอาการขาดน้ำมีการสะสมไอออนที่เป็นพิษต่อพืชทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ มีผลผลิตต่ำนอกจากนี้ความเค็มยังมีผลทำให้ความงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าลดลง (Murillo-Amador และคณะ, 2002) การทำ seed priming หรือการแช่เมล็ดก่อนเพาะช่วยเพิ่มคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้นเพิ่มอัตราการงอก เพิ่มความทนทานต่อสภาพแห้งแล้งและดินเค็มต้นกล้าที่ได้มีความสม่ำเสมอและแข็งแรง (Sivritepe และคณะ, 2003) การทำ seed priming หรือการแช่เมล็ดก่อนเพาะสามารถทำได้โดยแช่ในน้ำหรือสารละลายอื่นๆ เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์หรือโพแทสเซียมคลอไรด์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีปัญหาพื้นที่ทำการเกษตรเป็นพื้นที่ดินเค็มซึ่งส่งผลต่อ

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, ChalermphrakiatSakonNakhon Province Campus, SakonNakhon, 47000, Thailand

ผลผลิตข้าวและความงอกของข้าวในสภาพดังกล่าว การแช่เมล็ดก่อนเพาะด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อาจช่วยเพิ่มความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวในสภาพความเค็มได้ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการแช่เมล็ดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ก่อนเพาะต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวภายใต้สภาพความเครียดเกลือ

## อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design 3 ซ้ำ ศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ใช้แช่เมล็ดก่อนเพาะ 5 ระดับ (0, 67.5, 135, 202.5 และ 270 mM) และ ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 4 ระดับ (0, 50, 100 และ 200 mM) ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดข้าวพันธุ์ กข6 แช่ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ตามตำรับการทดลองเป็นเวลา 12 ชั่วโมงจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วนำเมล็ดไปเพาะโดยวางเมล็ดบนกระดาษเพาะในจานเลี้ยงเชื้อจำนวน 20 เมล็ดต่อซ้ำ ให้ความชื้นโดยเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันตามตำรับการทดลองปริมาตร 10 มิลลิลิตรต่อจาน เก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอก ความยาวต้นกล้า ความยาวราก จำนวนรากและน้ำหนักแห้งต้นกล้าที่อายุ 9 วันหลังเพาะ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

## ผลการทดลอง

### เปอร์เซ็นต์ความงอก

การแช่เมล็ดข้าวในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 12 ชั่วโมงก่อนเพาะ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม โดยทุกตำรับการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความงอกระหว่าง 97.5-100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าว โดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอกระหว่าง 98.0-99.3 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

### ความยาวต้นกล้า

การแช่เมล็ดข้าวด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ก่อนเพาะทำให้ความยาวต้นกล้าเพิ่มขึ้นมากกว่าตำรับควบคุม13 - 27 %โดยที่ระดับโพแทสเซียมคลอไรด์ 202.5 mM ต้นกล้าข้าวมีความยาวมากที่สุด (6.6 ซม.) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ 67.5 mM (6.3 ซม.) ส่วนตำรับควบคุมมีความยาวต้นกล้าน้อยที่สุดที่ 5.2 ซม. และยังพบว่าระดับความเค็มมีผลต่อความยาวต้นกล้าข้าวโดยพบว่าที่ระดับโซเดียมคลอไรด์ 200 mM ต้นกล้าข้าวมีความยาวน้อยที่สุดที่ 2.8 ซม. อย่างไรก็ตามการแช่เมล็ดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ก่อนเพาะทำให้ความยาวต้นกล้าเพิ่มขึ้นในทุกระดับความเค็มเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (Figure 1) โดยที่ระดับความเค็มสูงสุดที่ 200 mM ต้นกล้าข้าวมีความยาวมากที่สุดเมื่อแช่เมล็ดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 202.5 mM

### ความยาวรากและจำนวนราก

การแช่เมล็ดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ก่อนเพาะทำให้มีความยาวรากเพิ่มมากขึ้นถึง 15-26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (Table 1) และยังพบว่าความยาวรากข้าวลดลงเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์สูงถึง 200 mM อย่างไรก็ตามที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 200 mM ความยาวรากเพิ่มมากขึ้นเมื่อแช่เมล็ดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ก่อนเพาะ (Figure 1) การแช่เมล็ดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ก่อนเพาะไม่ทำให้จำนวนรากแตกต่างกันทางสถิติโดยทุกตำรับการทดลองมีจำนวนรากอยู่ระหว่าง 6.2-6.8 ราก (Table 1) และเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์สูงถึง 100 mM จะทำให้จำนวนรากลดลง และที่ระดับความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ที่ 200 mM มีจำนวนรากน้อยที่สุดโดยมีจำนวนรากที่ 4.1 ราก (Table 1)

### น้ำหนักแห้งต้นกล้า

น้ำหนักแห้งต้นกล้าข้าวสูงสุดเมื่อแช่เมล็ดก่อนเพาะด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 202.5 mM โดยมีน้ำหนักแห้ง 7.2 มก./ต้น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการแช่โพแทสเซียมคลอไรด์ที่ 270 และ 135 mM ที่มีน้ำหนักแห้ง 6.8 และ 6.6 มก./ต้น ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักแห้งที่น้อยที่สุดคือตำรับควบคุม มีน้ำหนักแห้ง 5.9 มก./ต้น (Table 1) ระดับความเค็มส่งผลต่อน้ำหนักแห้งต้นกล้าโดยตำรับการทดลองที่ได้รับโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 200 mM มีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด (2.9 มก./ต้น) ในขณะที่ตำรับควบคุมมีน้ำหนักแห้ง 8.0 มก./ต้น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับโซเดียมคลอไรด์ที่ 50 mM ที่มีน้ำหนักแห้ง 8.5 มก./ต้น และยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ 200 mM การแช่เมล็ดด้วย

โพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 67.5, 135 และ 202.5 mM ทำให้ต้นกล้ามีน้ำหนักแห้งสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้แช่ (Figure 1)

## วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองพบว่าระดับความเค็มที่ใช้ในการทดลองนี้ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกันอย่างไรก็ตามที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่NaCl100 mMขึ้นไปทำให้ความยาวต้นกล้า ความยาวราก จำนวนรากและน้ำหนักแห้งต้นกล้าลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากความเครียดที่เกิดจากความเค็ม (Lamil และ Rha, 2007) Folkard และ Wopereis (2001) พบว่าความเค็มยังส่งผลให้เมล็ดข้าวงอกช้าลง โดยทั่วไปเมล็ดที่ผ่านการทำ seed priming หรือการแช่เมล็ดก่อนเพาะจะช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ที่จำเป็นต่อกระบวนการงอก เพิ่มอัตราการดูดน้ำส่งผลให้เมล็ดความแข็งแรงและมีอัตราการงอกเพิ่มขึ้น ในการทดลองนี้พบว่าการแช่เมล็ดข้าวในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ก่อนเพาะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้าภายใต้สภาพความเครียดเกลือได้ Ruan และคณะ (2002) พบว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการ priming ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์มีค่าดัชนีการงอกสูงขึ้น นอกจากนี้ Elouaer และ Hannachi (2012) รายงานว่าการแช่เมล็ดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ช่วยให้เมล็ดคำฝอยดูดน้ำได้มากขึ้นในสภาพความเครียดเกลือเนื่องจากโพแทสเซียมช่วยให้เมล็ดดูดน้ำได้มากขึ้นภายใต้สภาพที่มีความเค็ม

## สรุปผล

ความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโดนทำให้ความยาวต้น ความยาวราก จำนวนรากและน้ำหนักแห้งต้นกล้าลดลง การแช่เมล็ดข้าวด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 12 ชั่วโมงก่อนนำไปเพาะช่วยให้ต้นกล้าข้าวมีความแข็งแรง เจริญเติบโตและทนต่อสภาพความเค็มได้มากขึ้น โดยความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เพื่อใช้แช่เมล็ดที่ทำให้ต้นกล้าข้าวมีความทนทานต่อความเค็มมากที่สุดคือ 202.5 mM

## เอกสารอ้างอิง

Elouaer, M.A. and Hannachi, C., 2012, Seed Priming to Improve Germination and Seedling Growth of Safflower (*Carthamus tinctorius*) under Salt Stress, EurAsian Journal of BioSciences, 6: 76-84.

Folkard, A. and Wopereis, M.C.S., 2001, Responses of Field-grown Irrigatedrice Cultivars to Varying Levels of Floodwater Salinity in a Semi-aridenvironment, Field Crops Research, 70: 127-137.

Jamil, M. and Rha, E.S., 2007, Response of Transgenic Rice at Germination and Early Seedling Growth under Salt Stress, Pakistan Journal of Biological Sciences, 10: 4303-4306.

Murillo-Amador, B., Lopez-Aguilar, R., Kaya, C., Larrinaga-Mayoral, J. and Flores-Hernandez, A., 2002, Comparative Effects of NaCl and Polyethylene Glycol on Germination, Emergence and Seedling Growth of Cowpea, Journal of Agronomy and Crop Science, 188: 235-247.

Ruan, S., Xue, Q. and Thlkowska, K., 2002, Effect of Seed Priming on Germination and Health of Rice (*Oryza sativa* L.) Seeds, Seed Science and Technology, 30: 451-458.

Sivritepe, N., Sivritepe, H.O. and Eris, A., 2003, The Effects of NaCl Priming on Salt Tolerance in Melon Seedlings Grown under Saline Conditions, Scientia Horticulturae, 97: 229-237.

**Table 1** Effect of seed pre-soaking with KCl solution and salinity level on germination percentage, seedling length, root length, root number and seedling dry weight of rice

| KCl concentration (mM) (A) | germination (%) | seedling length (cm) | root length (cm) | root number | seedling dry weight (mg seedling$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 99.1 | 5.2 d[1/] | 5.4 b | 6.4 | 5.9 c |
| 67.5 | 100.0 | 6.3 ab | 6.2 a | 6.2 | 6.2 bc |
| 135 | 97.9 | 6.0 bc | 6.2 a | 6.2 | 6.6 abc |
| 202.5 | 97.5 | 6.6 a | 6.8 a | 6.8 | 7.2 a |
| 270 | 99.5 | 5.9 c | 6.3 a | 6.8 | 6.8 ab |
| NaCl concentration (mM) (B) | | | | | |
| 0 | 99.3 | 7.5 a | 7.4 a | 7.5 a | 8.0 a |
| 50 | 98.6 | 7.3 a | 7.5 a | 7.6 a | 8.5 a |
| 100 | 98.0 | 6.4 b | 7.1 a | 6.7 b | 6.9 b |
| 200 | 99.3 | 2.8 c | 2.3 b | 4.1 c | 2.9 c |
| Source of variation | | | | | |
| (A) | ns | ** | ** | ns | ** |
| (B) | ns | ** | ** | ** | ** |
| (A)*(B) | ns | ns | ns | * | ns |
| CV (%) | 2.5 | 7.0 | 13.7 | 12.6 | 12.9 |

[1/] Means labeled with the same letter in each column are not significant difference as determined by LSD ( *P* < 0.05).

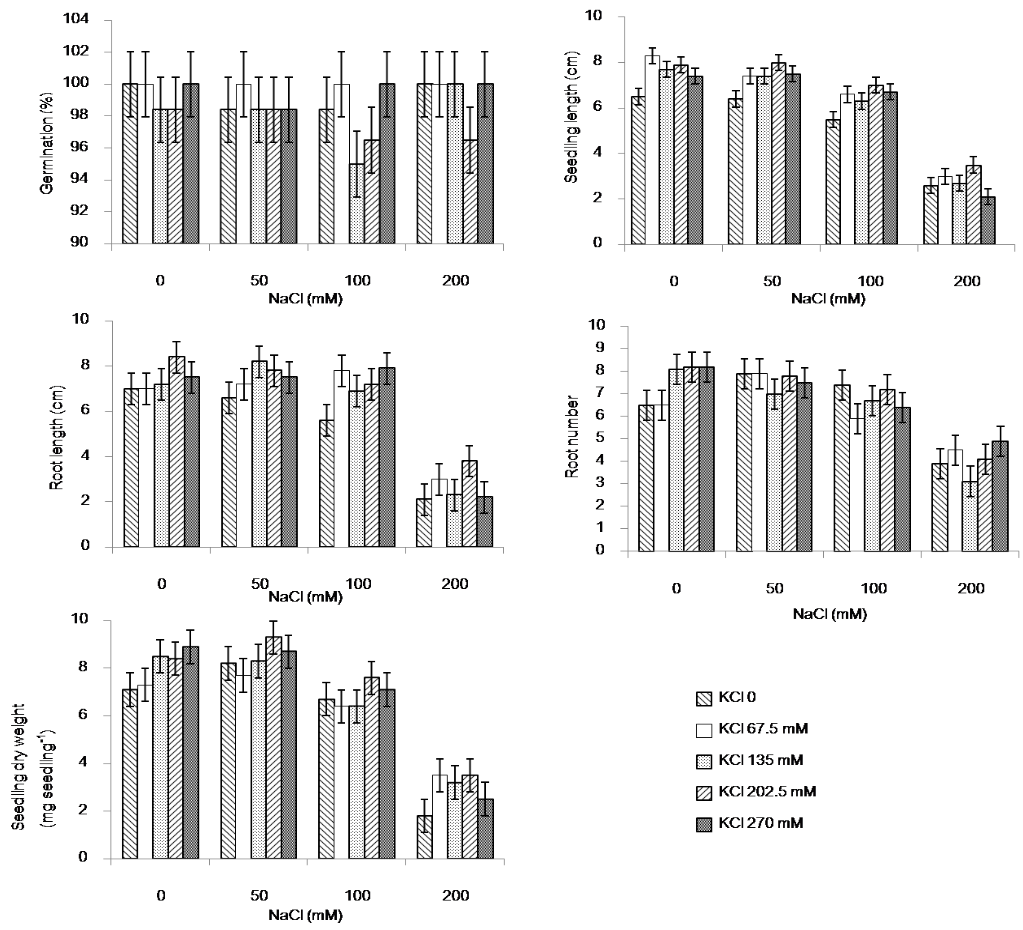



**Figure 1** Effect of KCl pre-soaking and salinity level on germination percentage, seedling length, root length, root number and seedling dry weight of rice. Bars represent LSD (P<0.05)

# การให้ปุ๋ยตามความต้องการธาตุอาหารต่อคุณภาพผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อน

## Fertilizer Application through Nutrient Requirements on Quality of Baby Corn

**ทิวาพร ผดุง[1] ภาณุมาศ โคตรพงศ์[2] ปัญจพร เลิศรัตน์[1] ศุภกาญจน์ หล่ายแปด[1] และ การิตา จงเจือกลาง[2]**

Phadung, T.[1], Kotepong, P.[2], Lertrat, P.[1], Laipad, S.[1] and Chongchuaklang, K.[2]

### Abstract

The use of plant and soil analysis can help to determine nutrient requirements to develop fertilizer recommendations to achieve optimum yield of baby corn. The amount of fertilizer was applied at 75%, 100% and 125% of nutrient requirements compared with farmer application rate (control). In this study, baby corn that received fertilizer at the rate of 75% of nutrient requirements gave the highest yields, while their qualities (color, firmness and total soluble solid), the nutritional values (vitamin C, protein, ash, fibers and moisture) was not significantly different among treatments. The nutritional values of baby corns in all treatments are in accordance with the nutritional standard of Thai Food of Public Health Ministry. Therefore, the application of fertilizer at the rate 75% of nutrient requirements could produce the highest baby corn yields and also maintain nutritional values during storage. This also reduces production cost by9.23% when compared with farmers' method.

**Keywords:** nutritional value, quality, nutrient requirements, baby corn

### บทคัดย่อ

ประเมินความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดฝักอ่อนโดยการวิเคราะห์พืชร่วมกับการวิเคราะห์ดินเพื่อพัฒนาคำแนะนำการให้ปุ๋ยเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ โดยทำการให้ปุ๋ย ดังนี้ให้ปุ๋ยอัตรา 75 100 และ 125 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการธาตุอาหารพืชเปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยของเกษตรกร (กรรมวิธีควบคุม) พบว่า การให้ปุ๋ยอัตรา75 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการธาตุอาหารพืช ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด ขณะที่คุณภาพของผลผลิต (สี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้) คุณค่าทางโภชนาการ (วิตามินซี โปรตีน เถ้า เส้นใย และปริมาณความชื้น) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และคุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดฝักอ่อนที่ได้รับปุ๋ยในแต่ละกรรมวิธีเป็นไปตามมาตรฐานคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทยของกระทรวงสาธารณสุข ดังนั้นการให้ปุ๋ยต้นข้าวโพดฝักอ่อนอัตรา 75 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการธาตุอาหารพืชให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดและไม่มีผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังลดต้นทุนการผลิตได้ 9.23 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับวิธีการให้ปุ๋ยของเกษตรกร

**คำสำคัญ**: คุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพผลผลิต ความต้องการธาตุอาหาร ข้าวโพดฝักอ่อน

### คำนำ

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นผักอุตสาหกรรมสำคัญที่มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ โดยผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนมีทั้งการแปรรูปบรรจุกระป๋อง การแช่แข็งและการบริโภคฝักสด ในปี 2557 ประเทศไทยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 194,709 ไร่ ผลผลิตรวม 285,097 ตัน คิดเป็นมูลค่าของผลผลิต 2,152 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ปัจจุบันเกษตรกรนิยมปลูกข้าวโพดฝักอ่อนกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีเทคโนโลยีการผลิตที่ไม่ยุ่งยากมีระบบตลาดที่สะดวก อีกทั้งเป็นพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นสามารถปลูกได้ปีละ 4-5 ครั้ง จึงเป็นพืชหลักที่ทำรายได้ที่ดี อย่างไรก็ตามการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนเพื่ออุตสาหกรรมหรือส่งออกนั้นปริมาณและคุณภาพผลผลิตฝักสดเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนหมุนเวียนตลอดทั้งปีต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานานมักก่อให้เกิดการขาดแคลนธาตุอาหารในดิน (กองปฐพีวิทยา, 2545) เกษตรกรควรต้องคำนึงถึงการให้ปุ๋ยในปริมาณที่ถูกต้องและเหมาะสมกับความต้องการของพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพตามความต้องการของตลาด ดังนั้นการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตโดย

[1] กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร 50 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture, 50 Phaholyothin Rd., Ladyao, Chatuchack, Bangkok, 10900

[2] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตรกรมวิชาการเกษตร 50 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, 50 Phaholyothin Rd., Ladyao, Chatuchack, Bangkok, 10900

การนำเทคนิคการวิเคราะห์พืชและดินมาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินปริมาณธาตุอาหารที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต รวมทั้งปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินเป็นวิธีที่ช่วยให้มีการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการผลิตพืช เช่นเดียวกับ Stewart (2002) ที่กล่าวว่า การจัดการปุ๋ยให้เพียงพอกับความต้องการของพืชและให้ปุ๋ยทด แทนเท่ากับปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปในระหว่างการปลูกพืชเป็นวิธีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย โดยการให้ธาตุอาหารพืชควรมีการจัดการให้พืชได้รับธาตุอาหารที่มีปริมาณเพียงพอต่อการเจริญเติบโตให้ผลผลิตดีและคุณภาพของผลผลิตได้มาตรฐาน ดังนั้นการทดลองนี้จึงทำการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดฝักอ่อนที่ให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์พืชและดินเพื่อเป็นแนวทางการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมและคุ้มค่ากับการผลิต

## อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกแปลงเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน Good agricultural practice (GAP) ที่ผลิตเพื่อการส่งออกในพื้นที่ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม สุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกแล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีดิน (pH, EC, OM, Avail. P, Exch. K Ca และ Mg) ตามวิธีของ AOAC (1990) ผลวิเคราะห์ดินเป็นดินร่วน pH เป็นด่างปานกลาง (8.08) EC 0.32 dS/m มีปริมาณ OM ต่ำ (1.92%) Avail. Pสูงมาก (272.53 มก./กก.) Exch. K ปานกลาง (77.5 มก./กก.) Exch. Ca สูงมาก (3,259.47 มก./กก.) และ Exch. Mg ปานกลาง (139.88 มก./กก.) หลังจากนั้นกำหนดอัตราการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์พืชและดินปลูกข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ SG20ซุปเปอร์ แบบแถวคู่ ระยะปลูก 40 x 50 x 75 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 4 กรรมวิธี คือ 1) ให้ปุ๋ยตามวิธีการของเกษตรกร (control) (36N-8$P_2O_5$-8$K_2O$) 2) ให้ปุ๋ยอัตรา75 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการธาตุอาหารพืช (24 N-8$P_2O_5$-17$K_2O$) 3) ให้ปุ๋ยอัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ ของความต้องการธาตุอาหารพืช(32N-11$P_2O_5$-23$K_2O$) และ 4) ให้ปุ๋ยอัตรา 125 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการธาตุอาหารพืช (40N-14$P_2O_5$-29$K_2O$) ทำการบันทึกผลการทดลองในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ได้แก่ ปริมาณผลผลิต สีฝัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด วิตามินซี โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า เส้นใย และความชื้น

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### ปริมาณผลผลิต

ข้าวโพดฝักอ่อนที่ได้รับปุ๋ยในแต่ละกรรมวิธีมีน้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือกและปริมาณผลผลิตต่อไร่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวโพดฝักอ่อนที่ให้ปุ๋ยอัตรา 75% ของความต้องการธาตุอาหารพืชให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกต่อต้น น้ำหนักฝักปอกเปลือกต่อต้นและปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด คือ 33.76 กรัมต่อต้น 16.88 กรัมต่อต้น และ 648.2 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ขณะที่ต้นข้าวโพดฝักอ่อนที่ให้ปุ๋ยตามกรรมวิธีของเกษตรกร (control) ให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือกต่อต้นและปริมาณผลผลิตต่อไร่ต่ำที่สุด คือ 29.86 กรัมต่อต้น 14.93 กรัมต่อต้น และ 573.3 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การให้ปุ๋ยในอัตรา 75 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการธาตุอาหารพืชสามารถให้ปริมาณผลผลิตต่อไร่ได้สูงกว่าวิธีการให้ปุ๋ยของเกษตรกรที่ใช้กันในปัจจุบัน

### คุณภาพผลผลิต

ข้าวโพดฝักอ่อนที่ให้ปุ๋ยอัตรา 75% ของความต้องการธาตุอาหารพืช มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างจากการให้ปุ๋ยตามกรรมวิธีของเกษตรกร (control) เช่นเดียวกับความแน่นเนื้อและ TSS ที่พบว่า การให้ปุ๋ยในแต่ละกรรมวิธีให้ความแน่นเนื้อของฝักระหว่าง 15.03-16.00 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีค่า TSS 7.70-7.887 $^{o}$Brix ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับการให้ปุ๋ยอัตรา 100% ของความต้องการธาตุอาหารพืชพบว่า ให้ปริมาณน้ำตาลในฝักสูงที่สุด คือ 4.84 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Table 3)

### คุณค่าทางโภชนาการ

ข้าวโพดฝักอ่อนที่ได้รับปุ๋ยในทุกกรรมวิธีให้วิตามินซี โปรตีน เถ้า เส้นใย และความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณวิตามินซี 0.64 - 0.69 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ปริมาณโปรตีน 2.10-2.29 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ปริมาณเถ้า 0.51-0.56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ปริมาณเส้น 1.67-1.78 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และปริมาณความชื้น 89.95-90.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ปริมาณไขมันและปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่กรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและพืชมีปริมาณไขมันและปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุดคือ 0.36 และ 7.07 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ

ของข้าวโพดฝักอ่อนจากการทดลองในทุกกรรมวิธี พบว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทยของกระทรวงสาธารณสุข (Table 4) (กองโภชนาการ, 2544)

## สรุปผล

การให้ปุ๋ยข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ SG 20 ซุปเปอร์ ในอัตรา 75% ของความต้องการธาตุอาหารพืชให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือกและปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด ในส่วนของคุณภาพของผลผลิต (สี ความแน่นเนื้อ TSS) คุณค่าทางโภชนาการ (วิตามินซีโปรตีนเถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรตและปริมาณความชื้น) เป็นไปตามมาตรฐานคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทยของกระทรวงสาธารณสุข และเมื่อคำนวณต้นทุนการผลิตการให้ปุ๋ยอัตรา 75% ของความต้องการธาตุอาหารพืชสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ 9.23 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยของเกษตรกร

## เอกสารอ้างอิง

กองปฐพีวิทยา, 2545, คำแนะนำการใช้ปุ๋ยพืชสวนอย่างมีประสิทธิภาพ, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2544, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก,กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558, สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2557, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ.

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis.16th edn.”Association of official Agricultural Chemists, Washington D.C.

Stewart, W.M. 2002, Nutrient Balance in the Great Plains Region, News and Views, [Online], Available: http://www.ipni.net/ppiweb/ppinews.nsf/0450BD8B7F288D2185256C7200590ADA/$file/Nutrient+Balance.pdf [June 25, 2012].

**Table 1** The detail of fertilizer application schedules.

| Treatment | Fertilizer application (kg/rai) | | |
|---|---|---|---|
| | 0 DAS[1] | 25 DAS | 45 DAS |
| Control | 17N-8$P_2O_5$-8$K_2O$ | 9N | 9N |
| 75% fertilizer rate of nutrient requirements | 12N-8$P_2O_5$-8$K_2O$ | 12N-9$K_2O$ | - |
| 100% fertilizer rate of nutrient requirements | 16N-11$P_2O_5$-11$K_2O$ | 16N-12$K_2O$ | - |
| 125% fertilizer rate of nutrient requirements | 20N-14$P_2O_5$-14$K_2O$ | 20N-15$K_2O$ | - |

1/ DAS = Days after sowing

**Table 2** Yield and yield component of baby corn as affect by different rate of fertilizer.

| Treatment | Weight of ear (g/plant)[1] | | Yield (kg/rai)[1] |
|---|---|---|---|
| | with husk | without husk | |
| Control | 29.86b | 14.93b | 573.3b |
| 75% fertilizer rate of nutrient requirements | 33.76a | 16.88a | 648.2a |
| 100% fertilizer rate of nutrient requirements | 32.12ab | 16.06b | 616.7ab |
| 125% fertilizer rate of nutrient requirements | 32.02b | 16.01b | 614.8ab |
| F-test | * | * | * |

1/ Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using LSD.

* = significantly different at $P < 0.05$

**Table 3** The quality of baby corn as affect by different rate of fertilizer.

| Treatment | Ear color[1] | | | Firmness | TSS | Total sugar[1] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* | (kg/cm$^2$) | ($^o$Brix) | (g/100g) |
| Control | 77.93a | 0.92b | 37.74 | 15.87 | 7.83 | 4.72a |
| 75% fertilizer rate of nutrient requirements | 77.09ab | 1.54ab | 35.65 | 15.63 | 7.87 | 4.49b |
| 100% fertilizer rate of nutrient requirements | 75.40b | 1.39ab | 33.59 | 16.00 | 7.77 | 4.84a |
| 125% fertilizer rate of nutrient requirements | 76.61ab | 2.04a | 34.71 | 15.75 | 7.70 | 4.62b |
| F-test | * | * | ns | ns | ns | * |

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using LSD.

* = significantly different at $P < 0.05$

ns = non significant

**Table 4** The nutritional values of baby corn as affect by different rate of fertilizer.

| Treatment | Nutritional value (g/100g)[1] | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | vit. C | protein | carbohydrate | dietary fiber | fat | ash | moisture |
| Control | 0.69 | 2.11 | 6.74b | 1.78 | 0.24b | 0.51 | 90.40 |
| 75% fertilizer rate of nutrient requirements | 0.64 | 2.29 | 6.52b | 1.67 | 0.33a | 0.54 | 90.32 |
| 100% fertilizer rate of nutrient requirements | 0.67 | 2.10 | 7.07a | 1.76 | 0.36a | 0.52 | 89.95 |
| 125% fertilizer rate of nutrient requirements | 0.68 | 2.22 | 6.33b | 1.67 | 0.26b | 0.56 | 90.63 |
| F-test | ns | ns | * | ns | * | ns | ns |

[1/] Mean values followed by the same letters in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ using LSD.

* = significantly different at $P < 0.05$

ns = not significant

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 653-656 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 653-656 (2558)

# ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์พลาสติกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งระหว่างการจำลองอุณหภูมิเก็บรักษาและวางจำหน่าย

# Effects of Plastic Bags on Quality Changes in Green Asparagus during Simulating Storage and Retailing Temperature Conditions

ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร[1] และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[2,3]

Techavuthiporn, C.[1] and Boonyaritthongchai, P.[2,3]

## Abstract

Green asparagus was placed in different type of plastic bag (Oriented Polypropylene (OPP), Polypropylene (PP) and Polyethylene (PE) with a thickness of 40 µm) to create different atmosphere conditions. Another set of sample was unpacked represented as control. All samples were moved to store at 4ºC for 8 days subsequent shelf-life simulation at 10 ºC for 9 days. Atmosphere composition ($O_2$ and $CO_2$ gas), weight loss (%), total sugar content, and shear force were determined. Throughout the storage period, weight loss increased to about 10% in package OPP and PP on day 8+9 and about 8% in control on day 8+3. $O_2$ level decreased from the initial values to 5% in OPP and PP and to 10% in PE package. $CO_2$ level increased to about 10% in OPP and PP and about 5% in PE package. At the end of the 8+9 day storage period, the spears packed in PE bag significantly had a better firmness, and total sugar contents. Moreover shelf life of sample in control, OPP, PP and PE was 8, 11, 12 and 14 days, respectively.

**Keywords:** asparagus, modified atmosphere packaging, simulation, quality

## บทคัดย่อ

ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ โดยบรรจุหน่อไม้ฝรั่งในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ ได้แก่ Oriented Polypropylene (OPP), Polypropylene (PP) และ Polyethylene (PE) ความหนา 40 ไมครอน และไม่บรรจุ คือ ชุดควบคุม นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน และย้ายไปเก็บที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน ทำการวิเคราะห์ ก๊าซภายในภาชนะบรรจุ การสูญ เสียน้ำหนัก (%) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และ ค่าแรงเฉือน พบว่า ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา การสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งในถุงชนิด OPP และ PP เพิ่มขึ้น 10% ชนิด PE เพิ่มขึ้น 8% ในวันที่ 8+9 และชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนัก 8% ในวันที่ 8+3 ความเข้มข้นก๊าซออกซิเจนลดลงจากค่าเริ่มต้นและเข้าสู่สมดุลก๊าซ 5% สำหรับถุงชนิด OPP และ PP และ 10% สำหรับถุงชนิด PE ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นและเข้าสู่สมดุลก๊าซ 10% สำหรับถุงชนิด OPP และ PP และ 5% สำหรับถุงชนิด PE ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถุงชนิด PE มีค่าความแน่นเนื้อ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มากกว่าชุดการทดลองอื่น อย่างมีนัยสำคัญ โดยหน่อไม้ฝรั่งในชุดการทดลองควบคุม OPP PP และ PE พบว่า มีอายุการเก็บรักษา 8 11 12 และ 14 วัน ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: หน่อไม้ฝรั่ง บรรจุภัณฑ์บรรยากาศดัดแปร การจำลองสภาวะ คุณภาพ

## คำนำ

หน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinalis* L.) เป็นผลิตผลที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวที่สั้น เนื่องจากมีอัตราการหายใจอยู่ในระดับสูง ประมาณ 60 mg $CO^2$ $kg^{-1}h^{-1}$ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (Thompson, 1996) ดังนั้น ในทางการค้าจึงได้มีการตั้งเป้าหมายของการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวให้ได้นานที่สุด Bhowmik และคณะ (2000) จำลองอุณหภูมิการเก็บรักษา

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จ.สมุทรปราการ 10540

[1] Division of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samutprakarn 10540

[2] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[2] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[3] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok, 10400

พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ก่อนนำไปตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำตาลมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

เนื่องจากเหตุผลข้างต้น เทคโนโลยีที่ไม่สลับซับซ้อนสำหรับการยืดอายุของผลิตผลสดภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging; MAP) โดยก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาของการบรรจุ เนื่องจากอัตราการหายใจ รวมไปถึงคุณสมบัติด้านการซึมผ่านของก๊าซของบรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้ (Techavuthiporn และคณะ, 2008)

MAP เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถชะลอการเสื่อมสภาพและยืดอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งได้ (Thompson, 1996) โดยการลดอัตราการหายใจ และคงคุณภาพต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจด้านความสดจากผู้บริโภค ได้แก่ การเหี่ยว ความเหนียว และการสูญเสียคุณค่าทางอาหาร เป็นต้น การคัดเลือกชนิดของพลาสติก และคุณสมบัติของพลาสติก ให้เหมาะสมกับหน่อไม้ฝรั่งภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งที่สำคัญ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาผลของการบรรจุหน่อไม้ฝรั่งภายใต้บรรยากาศดัดแปลง โดยใช้พลาสติกแต่ละชนิด ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการจำลองอุณหภูมิของการจัดการหน่อไม้ฝรั่งภายหลังการเก็บเกี่ยว

## อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้หน่อไม้ฝรั่งสด ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร (เกรดเอ) จากนั้นคัดเลือกคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง แล้วตัดโคนของหน่อไม้ฝรั่งเพื่อให้ได้หน่อไม้ฝรั่งที่มีความยาว 18 เซนติเมตร จากส่วนยอด ทำการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยกำหนดให้แต่ละทรีทเมนต์ของการทดลองมี 4 ซ้ำ ทำการทดลองใช้หน่อไม้ฝรั่งวางลงบนถาดโฟม 120 กรัม ต่อถาด บรรจุลงในถุงพลาสติก (ชนิด Polypropylene; PP, Oriented Polypropylene; OPP และ Polyethylene; PE ความหนา 40 ไมครอน) โดยกำหนดให้ขนาดถุงเท่ากับ 6 x 9 นิ้ว และไม่บรรจุในถุงพลาสติก (ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และนำไปเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน โดยทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระหว่างการจำลองสภาวะการเก็บรักษา ดังนี้ ความเข้มข้นของก๊าซในบรรจุภัณฑ์ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล ความเนื้อสัมผัส (ค่าแรงเฉือน) และอายุการเก็บรักษา

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของชนิดพลาสติกต่อความเข้มข้นก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพลาสติกแต่ละชนิด (Figure 1) โดยสมดุลของก๊าซออกซิเจนที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เท่ากับ 11.56% และ 5.69% และ 6.43% สำหรับพลาสติกชนิด PE OPP และ PP ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า เริ่มเข้าสู่สมดุลตั้งแต่วันที่ 6 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.57% 11.78% และ 4.83% ตามลำดับ ซึ่งพลาสติกชนิด OPP และ PP มีคุณสมบัติในการซึมผ่านของก๊าซน้อยกว่าพลาสติกชนิด PE โดยคุณสมบัติดังกล่าวนี้ส่งผลให้พลาสติกชนิด OPP และ PP มีปริมาณก๊าซออกซิเจนที่น้อยกว่าและมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากกว่า พลาสติกชนิด PE

การบรรจุหน่อไม้ฝรั่งในถุงพลาสติก PE สามารถลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักสดได้ดีกว่าการบรรจุหน่อไม้ฝรั่งในถุงพลาสติกชนิด OPP และ PP (Figure 2) ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้ผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยวมีการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว อาจเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำ ซึ่งการเก็บรักษาผลผลิตภายในบรรจุภัณฑ์พลาสติก พบว่า ช่วยลดการสูญเสียน้ำได้ เนื่องจากภายในบรรจุภัณฑ์มีความชื้นสูง อีกทั้งยังมีผลจากสภาพบรรยากาศดัดแปร ซึ่งมีผลต่อการชะลอการคายน้ำของผลิตผล ประกอบกับความแตกต่างของคุณสมบัติในการยอมให้มีการซึมผ่านของไอน้ำ ของฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิด (Villanueva และคณะ, 2005) โดยคุณสมบัติดังกล่าวจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของฟิล์มพลาสติกที่เลือกใช้ โดยพลาสติกชนิด PP OPP และ PE มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ 7.78, 1.93 และ 8.71 g $m^{-2}$ $day^{-1}$ (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90%) ตามลำดับ

การบรรจุในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ มีผลต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลของหน่อไม้ฝรั่งในระหว่างการเก็บรักษา (Figure 2) หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกมีอัตราการสูญเสียน้ำตาลที่น้อยกว่าการไม่บรรจุ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการลดลงของการหายใจภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปร (Figure 1) การชะลอการสูญเสียน้ำตาลของหน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PE มีประสิทธิภาพดีกว่าการบรรจุในถุงพลาสติกชนิดอื่น สอดคล้องกับความเข้มข้นก๊าซในถุงพลาสติก เช่นเดียวกับการทดลองในการเก็บรักษาแครอทในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ (Workneh และคณะ, 2001)

สำหรับค่าแรงเฉือน จากการทดลอง พบว่า ค่าแรงเฉือนของหน่อไม้ฝรั่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 30% ของค่าแรงเฉือนเริ่มต้น (Figure 3) โดยทั่วไปแล้วการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งจะส่งผลให้มีความเหนียวเกิดขึ้น การบรรจุหน่อไม้ฝรั่งในถุงพลาสติกสามารถชะลอการเสื่อมสภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของหน่อไม้ฝรั่งได้ดีกว่าการไม่บรรจุ ซึ่งการไม่บรรจุนั้นส่งผลต่อการนิ่มเละในวันที่ 3 (8+3) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ค่าแรงเฉือนอาจมีค่าที่สูงกว่าชุดการทดลองอื่นภายหลังจากวันที่ 8 ของการเก็บรักษา สังเกตได้จากการลดลงของค่าแรงเฉือนของหน่อไม้ฝรั่งบรรจุในถุงพลาสติก OPP ที่มีค่าลดลงเมื่อวันที่ 9 (8+9) เมื่อเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ได้มีงานวิจัยที่นำเสนอผลของความเข้มข้นก๊าซออกซิเจนต่ำ 5-10% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง 10-15% จะส่งผลต่อความเสียหายต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง (Gorris และ Peppelenbos, 1992) ซึ่งการใช้พลาสติกชนิด OPP และ PP มีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับที่สูงกว่าพลาสติกชนิด PE อาจจะเป็นสาเหตุทำให้เนื้อเยื่อของหน่อไม้ฝรั่งถูกทำลายและเกิดความเสียหายได้เนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงทำให้มีค่าแรงเฉือนที่น้อยกว่าหน่อไม้ฝรั่งในชุดการใช้พลาสติกชนิด PE

อายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่งพบว่า ชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 8.67 วัน ในขณะที่หน่อไม้ฝรั่งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด OPP, PP, และ PE มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 12.33, 11.67 และ 14 วัน ตามลำดับ (Figure 3)

## สรุปผล

การบรรจุหน่อไม้ฝรั่งในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา โดยในวันที่ 8+3 ชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 7.61% สำหรับการบรรจุในถุงพลาสติกชนิด OPP PP และ PE มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 6% ความเข้มข้นก๊าซภายในถุงพลาสติกแสดงให้เห็นว่าถุงชนิด PE มีสมดุลของก๊าซที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่ง มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 10.72% และ 5.26% โดยเป็นระดับที่ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อหน่อไม้ฝรั่ง จึงทำให้สามารถชะลอการสูญเสียน้ำตาลทั้งหมดได้ รวมไปถึงการยืดอายุการวางจำหน่ายของหน่อไม้ฝรั่งได้ ซึ่งการบรรจุในถุง PE หน่อไม้ฝรั่งมีคุณภาพที่ดีกว่า และมีอายุการวางจำหน่ายที่มากกว่าชุดควบคุมถึง 5 วัน


## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนทุนวิจัย อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย รวมทั้งสนับสนุนการนำเสนอผลงานครั้งนี้


## เอกสารอ้างอิง


Bhowmik, K. P., Mastsui, T. and Kawada, K., 2000, Textural and Compositional Changes of Asparagus spears during Storage at 1 C and Subsequent Senescence at 25 C, Pakistan Journal of Biological Science, 3(5): 787-790.

Gorris, L.G.M. and Peppelenbos, H.W., 1992, Modified Atmosphere and Vacuum Packaging to Extend the Shelf Life of Respiring Food Products, HortTechnology, 2: 303-309.

Techavuthiporn, C., Nakano, K. and Maezawa, S., 2008, Prediction of Ascorbic Acid Content in Broccoli Using a Model Equation of Respiration, Postharvest Biology and Technology, 47: 373-381.

Thompson, A.K., 1996, Postharvest Technology of Fruit and Vegetables, Blackwell Science Ltd., Victoria, 410 p.

Villanueva, M.J., Tenorio, M.D., Sagardoy, M., Redondo, A. and Saco, M.D., 2005, Physical, Chemical Histological and Microbiological Changes in Fresh Green Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) Stored in Modified Atmosphere Packaging, Food Chemistry, 91: 609-619.

Workneh, T.S., Osthoff, G. and Steyn, M.S., 2001, Effect of Modified Atmosphere Packaging on Microbiological, Physiological and Chemical Qualities of Stored Carrot, Journal of Food Technology in Africa, 6: 138-143.

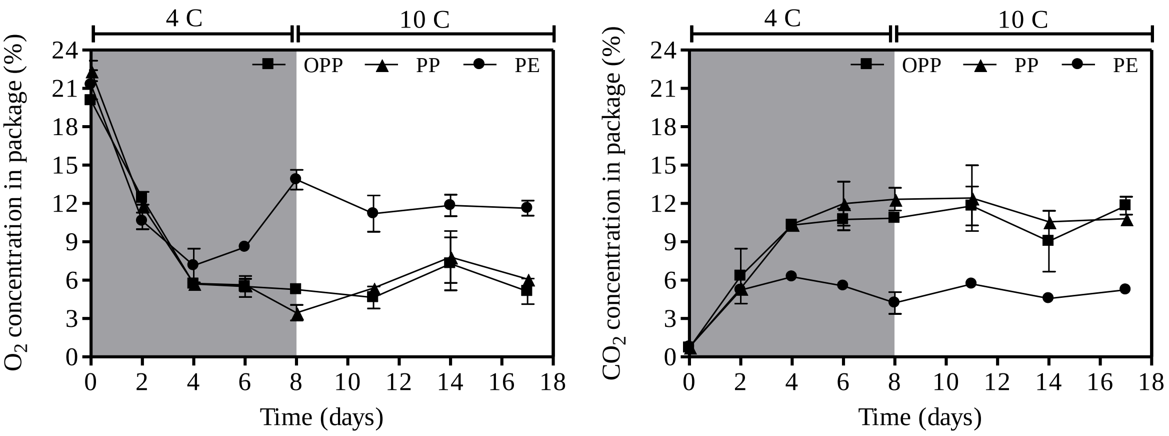



Figure 1 Changes in $O_2$ (left) and $CO_2$ (right) in packaged green asparagus with Oriented Polypropylene (OPP), Polypropylene (PP) and Polyethylene (PE) during 8 days at 4 °C followed by 9 days at 10°C.

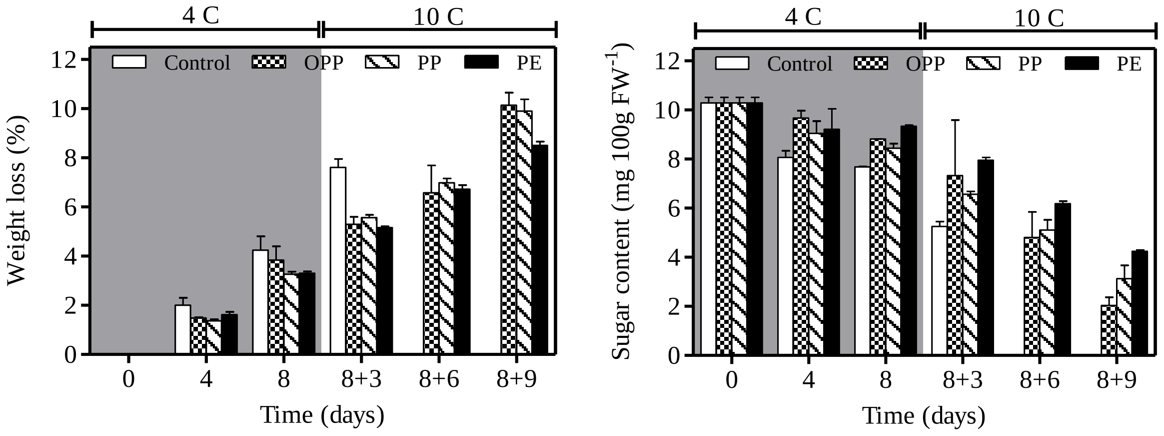



Figure 2 Changes in weight loss (left) and total sugar content (right) of unpacked green asparagus (control) and packed green asparagus with Oriented Polypropylene (OPP), Polypropylene (PP) and Polyethylene (PE) during 8 days at 4 °C followed by 9 days at 10 °C.

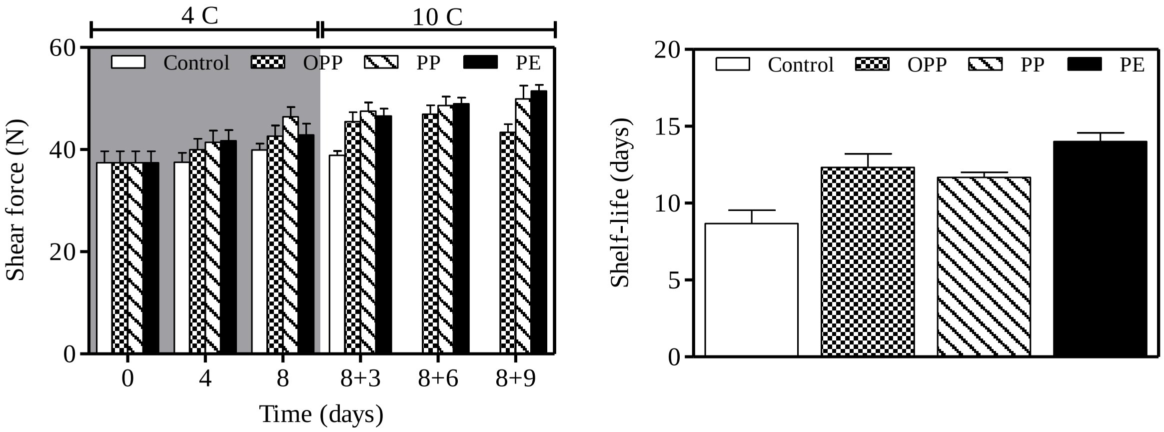



Figure 3 Texture change (left) and shelf-life (right) of unpacked green asparagus (control) and packed green asparagus with Oriented Polypropylene (OPP), Polypropylene (PP) and Polyethylene (PE) during 8 days at 4 °C followed by 9 days at 10 °C.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 657-660 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 657-660 (2558)

# การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูที่ผ่านการอบด้วยลมร้อน

## Microbiological Change of Fresh-cut 'Kimju' Guava as Affected by Hot Air Treatment

**ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร**[1] **และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล**[2]
Techavuthiporn, C.[1] and Poubol, J.[2]

### Abstract

This research was aimed to determine the effect of hot air at 40, 50, and 60 °C for 10 and 30 minutes on microbiological changes of fresh-cut 'Kimju' guava. Results showed that at the initial day of storage, total microbial, coliforms, lactic acid bacteria, yeasts and molds were about 2.2-2.5, 2.2-2.4, 1.8-2.3, and 0.4-2.8 Log CFU/g, respectively. After storage at 10 °C, total microbial and coliforms rapidly increased with storage time. Lactic acid bacteria, yeasts and molds slightly increased. At the 6 days of storage, fresh-cut guava had the total microbial, coliforms, lactic acid bacteria, yeasts and molds counts of about 5.2-6.5, 4.8-6.2, 1.1-2.8, and 1.6-2.6 Log CFU/g, respectively. Hot air treatment at 40 °C for 10 minutes delayed to delay total microbial, coliforms and lactic acid bacteria compared to the other treatments.
**Keywords**: fresh-cut 'Kimju' guava, hot air, microorganisms

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการอบชิ้นฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจู ที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 และ 30 นาทีต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่า ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาฝรั่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา อยู่ในช่วง 2.2-2.5, 2.2-2.4, 1.8-2.3 และ 0.4-2.8 Log CFU/g ตามลำดับ ภายหลังจากที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าฝรั่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างเพียงเล็กน้อย ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่าฝรั่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา อยู่ในช่วง 5.2-6.5, 4.8-6.2, 1.1-2.8 และ 1.6-2.6 Log CFU/g ตามลำดับ การอบชิ้นฝรั่งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และ แลคติกแอซิดแบคทีเรียได้ดีกว่าการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิอื่น ๆ
**คำสำคัญ**: ฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจู ลมร้อน จุลินทรีย์

### คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคนิยมหันมาบริโภคฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) กันมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว มีเนื้อสัมผัสกรอบ อุดมไปด้วยวิตามิน เกลือแร่ เส้นใย และสารต้านอนุมูลอิสระ (Singh, 2011) อีกทั้งฝรั่งเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ให้ผลผลิตสูง ดังนั้นจึงสามารถบริโภคได้ตลอดทั้งปี แหล่งปลูกฝรั่งที่สำคัญของประเทศไทยได้แก่จังหวัดนครปฐม ราชบุรี และสมุทรสาคร ซึ่งกรมส่งเสริมการเกษตรได้ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ และพันธุ์แป้นสีทอง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) จึงนับว่าฝรั่งเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย ในการแปรรูปผลฝรั่งเป็นฝรั่งพร้อมบริโภคมีหลายขั้นตอน ซึ่งเริ่มตั้งแต่การคัดขนาด การล้างทำความสะอาด การปอกเปลือก การตัด การหั่นเป็นชิ้น และการบรรจุหีบห่อ ซึ่งแต่ละขั้นตอนอาจก่อให้เกิดปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับฝรั่งได้ การลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สามารถทำได้หลายวิธี เช่นการใช้สารเคมี การฉายรังสี และการใช้ความร้อน เป็นต้น ซึ่งการใช้ความร้อน (heat treatment) เป็นวิธีการหนึ่งที่ทำได้ง่าย เป็นวิธีที่ไม่ใช้สารเคมีดังนั้นจึงปลอดภัยต่อผู้แปรรูปและผู้บริโภค อีกทั้งยังมีต้นทุนในการแปรรูปต่ำ ซึ่งการใช้ความร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการป้องกันกำจัดโรคและแมลง

---

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จ.สมุทรปราการ 10540
[1] Department of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samut Prakan 10540
[2] สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2] Division of Microbiology, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

ภายหลังการเก็บเกี่ยว (Lurie, 1997; 1998) โดยการใช้ความร้อนสามารถทำได้หลายวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล อุณหภูมิ ระยะเวลา และลำดับขั้นตอนในการให้ความร้อน เป็นต้น ในปี ค.ศ. 1991 Barkai-Golan และ Phillips รายงานว่าการจุ่มผลิตผลสดลงในน้ำร้อนเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการช่วยควบคุมการเน่าเสียได้ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำร้อนจะสัมผัสโดยตรงกับตัวผลิตผลทำให้ใช้ระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อนสั้นจึงสามารถช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดยทั่วไปผักและผลไม้สดจะสามารถทนต่อน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ได้นานประมาณ 10 นาที Arroqui และคณะ (2003) รายงานว่าการจุ่มผักตัดแต่งพร้อมบริโภคในน้ำร้อนสามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในกลุ่ม mesophilic ได้มากกว่า 3 log CFU/g ในปี 1997 Gartner และคณะ พบว่าการจุ่มผักสลัดลงในน้ำร้อยช่วยลดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหารในกลุ่มของ Enterobacteriaceae ได้ประมาณ 1 log CFU/g ในขณะที่ Lurie (1997) รายงานว่าการจุ่มผลิตผลลงในน้ำร้อนยังสามารถช่วยควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคภายหลังการเก็บเกี่ยวได้อีกด้วย

นอกจากการใช้น้ำร้อนแล้วยังมีรายงานการนำลมร้อนมาใช้ในเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวกับ เช่น Lemoine และคณะ (2009) รายงานว่าการอบบร็อคโคลีตัดแต่งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง สามารถช่วยรักษาคุณภาพและชะลอการเสื่อมสภาพของบร็อคโคลี อีกทั้งยังมีรายงานว่าการใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ยังช่วยลดการเน่าเสียของ Chinese bayberry ได้ (Wang และคณะ, 2010) ในขณะที่การใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าคือ 44 องศาเซลเซียส นาน 114 นาที สามารถช่วยลดการการเจริญของเชื้อรา *Penicillium expansum* ในผลเชอร์รี่ได้ (Wang และคณะ, 2015) ซึ่งการใช้ลมร้อนจะสามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องศึกษาถึงระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาถึงผลของการอบชิ้นฝรั่งพร้อมบริโภคต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของฝรั่งพันธุ์กิมจูพร้อมบริโภค

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การแปรรูปและการให้ความร้อนกับฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจู

งานวิจัยนี้ใช้ผลฝรั่งพันธุ์กิมจูจากสวนในจังหวัดนครปฐม โดยคัดเลือกผลที่มีขนาดเท่าๆ กัน ผลปราศจากโรคและแมลง น้ำหนักต่อผลประมาณ 200-250 กรัม จากนั้นนำมาล้างกำจัดฝุ่นละอองออกด้วยน้ำประปาและสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 50 ppm ตัดส่วนขั้วและส่วนท้ายผลออก แล้วหั่นให้เป็นชิ้นๆ ขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ factorial in completely randomized designs ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ นำชิ้นฝรั่งมาบรรจุลงในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนขนาด 12x18 นิ้ว โดยเกลี่ยให้ได้ 1 ชั้น จากนั้นพับปากถุงแล้วนำไปอบในตู้ hot air oven (Memmert รุ่น INE 300, Germany) ด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 และ 30 นาที จากนั้นบรรจุฝรั่งลงในถาดโฟม (110x130x15 มิลลิเมตร) ถาดละประมาณ 100 กรัม หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) หนา 13 ไมครอนเมตร เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ในฝรั่งพร้อมบริโภคทุกๆ 2 วัน

### 2. การตรวจหาจุลินทรีย์ในฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจู

ผสมตัวอย่างฝรั่งหนัก 10 กรัม กับสารละลาย peptone water ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ในถุง Stomacher ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว แล้วตีปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง stomacher (Masticator Nr2557/400, IUL instruments; Barcelona, Spain) (Poubol และคณะ, 2013) ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา โดยดูดสารละลายฝรั่งปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วงอที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเกลี่ยสารละลายฝรั่งให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA; Merck; Darmstadt, Germany), Deoxycholate agar (HiMedia Laboratories; Mumbai, India), de Man, Rogosa and Sharpe agar (MRS; Merck; Darmstadt, Germany) และ Potato dextrose agar (PDA; HiMedia Laboratories; Mumbai, India) ตามลำดับ บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA, Deoxycholate agar และ MRS บ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48±3 ชั่วโมง สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ คำนวณหาค่าเฉลี่ยของโคโลนีที่นับได้และรายงานผลเป็น Colony Forming Unit ต่อกรัม (CFU/g) วิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### ผลของการอบชิ้นฝรั่งพันธุ์กิมจูด้วยลมร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติคเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา

ในวันแรกของการเก็บรักษาฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูที่ผ่านการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 และ 30 นาที มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา อยู่ในช่วง 2.2-2.5, 2.2-2.4, 1.8-2.3 และ 0.4-1.5 Log CFU/g ตามลำดับ (Figure 1) จากการทดลองพบว่าการอบชิ้นฝรั่งพันธุ์กิมจูด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และการอบชิ้นฝรั่งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และโคลิฟอร์ม (Figure 1A และ B) ได้ดีกว่าการอบชิ้นฝรั่งที่อุณหภูมิและเวลาอื่นเพียงเล็กน้อย ในขณะที่การอบชิ้นฝรั่งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 30 นาที ช่วยลดปริมาณยีสต์และรา (Figure 1D) ได้ดีกว่าการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในฝรั่งพร้อมบริโภคส่วนใหญ่ในแต่ละวิธีการทดลองมีค่าต่ำกว่าปริมาณจุลินทรีย์ต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (<2.4 Log CFU/g) เมื่อเปรียบเทียบงานวิจัยของ Poubol และคณะ (2013) เมื่อจุ่มชิ้นฝรั่งพันธุ์กิมจูลงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 และ 30 นาที พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าต่ำชิ้นฝรั่งพันธุ์กิมจูที่อบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกิน 1.6 Log CFU/g ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจุ่มชิ้นฝรั่งพันธุ์กิมจูลงในน้ำร้อนจะทำให้การถ่ายเทความร้อนไปสู่ชิ้นฝรั่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการอบชิ้นฝรั่งพันธุ์กิมจูด้วยลมร้อน

เมื่อเก็บรักษาฝรั่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะพบว่าฝรั่งมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา มีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา อยู่ในช่วง 5.2-6.5, 4.8-6.2, 1.1-2.8 และ 1.6-2.6 Log CFU/g ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าการอบชิ้นฝรั่งพันธุ์กิมจูด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และแลคติกแอซิดแบคทีเรียได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีรายงานก่อนหน้านี้ว่าการอบผลฝรั่งพันธุ์กิมจูด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10-30 นาที ก่อนการแปรรูปเป็นชิ้นฝรั่งพร้อมบริโภค สามารถช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แลคติก แอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ได้ดีกว่าการอบผลฝรั่งที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2558) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้จะพบว่าการอบชิ้นฝรั่งพันธุ์กิมจูด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิและเวลาอื่นๆ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากชิ้นฝรั่งมีขนาดเล็กกว่าผลฝรั่ง มาก ดังนั้นจึงทำให้การถ่ายเทความร้อนสู่ชิ้นฝรั่งเป็นไปได้อย่างรวดเร็วทำให้การใช้อุณหภูมิเพียง 40 องศาเซลเซียส สามารถช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ในขณะที่ถ้าใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ชิ้นฝรั่งได้รับความร้อนมากเกินไปจะทำให้เซลล์ของชิ้นฝรั่งได้รับความเสียหาย ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่าถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการจุ่มผลิตผลลงในน้ำร้อนสูงเกินไปอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อของผลิตผลได้ (Lurie, 1998)

## สรุปผล

การอบชิ้นฝรั่งพันธุ์กิมจูด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที สามารถช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และแลคติกแอซิดแบคทีเรียได้ดีกว่าการอบชิ้นฝรั่งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาอื่น

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย และขอขอบคุณหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2558

## เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. มปป. ฝรั่ง. [สืบค้น], http://www.doae.go.th/library/html/putsetakit/farang.pdf [23/ June/ 14].

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร และศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2558, ผลของการอบผลฝรั่งด้วยลมร้อนต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในฝรั่งพันธุ์กิมจูพร้อมบริโภค, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, (อยู่ในระหว่างการตีพิมพ์)

Arroqui, C., Lopez, A., Esnoz, A. and Virseda, P., 2003, Mathematical Model of Heat Transfer and Enzyme Inactivation in an Integrated Blancher Cooler, Journal of food engineering, 58(3): 215-225.

Barkai-Golan, R. and Phillips, D.J., 1991, Postharvest Heat Treatment of Fresh Fruits and Vegetables for Decay Control, Plant Diseases, 75: 1085-1089.

Gartner, U., Mayer-Miebach, E. and Spiess, W.E.L., 1997, Controlling the Microbial Load on Ready-to-use Sliced Salads by Low-temperature Blanching, In Jowitt, R. (Ed.), Engineering and food at ICEF 7 (pp. J41-J42), Sheffield: Sheffield Academic Press.

Lemoine, M.L., Civello, P., Chaves, A. and Martinez, G., 2009, Hot Air Treatment Delays Senescence and Maintains Quality of Fresh-cut Broccoli Florets during Refrigerated Storage, LWT-Food Science and Technology, 42: 1076-1081.

Lurie, S., 1997, Postharvest Heat Treatment of Horticultural Crops, Horticultural Reviews, 22: 91-183.

Lurie, S., 1998, Postharvest Heat Treatments, Postharvest Biology and Technology, 14: 257-269.

Poubol, J., Techavuthiporn, C. and Kanlayanarat, S., 2013, Microbiology and Quality of Fresh-cut 'Kimju' Guava Treated with Hot Water, Acta Horticulturae, 973: 135-138.

Singh, S.P., 2011, Guava (*Psidium guajava* L.), In Yahia, E.M. (Ed.), Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits, Volume 3, Woodhead Publishing Limited, p. 213-246.

Wang, L., Jin, P., Wang, J., Gong, H., Zhang, S. and Zheng, Y., 2015, Hot Air Treatment Induces Resistance against Blue Mold Decay Caused by *Penicillium expansum* in Sweet Cherry (*Prunus cerasus* L.) Fruit, Scientia Horticulturae, 189: 74-80.

Wang, K., Cao, S., Jin, P., Rui, H. and Zheng, Y., 2010, Effect of Hot Air Treatment on Postharvest Mould Decay in Chinese Bayberry Fruit and the Possible Mechanisms, International Journal of Food Microbiology, 141: 11-16.

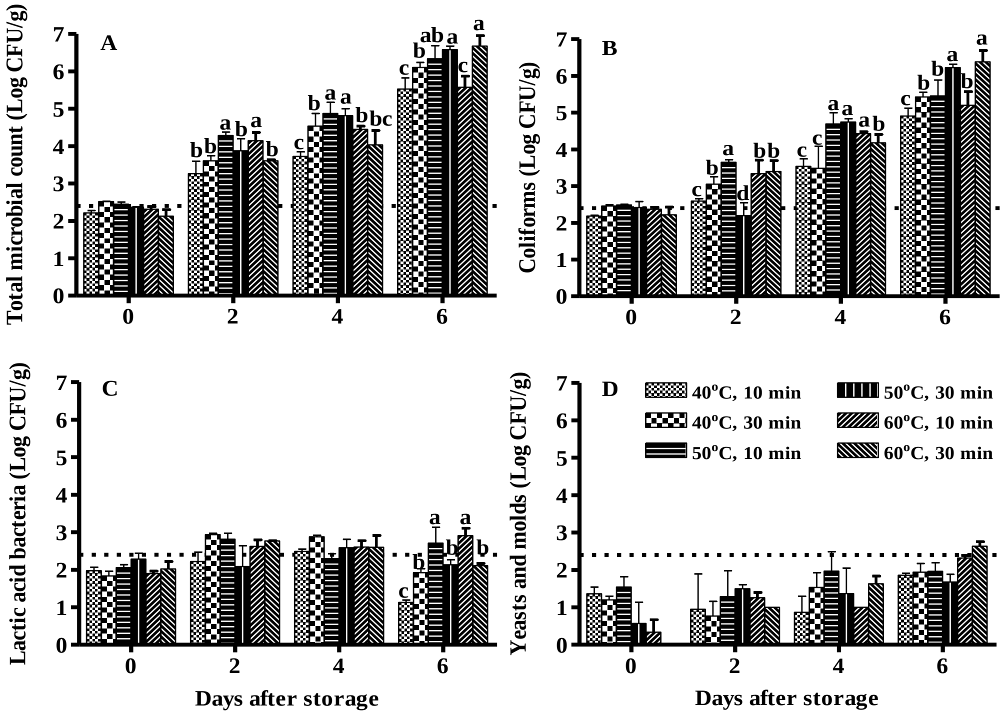



Figure 1 Total microbial (A), coliforms (B), lactic acid bacteria (C), yeasts and molds (D) of fresh-cut 'Kimju' guava as affected by hot air at 40, 50 and 60°C for 10 and 30 minutes. Guava cubes were packed in foam tray and wrapped with PVC films, and then stored at 10°C for 6 days. Dotted line represents that microbial counts were below the detection level (<2.4 Log CFU/g).

# การรอดชีวิตของโปรไบโอติกในช็อกโกแลตชนิดแท่งในระหว่างเก็บรักษา

## Survival of Probiotics in Chocolate Bars during Storage

**พิทยา ใจคำ**[1]

Chaikham, P.[1]

### Abstract

The objective of this research was to study the viability of probiotic powders including *Lactobacillus casei* 01 and *Lactobacillus acidophilus* LA5 in white and dark chocolate bars, kept at 4° C for 60 days. The sensory qualities of the products were also investigated. Results showed that the survival rate of *L. casei* 01 in both chocolates was higher than the survival rate of *L. acidophilus* LA5. The highest amounts of the cultures were observed in dark chocolate after refrigerated storing for 60 days. Moreover, it was clearly seen that the addition of probiotic powder in both chocolate types had no effect on the liking scores of appearance, color, flavor, texture and overall acceptability.

**Keywords:** probiotic, chocolate, survival, sensory characteristics

### บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการรอดชีวิตของโปรไบโอติกชนิดผงของ *Lactobacillus casei* 01 และ *Lactobacillus acidophilus* LA5 ในช็อกโกแลตขาว และช็อกโกแลตดำในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 60 วัน นอกจากนั้นยังศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของช็อกโกแลตชนิดแผ่นเสริมโปรไบโอติกอีกด้วย จากผลการทดลองพบว่าอัตราการรอดชีวิตของ *L. casei* 01 ในช็อกโกแลตทั้ง 2 สูตรสูงกว่า *L. acidophilus* LA5 และยังพบว่าจำนวนโปรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ในช็อกโกแลตดำมีค่าสูงกว่าช็อกโกแลตขาว จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการเติมโปรไบโอติกชนิดผงลงในช็อกโกแลตแต่ละชนิดไม่มีผลต่อคะแนนความชอบทั้งในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

**คำสำคัญ**: โปรไบโอติก ช็อกโกแลต การรอดชีวิต ลักษณะทางประสาทสัมผัส

### บทนำ

ช็อกโกแลตเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานอย่างหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก โดยแบ่งออกเป็นหลายชนิด เช่น ช็อกโกแลตดำ ช็อกโกแลตนม ช็อกโกแลตชนิดแท่ง ชนิดเกล็ด ช็อกโกแลตขาว เป็นต้น ในช็อกโกแลตมีสารสำคัญหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพผู้บริโภค ได้แก่ สารฟลาโวนอยด์ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่ออาการเส้นเลือดในสมองอุดตัน ความดันโลหิตสูง และหัวใจวาย นอกจากนี้ในช็อกโกแลตยังมีกรดอะมิโนทริปโตแฟนช่วยกระตุ้นให้สมองหลั่งเซโรโทนินหรือสารแห่งความสุขออกมาละลายความตึงเครียด (Todorovic และคณะ, 2015) แต่อย่างไรก็ตามควรบริโภคอย่างพอเหมาะ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีไขมันและน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก หากบริโภคมากเกินไปก็จะเป็นผลเสียแก่ร่างกายได้

โปรไบโอติก คือ จุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่เมื่อบริโภคเสริมเข้าไปแล้วก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพผู้ที่บริโภค โดยจะช่วยปรับปรุงสมดุลของแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ นอกจากนั้นยังพบว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถป้องกันการเกิดโรคท้องร่วง ท้องผูก การอักเสบของลำไส้ป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด จุลินทรีย์ที่จัดว่าเป็นโปรไบโอติกควรจะมีคุณสมบัติที่สำคัญ ดังนี้ เป็นเชื้อที่อาศัยอยู่ในระบบลำไส้ตามปกติ สามารถรอดชีวิตอยู่ได้หลังจากผ่านระบบย่อยอาหาร และยังคงมีชีวิตในระหว่างการเก็บรักษาจนกระทั่งบริโภค (Davis, 2014)

เพื่อให้เกิดความหลากหลายในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตงานวิจัยนี้จึงมีการเติมโปรไบโอติกลงไปซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ของหวานชนิดนี้ไม่ได้อร่อยแต่เพียงอย่างเดียวแต่ยังมีประโยชน์แอบแฝงอยู่ด้วย จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการรอดชีวิตของโปรไบโอติกผงในช็อกโกแลตแท่งชนิดต่างๆ ในระหว่างเก็บรักษา นอกจากนั้นยังศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของช็อกโกแลตแท่งเสริมโปรไบโอติกอีกด้วย

---

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา พระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

## อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมโปรไบโอติกผงทำได้โดยการนำโปรไบโอติกมา 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *L. casei* 01 และ *L. acidophilus* LA5 (Chr. Hansen, Hørsholm, Denmark) มาเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS both และแยกเซลล์ออกมาโดยวิธีการปั่นเหวี่ยง ตามวิธีของ Chaikham และคณะ (2012) นำนมสดชนิดจืดผสมกับมอลโตเดกซ์ตริน (อัตราส่วน 80:20) ให้เข้ากันดี จากนั้นเติมตะกอนเซลล์ของโปรไบโอติกที่ได้ลงไป โดยให้มีจำนวนเซลล์อยู่ที่ประมาณ $10^{11}$ CFU/ml นำส่วนผสมที่ได้ไปทำให้เป็นผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (JCM Engineering concept, Bangkok, Thailand) ที่อุณหภูมิขาเข้า (inlet temperature) และขาออก (outlet temperature) เท่ากับ 170±5 และ 80±3°C ตามลำดับ (ดัดแปลงจากวิธีของ Kingwatee และคณะ, 2015) นำโปรไบโอติกผงที่ได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Hitachi High-Technologies Co., Ltd., Tokyo, Japan)

วิธีการผลิตช็อกโกแลตขาวและช็อกโกแลตดำชนิดแท่งดัดแปลงจากงานวิจัยของ Laliic-Petronijevic และคณะ (2015) โดยที่ช็อกโกแลตขาวไม่มีส่วนผสมของผงโกโก้ ส่วนช็อกโกแลตดำมีส่วนผสมของผงโกโก้ 75% (w/w) และมีการเติมโปรไบโอติกผงที่เตรียมไว้ลงไป 10% (w/w) เทส่วนผสมทั้งหมดลงแท่นพิมพ์ และแช่ในตู้เย็นเพื่อให้แผ่นช็อกโกแลตแข็งตัว จากนั้นนำช็อกโกแลตแท่งที่ได้บรรจุในถุงลามิเนทฟอยล์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 60 วัน เก็บตัวอย่างทุกๆ 10 วัน เพื่อศึกษาการอยู่รอดของโปรไบโอติกโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 47-72 ชั่วโมง การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 6 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

วิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

## ผลและวิจารณ์การทดลอง

Figure 1 แสดงโครงสร้างระดับจุลภาคของโปรไบโอติก *L. casei* 01 และ *L. acidophilus* LA5 หลังจากผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยพบว่าผงของ *L. casei* 01 มีขนาดเล็กกว่า และมีรอยบุ๋มรอบๆ ผิวมากกว่าผงของ *L. acidophilus* LA5 เนื่องจากโปรไบโอติกทั้ง 2 ชนิดมีขนาดและรูปร่างเซลล์แตกต่างกัน โดยที่ *L. acidophilus* LA5 จะมีลักษณะเป็นแท่งยาวต่อกันเป็นสายโซ่ยาว ส่วน *L. casei* 01 มีลักษณะเป็นแท่งสั้นต่อกันเป็นสายโซ่ที่สั้นกว่า (Chaikham และคณะ, 2013) จึงทำให้ผงที่ผลิตได้มีโครงสร้างระดับจุลภาคแตกต่างกันไปด้วย

เมื่อทำการผลิตช็อกโกแลตผสมโปรไบโอติกผง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 60 วัน พบว่า อัตราการรอดชีวิตของ *L. casei* 01 สูงกว่า *L. acidophilus* LA5 ทั้งในช็อกโกแลตขาวและช็อกโกแลตดำ และยังพบว่าการรอดชีวิตของโปรไบโอติกทั้ง 2 ชนิดในช็อกโกแลตดำสูงกว่าช็อกโกแลตขาว (Table 1) อาจเนื่องมาจากช็อกโกแลตดำมีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant efficacy) สูงกว่าช็อกโกแลตขาว และ/หรือช็อกโกแลตนม (Todorovic และคณะ, 2015) ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวสามารถป้องกันเซลล์โปรไบโอติกจากออกซิเจนทำให้อัตราการรอดชีวิตของโปรไบโอติกมีค่าสูงขึ้น (Shah และคณะ, 2010) นอกจากนั้นจาก (Table 2) เมื่อทดสอบความชอบโดยผู้ทดสอบชิม 30 คน พบว่าการเติมโปรไบโอติกผง (*L. casei* 01) ลงในช็อกโกแลตแต่ละชนิดไม่มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช็อกโกแลตทั้ง 2 ชนิด พบว่าโดยรวมผู้บริโภคชอบช็อกโกแลตขาวมากกว่าช็อกโกแลตดำ โดยให้เหตุผลว่าช็อกโกแลตขาวมีความหวานมันมากกว่าช็อกโกแลตดำ

## สรุปผล

จากงานวิจัยนี้พบว่าอัตราการรอดชีวิตของ *L. casei* 01 ในช็อกโกแลตขาวและช็อกโกแลตดำสูงกว่า *L. acidophilus* LA5 และยังพบว่าการรอดชีวิตของโปรไบโอติกทั้ง 2 สายพันธุ์ในช็อกโกแลตดำสูงกว่าช็อกโกแลตขาว นอกจากนั้นยังพบว่าการเติมโปรไบโอติกผงลงในช็อกโกแลตแต่ละชนิดไม่มีผลต่อคะแนนความชอบทั้งในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

**คำขอบคุณ**

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

## เอกสารอ้างอิง

Chaikham, P., Apichartsrangkoon, A., Jirarattanarangsri, W. and Van de Wiele, T., 2012, Influence of Encapsulated Probiotics Combined with Pressurized Longan Juice on Colon Microflora and their Metabolic Activities on the Exposure to Simulated Dynamic Gastrointestinal tract, Food Research International, 49: 133-142.

Davis, C., 2014, Enumeration of Probiotic Strains: Review of Culture-dependent and Alternative Techniques to Quantify Viable Bacteria, Journal of Microbiological Methods, 103: 9-17.

Laliic-Petronijevic, J., Popov-Raljic, J., Obradovic, D., Radulovic, Z., Paunovic, D., Petrušic, M. and Pezo, L., 2015, Viability of Probiotic Strains *Lactobacillus acidophilus* NCFM® and *Bifidobacterium lactis* HN019 and their Impact on Sensory and Rheological Properties of Milk and Dark Chocolates During Storage for 180 Days, Journal of Functional Foods, 15: 541-550.

Kingwatee, N., Apichartsrangkoon, A., Chaikham, P., Worametrachanon, S., Techarung, J. and Pankasemsuk, T., 2015, Spray drying *Lactobacillus casei* 01 in Lychee Juice Varied Carrier Materials, LWT-Food Science and Technology, 62: 847-853.

Shah, N.P., Ding, W.K., Fallourd, M.J. and Leyer, G., 2010, Improving the Stability of Probiotic Bacteria in Model Fruit juices using Vitamins and Antioxidants, Journal of Food Science, 75: 278-282.

Todorovic, V., Redovnikovic, I.R., Todorovic, Z., Jankovic, G., Dodevska, M. and Sobajic, S., 2015, Polyphenols, Methylxanthines, and Antioxidant Capacity of Chocolates Produced in Serbia, Journal of Food Composition and Analysis, 41: 137-143.

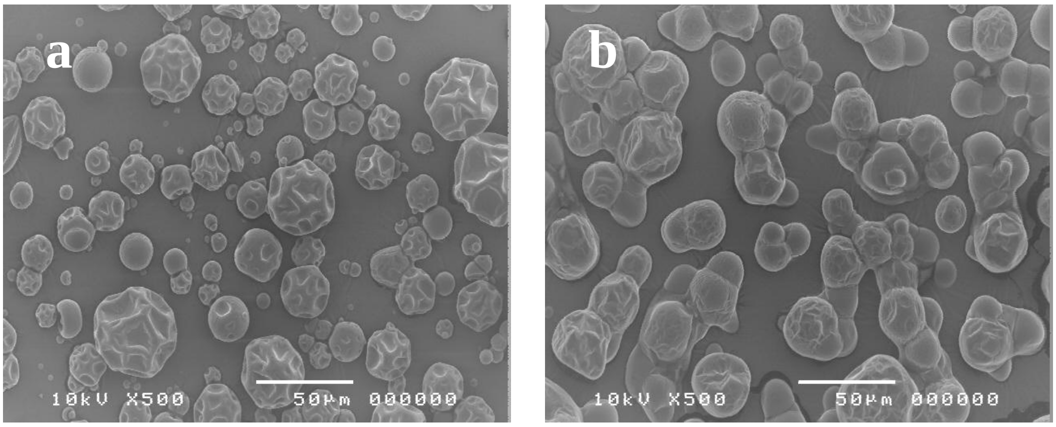



**Figure 1** SEM images of (a) *L. casei* 01 and (b) *L. acidophilus* LA5 powders

**Table 1** Survival of probiotics in chocolate bars during storage at 4°C

| Samples | Survival of probiotics during refrigerated storage (log CFU/g) | | | | | | | Cell loss (log CFU) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Day 0 | Day 10 | Day 20 | Day 30 | Day 40 | Day 50 | Day 60 | |
| WLC | $6.03 \pm 0.65 \times 10^{8}$ | $4.87 \pm 0.59 \times 10^{8}$ | $2.80 \pm 0.32 \times 10^{8}$ | $1.59 \pm 0.53 \times 10^{8}$ | $8.87 \pm 0.65 \times 10^{7}$ | $4.53 \pm 1.43 \times 10^{7}$ | $8.00 \pm 1.56 \times 10^{6}$ | $1.88 \pm 0.12^{b}$ |
| DLC | $6.63 \pm 0.74 \times 10^{8}$ | $5.47 \pm 1.01 \times 10^{8}$ | $4.23 \pm 0.35 \times 10^{8}$ | $3.30 \pm 0.37 \times 10^{8}$ | $1.06 \pm 0.35 \times 10^{8}$ | $7.33 \pm 1.88 \times 10^{7}$ | $1.82 \pm 0.31 \times 10^{7}$ | $1.56 \pm 0.10^{c}$ |
| WLA | $5.48 \pm 0.70 \times 10^{8}$ | $3.18 \pm 0.28 \times 10^{8}$ | $1.47 \pm 0.44 \times 10^{8}$ | $8.03 \pm 0.55 \times 10^{7}$ | $5.05 \pm 0.75 \times 10^{7}$ | $8.37 \pm 0.90 \times 10^{6}$ | $2.27 \pm 0.97 \times 10^{6}$ | $2.41 \pm 0.20^{a}$ |
| DLA | $5.80 \pm 0.36 \times 10^{8}$ | $3.95 \pm 0.58 \times 10^{8}$ | $2.19 \pm 0.22 \times 10^{8}$ | $9.53 \pm 0.76 \times 10^{7}$ | $6.99 \pm 0.21 \times 10^{7}$ | $1.38 \pm 0.42 \times 10^{7}$ | $5.77 \pm 1.10 \times 10^{6}$ | $2.01 \pm 0.11^{b}$ |

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different ($p>0.05$). WLC = white chocolate containing immobilized *L. casei* 01, DLC = dark chocolate containing immobilized *L. casei* 01, WLA = white chocolate containing immobilized *L. acidophilus* LA5 and DLA = dark chocolate containing immobilized *L. acidophilus* LA5.

**Table 2** Sensory evaluation of chocolate bars containing *Lactobacillus casei* 01 powder

| Samples | Appearance | Color | Flavor | Texture | Overall acceptability |
|---|---|---|---|---|---|
| W | $7.95 \pm 0.73^{a}$ | $7.48 \pm 0.91^{a}$ | $7.72 \pm 0.67^{a}$ | $7.28 \pm 0.83^{b}$ | $7.57 \pm 0.70^{a}$ |
| WLC | $7.91 \pm 0.81^{a}$ | $7.59 \pm 0.63^{a}$ | $7.69 \pm 0.70^{a}$ | $7.32 \pm 0.69^{b}$ | $7.52 \pm 0.61^{a}$ |
| D | $7.35 \pm 0.58^{b}$ | $7.60 \pm 0.52^{a}$ | $7.70 \pm 0.46^{a}$ | $7.43 \pm 0.75^{ab}$ | $7.22 \pm 0.47^{b}$ |
| DLC | $7.42 \pm 0.77^{b}$ | $7.64 \pm 0.54^{a}$ | $7.72 \pm 0.36^{a}$ | $7.51 \pm 0.64^{a}$ | $7.20 \pm 0.43^{b}$ |

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different ($p>0.05$). W = white chocolate, WLC = white chocolate containing immobilized *L. casei* 01, D = dark chocolate and DLC = dark chocolate containing immobilized *L. casei* 01.

# ศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากสตาร์ชแห้วจีน

## Study on Edible Film Production from Chinese Water Chestnuts Starch

**ปิยนุสร์ น้อยด้วง**[1] **ลลิดา ท้าวลา**[1] **และ อรพรรณ ปะอ้าย**[1]

Noiduang, P.[1], Thawla, L.[1] and Pa-ai, O.[1]

### Abstract

This study investigated the production of starch film from Chinese water chestnuts. The film was prepared with 3 levels of starch (5, 7.5 and 10% (w/v)) containing 3 levels of glycerol (30, 60 and 90% by starch weight). Films were dried at 60°C for 18 hrs. Properties; thickness, water vapor transmission rate (WVTR), solubility, grease and oil resistance, tensile strength (TS) and elongation (E) were evaluated. Thickness of the films was in the range of 0.06-0.19 mm. It was found that film thickness and E was increased with high concentrations of starch and glycerol. The WVTR of starch film was in the range of 231.38-256.12 $g/m^2$.day. It was found that WVTR decreased when the concentration of starch was increased. Solubility was increased at high concentration of glycerol and decreased at high concentration of starch. TS of starch film was increased at high concentration of glycerol and decreased at high concentration of starch. In addition, every sample had excellent grease resistance of more than 30 days.

**Keywords:** edible film, Chinese water chest nut starch, glycerol

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตฟิล์มสตาร์ชจากแห้วจีน โดยแปรปริมาณสตาร์ชแห้วจีนเป็น 3 ระดับ (ร้อยละ 5, 7.5 และ 10 โดยน้ำหนัก) กลีเซอรอล 3 ระดับ (ร้อยละ 30, 60 และ 90 โดยน้ำหนักของแป้ง) และทำแห้งที่ 60°C (18 ชั่วโมง) นำฟิล์มที่ผลิตได้ไปทดสอบคุณสมบัติ ได้แก่ ค่าความหนา อัตราการซึมผ่านไอน้ำ การละลาย ความสามารถในการต้านทานน้ำมัน ความทนต่อแรงยืด และการยืดตัว พบว่าความหนาของฟิล์ม มีค่าระหว่าง 0.06-0.19 มิลลิเมตร โดยความหนาของฟิล์มและการยืดตัวของฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแป้งและปริมาณของกลีเซอรอลมากขึ้น ฟิล์มสตาร์ชจากแห้วจีนมีค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ 231.38-256.12 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และอัตราการซึมผ่านไอน้ำมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของแป้งเพิ่มขึ้น ส่วนการละลายมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น และมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของแป้งมากขึ้น ค่าการต้านแรงดึงของฟิล์มสตาร์ชจากแห้วจีนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลและลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแป้ง เมื่อนำฟิล์มที่ผลิตได้ไปทดสอบความต้านทานน้ำมัน พบว่าฟิล์มทุกสูตรสามารถต้านทานน้ำมันได้มากกว่า 30 วัน

**คำสำคัญ**: ฟิล์มรับประทานได้ สตาร์ชแห้วจีน กลีเซอรอล

### คำนำ

ปัจจุบันหลายหน่วยงานให้ความสนใจกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นโดยพยายามหาวัสดุย่อยสลายง่ายมาทดแทนวัสดุสังเคราะห์ในการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหาร ดังนั้นการใช้ฟิล์มที่ย่อยสลายได้หรือรับประทานได้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม การเตรียมฟิล์มสามารถเตรียมได้จากพอลิเมอร์ หลายชนิด เช่น ไขมัน โปรตีนและแป้ง ซึ่งแป้งมีข้อดีหลายประการ อาทิ ย่อยสลายได้ง่าย สามารถพองตัวขึ้นแผ่นฟิล์มได้ มีปริมาณมาก ราคาถูกและหาได้ง่าย จากข้อดีของแป้งดังกล่าวจึงสนใจนำแป้งมาผลิตเป็นฟิล์มรับประทานได้ โดยแป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคสที่มีองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ อะไมโลสและอะไมโลเพคตินโดยโมเลกุลของอะไมโลสสามารถเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ได้ดี ซึ่งเป็นสมบัติที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นฟิล์มที่มีความแข็งแรง ดังนั้นในการเตรียมฟิล์มจากแป้งจึงนิยมเตรียมฟิล์มจาก แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ซึ่งจากการศึกษาของผาณิต (2550) พบว่าสตาร์ชจากแห้วจีน มีปริมาณอะไมโลสที่ค่อนข้างสูง (ร้อยละ 41) ซึ่งแป้งที่มีอะไมโลสสูงสามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นฟิล์มได้ดี ดังนั้นผู้วิจัย จึงมีความสนใจที่จะนำสตาร์ชจากแห้วจีน

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, บางหว้า, ภาษีเจริญ, กรุงเทพฯ, 10160

[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bang wa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

มาใช้ในการผลิตเป็นฟิล์มที่รับประทานได้ ศึกษาปริมาณของสตาร์ชแห้วจีนและพลาสติไซเซอร์ที่เหมาะสมในการผลิต และศึกษาสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มที่ผลิตได้ เพื่อเป็นแนวทางในการนำแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์

## อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมฟิล์มดัดแปลงวิธีของ สุวัฒนา (2539) ใช้ความเข้มข้นสตาร์ชจากแห้วจีน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5, 7.5 และ 10 โดยน้ำหนัก กวนผสมให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และเติมกลีเซอรอลที่ใช้เป็นพลาสติไซเซอร์ โดยแปรความเข้มข้นของกลีเซอรอล ร้อยละ 30, 60 และ 90 โดยน้ำหนักของแป้ง กวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน เป็นเวลานาน 5 นาที แล้วขึ้นแผ่นฟิล์มโดยเทสารละลายปริมาตร 40 มิลลิลิตร ลงบน acrylic plate ขนาด 9×9 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมงหรือจนแห้งสนิท ลอกฟิล์มที่ได้ เก็บในโถดูดความชื้น และนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางกลของฟิล์มที่ผลิตได้ ได้แก่ ความหนา (Thickness) ของฟิล์ม ดัดแปลงจากวิธีของ ASTM 645-92 การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate: WVTR) ดัดแปลงจากวิธีของ ASTM E 96-95 (1996) การละลายน้ำ (Rhim และคณะ,1999) ความสามารถในการต้านทานน้ำมัน (grease and oil resistance) ดัดแปลงโดยวิธีของ มอก. 654-2529 การต้านทานแรงดึงขาด (Tensile Strength: TS) และความยืดตัว (Elongation: %E) ตามวิธีของ ASTM D 882-95a (1996) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วย Analysis of variance (ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยด้วย Duncan’s New Multiple Range test

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาปริมาณของสตาร์ชแห้วจีนและพลาสติไซเซอร์ที่เหมาะสมในการผลิต พบว่าฟิล์มที่ผลิตได้มีลักษณะปรากฏดังแสดงใน Figure 1 จากนั้นนำฟิล์มที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ และทางกล (Table 1 และ Table 2) จากการทดลองพบว่า ความหนาของฟิล์มจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของสตาร์ชและกลีเซอรอล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวัฒนา (2539) และเมื่อตรวจสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) ของฟิล์ม จะมีค่าอยู่ในช่วง 231.38-256.12 g/m$^2$.day และเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอล จะทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำมากขึ้น ในขณะที่การเพิ่มปริมาณสตาร์ช มีผลทำให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณสตาร์ช จะมีผลทำให้ปริมาณอะไมโลสสูงขึ้น จึงเกิดโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรง ทำให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มจะลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของกษิดิศ และคณะ (2553) ในขณะที่การเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอล จะมีผลทำให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำ และลดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ เพิ่มช่องว่างระหว่างโมเลกุลและโมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ได้มากขึ้น (Guilbert และ Gontard, 1995) ทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ส่งผลความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้น และการละลายของฟิล์ม ถ้าเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลมากขึ้นทำให้ฟิล์มมีการละลายเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องมาจากกลีเซอรอลเป็นโมเลกุลของพอลิออลที่มีคาร์บอน 3 อะตอม ที่มีหมู่ไฮดรอกซี 3 หมู่ ที่สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำได้ดี ทำให้มีการละลายได้ดีมากขึ้น เมื่อเติมกลีเซลรอลมากขึ้น (Gontard และคณะ, 1992) ในขณะที่ปริมาณสตาร์ชแห้วจีนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าการละลายลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากมีปริมาณอะไมโลสสูงจึงเกิดโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรง การละลายน้ำจึงต่ำ (Arvanitoyannis และคณะ, 1999) และเมื่อศึกษาค่าการต้านทานน้ำมันของฟิล์มที่ผลิตได้พบว่ามีสามารถต้านทานน้ำมันได้มากกว่า 720 ชั่วโมงหรือ 30 วัน ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์มที่ผลิตได้จากสตาร์ช และใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์นั้น จะมีปริมาณของโมเลกุลส่วนที่ชอบน้ำปริมาณมาก เมื่อนำมาทดสอบการต้านทานน้ำมัน ซึ่งน้ำมันมีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ จึงทำให้น้ำมันไม่สามารถซึมผ่านฟิล์มได้ ดังนั้นฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งแห้วสามารถนำมาผลิตเป็นภาชนะบรรจุอาหารที่มีไขมันสูงได้ ซึ่งมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 654-2529) ระบุให้แผ่นฟิล์มสำหรับบรรจุน้ำมันและไขมันบริโภคต้องมีความสามารถในการต้านทานน้ำมันได้อย่างน้อย 120 ชั่วโมง

จากนั้นนำฟิล์มมาศึกษาสมบัติทางกล ได้แก่ การต้านทานแรงดึงขาด (Tensile Strength: TS) และความยืดตัว (Elongation: %E) ของฟิล์ม พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลมากขึ้น มีผลทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดลดลง เนื่องจากกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นจะไปจับกับพอลิเมอร์ จึงทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนตัวลง ฟิล์มจึงมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดจึงลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chillo และคณะ

(2008) และเมื่อเพิ่มปริมาณสตาร์ชมากขึ้น โครงสร้างของพอลิเมอร์เกิดเป็นร่างแหที่แข็งแรงมากขึ้น มีผลทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการยืดตัวของแผ่นฟิล์ม พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสตาร์ชและกลีเซอรอลมากขึ้นจะทำให้มีค่าการยืดตัวของฟิล์มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอล จะไปลดความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ เพิ่มช่องว่างระหว่างโมเลกุลและโมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ได้มากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถลดลักษณะที่เปราะของฟิล์ม โดยเพิ่มลักษณะการยืดหยุ่น โค้งงอ ทำให้ฟิล์มจับกันเป็นแผ่น เพิ่มการยืดตัวของฟิล์ม (Laohakunjit และ Noomhorm, 2004, Mali และคณะ, 2005)

## สรุปผล

จากศึกษาการผลิตฟิล์มจากสตาร์ชแห้วจีน โดยแปรปริมาณสตาร์ชแห้วจีน พบว่าปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความชื้น อัตราการซึมผ่านไอน้ำ และการละลายเพิ่มขึ้น และการเพิ่มปริมาณสตาร์ช มีผลทำให้ค่าความชื้น อัตราการซึมผ่านไอน้ำ และการละลายลดลง โดยฟิล์มที่ใช้สตาร์ช ร้อยละ 5 และกลีเซอรอล ร้อยละ 90 มีค่าสูงที่สุด ส่วนสมบัติทางกล พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลมากขึ้น มีผลทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดลดลง และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสตาร์ช โดยฟิล์มที่ใช้สตาร์ชร้อยละ 10 และกลีเซอรอล ร้อยละ 30 มีค่าสูงที่สุด ส่วนความยืดตัวของฟิล์มเมื่อเพิ่มปริมาณสตาร์ชและกลีเซอรอลมากขึ้นจะทำให้มีค่าการยืดตัวของฟิล์มเพิ่มขึ้น โดยฟิล์มที่ใช้สตาร์ชร้อยละ 10 และกลีเซอรอล ร้อยละ 90 มีค่าสูงที่สุด และฟิล์มทุกสูตรสามารถต้านทานน้ำมันได้มากกว่า 30 วัน ดังนั้นฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งแห้วสามารถนำมาผลิตเป็นภาชนะบรรจุอาหารที่มีไขมันสูงได้ ซึ่งเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ประโยชน์

## เอกสารอ้างอิง

กษิดิศ อิ่มประไพ อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2553, การศึกษาคุณสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 609-612.

ผาณิต รุจิรพิสิฐ, 2550, การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของสตาร์ชและกากสตาร์ชจากแห้วจีน, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 27(2): 162-172.

มาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม, 2529, (มอก. 654-2529): มาตรฐานภาชนะพลาสติกและฟิล์มพลาสติก สำหรับบรรจุน้ำมันและไขมันบริโภค, สำนักงาน มาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร

สุวัฒนา พฤกษะศรี, 2539, การผลิตฟิล์มที่บริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและการประยุกต์ใช้, งานวิจัยปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 37 หน้า

Arvanitoyannis, C.G., Biliaderis, H. and Kawasaki, N., 1999, Biodegradable Films Made From Low Density Polyethylene (LDPE), Rice Starch, and Potato Starch for Food Packaging Applications, Carbohydrate Polymers, 36(2): 89-104.

ASTM, 1989, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting (ASTM D882-88), Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA, 182-189.

Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L. and Nobile, M.A.D., 2008, Influence of Glycerol and Chitosan on Tapioca Starch-based Edible Film Properties, Journal of Food Engineering, 88: 159–168.

Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq, J.L., 1992, Edible Wheat Gluten Films: Influence of the Main Process Variables on Films on Film Properties using Response Surface Methodology, Journal of Food Science, 58(5): 190-195, 199.

Guilbert, S. and Gontard, N., 1995, Edible and Biodegradable Food Packaging, In: food and Packaging Materials-Chemical Interaction, Ackermann, P., Jagerstad, M. and Ohlsson, T. (Eds.), The Royal Society of Chemistry, Cambridge, England, 159-168.

Laohakunjit, N. and Noomhorm, A., 2004, Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch film, Starch/Starke, 56(8): 348-356

Mali, S., Sakanaka, L.S., Yamashita, F. and Grossmann, M.V.E., 2005, Water Sorption and Mechanical Properties of Cassava Starch Films and Their Relation to Plasticizing Effect, Carbohydrate Polymers, 60: 283-289.

Rhim, J.W., Wu, Y., Weller, C.L. and Schnepf, M., 1999, Physical Characteristics of a Composite Film of Soy Protein Isolate and Propylen glycol Alginate, Journal of Food Science, 64: 149-152.

(A) Starch 5%: + Glycerol 30%

(B) Starch 5%: + Glycerol 60%

(C) Starch 5%: + Glycerol 90%

(D) Starch 7.5%: + Glycerol 30%

(E) Starch 7.5%: + Glycerol 60%

(F) Starch 7.5%: + Glycerol 90%

(G) Starch 10%: + Glycerol 30%

(H) Starch 10%: + Glycerol 60%

(I) Starch 10%: + Glycerol 90%

**Figure 1** Appearance of Chinese water chestnuts starch film

**Table 1** Physicochemical properties of Chinese water chestnuts starch film

| Starch (%) | Glycerol Conc. (% by starch wt.) | Moisture content (%) | WVTR ($g/m^2$.day) | Water Solubility (%) | Thickness (mm.) |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 30 | 7.77±0.32$^{c}$ | 231.38±5.96$^{d}$ | 47.34±2.10$^{c}$ | 0.06±0.006$^{h}$ |
| | 60 | 9.90±0.45$^{b}$ | 233.97±3.30$^{d}$ | 48.58±2.36$^{c}$ | 0.07±0.007$^{g}$ |
| | 90 | 11.62±0.18$^{a}$ | 256.12±2.84$^{a}$ | 66.51±5.10$^{a}$ | 0.14±0.010$^{c}$ |
| 7.5 | 30 | 7.13±2.33$^{cd}$ | 234.18±4.33$^{d}$ | 42.38±0.73$^{d}$ | 0.09±0.008$^{f}$ |
| | 60 | 9.60±0.01$^{b}$ | 237.78±5.05$^{cd}$ | 47.32±1.10$^{c}$ | 0.09±0.020$^{f}$ |
| | 90 | 9.84±0.82$^{b}$ | 247.28±2.95$^{b}$ | 63.83±0.59$^{ab}$ | 0.19±0.010$^{a}$ |
| 10 | 30 | 6.74±0.45$^{d}$ | 236.73±3.61$^{cd}$ | 42.11±1.43$^{d}$ | 0.13±0.010$^{d}$ |
| | 60 | 7.31±0.67$^{cd}$ | 236.90±2.02$^{cd}$ | 46.60±2.11$^{c}$ | 0.11±0.030$^{e}$ |
| | 90 | 7.86±1.91$^{c}$ | 242.69±4.71$^{bc}$ | 61.63±1.53$^{b}$ | 0.17±0.023$^{b}$ |

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

**Table 2** Mechanical properties of Chinese water chestnuts starch film

| Starch (%) | Glycerol Conc. (% by starch wt.) | Tensile strength (MPa) | Elongation (%) |
|---|---|---|---|
| 5 | 30 | 14.96± 1.23$^{e}$ | 32.76±1.98$^{c}$ |
| | 60 | 14.61±2.37$^{e}$ | 33.16±0.32$^{c}$ |
| | 90 | 4.69±0.59$^{f}$ | 37.97±0.60$^{b}$ |
| 7.5 | 30 | 41.74± 5.2$^{c}$ | 34.21±3.83$^{bc}$ |
| | 60 | 33.76±1.04$^{d}$ | 36.29±4.98$^{bc}$ |
| | 90 | 4.88±0.46$^{f}$ | 38.23±2.33$^{b}$ |
| 10 | 30 | 46.73±3.29$^{a}$ | 60.20±1.41$^{a}$ |
| | 60 | 43.91±2.34$^{b}$ | 61.49±4.21$^{a}$ |
| | 90 | 6.30±0.95$^{f}$ | 62.87±1.60$^{a}$ |

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 669-672 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 669-672 (2558)

# ผลของออกซินและกะปิต่อการขยายพันธุ์ชมพู่น้ำดอกไม้ด้วยวิธีการตอนกิ่ง

# Effects of Auxin and Shrimp Paste on Layering of 'Nam Dok Mai' Rose Apple

เจนจิรา ชุมภูคำ[1] ณรฐชล วีรทัตประภา[1] และ ณัฏฐ พิชกรรม[1]

Chumpookam, J.[1], Weeratatprapa, N.[1] and Pichakum, N.[1]

## Abstract

This experiment studied the effect of three different auxin formulas (500 ppm IBA, 500 ppm NAA and IBA 250 ppm + NAA 250 ppm) and three different types of shrimp paste (made of shrimp, khoei, fish) on rooting efficiency of 'Nam Dok Mai' rose apple layering. Results showed that the layering treated with 500 ppm IBA had the best rooting rate of 80%, survival rate of 80%, number of root was 8.7, and root diameter was 2.07 mm. The layering treated with 500 ppm NAA resulted in the greatest root length of 29.65 mm, while the layering receiving 250 ppm IBA + 250 ppm NAA did not produce any roots, only callus. Moreover, all layering treatments with shrimp paste had no roots and were infected with fungi at girdle. Therefore, 500 ppm IBA resulted in the best rooting efficiency for layering 'Nam Dok Mai' rose apple.

**Keywords:** auxin, shrimp paste, rooting, survival

## บทคัดย่อ

การทดลองนี้ทำการศึกษาผลของออกซิน 3 สูตรคือ IBA 500 ppm, NAA 500 ppm, IBA 250 ppm + NAA 250 ppm และกะปิ 3 ชนิด คือ กะปิกุ้ง, กะปิเคย และกะปิปลา ต่อการเกิดรากของกิ่งตอนชมพู่น้ำดอกไม้ พบว่ากิ่งตอนชมพู่ที่ได้รับ IBA 500 ppm มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 80% เปอร์เซ็นต์การเกิดราก 80% จำนวนราก 8.7 ราก และเส้นผ่าศูนย์กลางราก 2.07 มิลลิเมตร กิ่งตอนชมพู่ที่ได้รับ NAA 500 ppm มีความยาวรากสูงที่สุด คือ 29.65 มิลลิเมตร และกิ่งที่ได้รับ IBA 250 ppm + NAA 250 ppm ไม่พบการเกิดราก แต่พบการเกิดแคลลัส ขณะที่กิ่งที่ได้รับกะปิทั้ง 3 ชนิด ไม่พบการเกิดรากเนื่องจากมีเชื้อราเข้าทำลายเนื้อเยื่อบริเวณรอยควั่น ดังนั้นการใช้ IBA 500 ppm มีผลต่อการชักนำการเกิดรากของชมพู่น้ำดอกไม้ด้วยวิธีการตอนกิ่งได้ดีที่สุด

**คำสำคัญ**: ออกซิน กะปิ การเกิดราก การรอดชีวิต

## คำนำ

ชมพู่น้ำดอกไม้ (*Syzygium jambos* L. Alston 'Nam Dok Mai') มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ลำต้นมีทรงพุ่มขนาดปานกลาง ใบเล็กเรียวยาว สีเขียวเข้มเป็นมัน ดอกสีขาวอมเหลือง มีกลิ่นหอม ผลเมื่อแก่มีสีเขียวอ่อนหรือมีสีชมพูปนเล็กน้อย รสชาติหวานเนื้อบางกรอบ มีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นดอกกุหลาบ และมีเมล็ดโต ชมพู่น้ำดอกไม้ มีสรรพคุณและประโยชน์มากมาย เช่น ส่วนผลนำมาปรุงเป็นยาหอม ชูกำลัง บำรุงหัวใจ และแก้ลมปลายไข้ ส่วนเปลือก, ต้น, เมล็ด นำมาทำเป็นยาแก้เบาหวานและแก้ท้องเสียได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2554) การขยายพันธุ์ต้นชมพู่น้ำดอกไม้สามารถทำได้ด้วยวิธีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เช่น ตอนกิ่งและปักชำ ซึ่งเป็นวิธีการเพื่อให้ต้นตอที่ได้มีพันธุกรรมและลักษณะต่างๆ ที่แสดงออกเหมือนต้นแม่ทุกประการ (True-to-type) และเนื่องจากไม้ผลบางชนิดเป็นไม้ผลที่เกิดรากยากและช้า จึงจำเป็นต้องชักนำการออกรากของกิ่งตอนด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่ม Auxin เช่น Naphthalene acetic acid (NAA), Indole-3-butyric acid (IBA), 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) เป็นต้น (Ram และ Sirohi, 1992) ออกซิน (Auxin) เป็นกลุ่มของสารที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์ (Cell enlargement) การแบ่งตัวของเซลล์ในแคมเบี่ยม การขยายขนาดของใบ การเกิดราก การขยายขนาดของผล ป้องกันการหลุดร่วงของใบ ดอก ผล ยับยั้งการแตกตาข้าง Naz และ Aslam (2003)

---

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

ทดสอบการใช้ IBA ที่ระดับความเข้มข้น 0 1000, 2000, 3000, 4000 และ 5000 ppm กับกิ่งตอนมะม่วงพันธุ์ Sindhri พบว่า การใช้ IBA ความเข้มข้น 2000 ppm และ 3000 ppm ชักนำให้กิ่งตอนมีจำนวนรากมากที่สุด ในขณะที่ IBA ที่ระดับความเข้มข้น 1000 - 3000 ppm สามารถส่งเสริมให้รากของกิ่งตอนมะม่วงมีความสมบูรณ์และเพิ่มความยาวรากได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม กะปิ เป็นเครื่องปรุงรสชนิดหนึ่งที่แพร่หลายในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และทางตอนใต้ของประเทศจีน สำหรับในประเทศไทยมีชนิดกะปิมากมาย นิยมใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องแกงคู่ครัวคนไทยมาตั้งแต่อดีตกาล กะปิแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันทั้งคุณภาพ วัตถุดิบ และกรรมวิธีการผลิต โดยส่วนใหญ่ทำจากกุ้งเคย ซึ่งมีมากในแทบชายฝั่งทะเลอันดามัน ซึ่งทางภาคใต้ของไทยเรียกกะปิว่า 'เคย' มี 3 แบบ ด้วยกันคือ เคยกุ้ง, เคยปลา และเคยกุ้งหวาน เป็นต้น (วิกิพีเดีย, 2558) กะปินั้นมีสารอาหารที่ช่วยกระตุ้นการออกรากของกิ่งตอนได้เป็นอย่างดี อีกทั้งประหยัดเวลา ลดค่าใช้จ่ายสารเคมีชักนำการเกิดรากและสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ เนื่องจากในกะปิมีสารอินโดล ที่ได้จากการหมักกุ้งที่ใช้ทำกะปิ สารอินโดลนี้มีรูปร่างโมเลกุลคล้ายกับ ฮอร์โมนออกซิน ที่ใช้ในการเร่งรากนั่นเอง ดังนั้นการใช้กะปิก็สามารถเร่งการเกิดรากได้ อีกทั้งกะปิส่วนใหญ่ใช้กุ้งหรือเคยมาทำเป็นกะปิ ซึ่งในตัวของกุ้งหรือเคยจะมีสารที่เรียกว่า Kinetin และเมื่อโดนความร้อนสาร Kinetin เป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมนที่เรียกว่าไคโตซาน ซึ่งจะมีผลต่อการขยายของเซลล์ จึงทำให้ต้นพืชที่ได้รับสารนี้มีการแบ่งเซลล์ที่มากขึ้น จึงเกิดรากในจำนวนที่เพิ่มขึ้นเมื่อนำไปใช้กับการตอนกิ่ง (สุนทร, 2551) ได้ทดลองนำกะปิมาใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชแทนการใช้ฮอร์โมนเพื่อการเร่งรากของมะนาวตอนกิ่งโดยพบว่ากะปิสามารถเร่งการเกิดรากได้ดี และนับเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านในการช่วยเร่งการเกิดราก แต่ไม่ได้รับความนิยม เนื่องจากยังขาดข้อมูลที่แน่นอนของผลการใช้กะปิเป็นสารเร่งรากของกิ่งตอน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่ากะปิมีผลต่อการเร่งรากของกิ่งตอนชมพู่น้ำดอกไม้หรือไม่ โดยศึกษาผลของออกซิน (IBA, NAA, IBA+NAA) และกะปิ (กะปิกุ้ง, กะปิเคย และกะปิปลา) ต่อการออกราก และการรอดชีวิตของกิ่งตอนชมพู่น้ำดอกไม้ เนื่องจากกะปิมีต้นทุนที่ถูกกว่าออกซินในท้องตลาดและยังเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาพื้นบ้านของไทยอีกด้วย

## อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกกิ่งจากต้นชมพู่น้ำดอกไม้ที่ปลูกในบริเวณแปลง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลือกกิ่งที่มีลักษณะเป็นกิ่งกึ่งแก่กึ่งอ่อนและมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 7 สิ่งทดลอง ดังนี้ 1) ไม่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต (control) 2) IBA 500 ppm 3) NAA 500 ppm 4) IBA 250 ppm + NAA 250 ppm 5) กะปิกุ้ง 6) กะปิเคย และ 7) กะปิปลา แต่ละสิ่งทดลองมี 10 ซ้ำ ทำการตอนกิ่งโดยควั่นห่างจากยอดประมาณ 15-30 เซนติเมตร และใต้ตาหรือข้อประมาณ 1 เซนติเมตร ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดรากได้มากที่สุด ให้รอยควั่นมีความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร แล้วให้ทาด้วยสิ่งทดลองในบริเวณแผลขอบบนของรอยควั่น จากนั้นห่อด้วยตุ้มมะพร้าวที่เตรียมไว้ เตรียมตุ้มโดยนำขุยมะพร้าวสับไปแช่น้ำเป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ขุยมะพร้าวดูดความชื้นไว้ จากนั้นบีบขุยมะพร้าวให้มีความชื้นอยู่พอประมาณ และนำขุยมะพร้าวใส่ในถุงพลาสติกขนาด 4x6 นิ้ว มัดปากถุงให้แน่นด้วยเชือกฟาง และมัดประกบกับกิ่งตอนให้แน่นด้วยเชือกฟางทันทีเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำและกันไม่ให้เกิดน้ำขังในรอยต่อของตุ้มเมื่อมีฝนตกลงมา ทำการบันทึกผลการทดลองภายหลังจากการตอนกิ่ง 30 วัน ดังนี้คือ จำนวนราก ความยาวราก (มิลลิเมตร) เส้นผ่าศูนย์กลางของรากบริเวณโคนราก (มิลลิเมตร) การเกิดราก (%) และการรอดชีวิต (%) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA analysis และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของออกซิน (IBA, NAA และ IBA+NAA) และกะปิ 3 ชนิด (กะปิกุ้ง, กะปิเคย และ กะปิปลา) ต่อการเกิดรากของกิ่งตอนชมพู่น้ำดอกไม้ มีผลการทดลองดังต่อไปนี้ การรอดชีวิตพบว่า กิ่งตอนชมพู่น้ำดอกไม้ที่ได้รับ IBA 500 ppm, NAA 500 ppm และ IBA 250 ppm+NAA 250 ppm มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงที่สุดและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ คือ 80% รองลงมาคือ กิ่งตอนชมพู่ที่ไม่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโต, กะปิปลา, กะปิกุ้ง และกะปิเคย ให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตคือ 60%, 50%, 40% และ 30% ตามลำดับ (Table 1) การเกิดรากพบว่า กิ่งตอนชมพู่น้ำดอกไม้ที่ได้รับ IBA 500 ppm และ NAA 500 ppm มีเปอร์เซนต์การเกิดรากมากที่สุดและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญคือ 80% รองลงมาคือ กิ่งตอนชมพู่ที่ไม่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตคือ 60% จำนวนรากต่อกิ่งพบว่า กิ่งตอนชมพู่น้ำดอกไม้ที่ได้รับ IBA 500 ppm มีจำนวนรากสูงที่สุดและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญคือ 8.7 ราก รองลงมาคือ การ

ใช้ NAA 500 ppm มี 5 ราก และกิ่งตอนชมพู่ที่ไม่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตมี 1.9 ราก (Table 1) (Figure 1) และสำหรับกิ่งที่ได้รับ IBA 250 ppm+NAA 250 ppm เกิดปมแคลลัสในกิ่งที่รอด ความยาวรากพบว่า กิ่งตอนชมพู่น้ำดอกไม้ที่ได้รับ NAA 500 ppm ให้ความยาวรากมากที่สุด และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญคือ 29.65 มิลลิเมตร รองลงมาคือการใช้ IBA 500 ppm และกิ่งตอนชมพู่ที่ไม่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโต ให้ความยาว 23.33 มิลลิเมตร และ 14.74 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 1) (Figure 1) เส้นผ่าศูนย์กลางรากพบว่า กิ่งตอนชมพู่น้ำดอกไม้ที่ได้รับ IBA 500 ppm มีเส้นผ่าศูนย์กลางรากมากที่สุด และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญคือ 2.07 มิลลิเมตร รองลงมาคือ การใช้ NAA 500 ppm และกิ่งตอนชมพู่ที่ไม่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโต ให้เส้นผ่าศูนย์กลางรากคือ 1.51 มิลลิเมตร และ 0.91 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 1) สำหรับกะปิทั้ง 3 ชนิด ไม่ก่อให้เกิดรากขึ้นในกิ่งตอนชมพู่ เกิดกิ่งแห้งตายและพบเชื้อราเข้าทำลาย จึงทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้

จากผลการทดลอง ผลของออกซิน (IBA, NAA และ IBA+NAA) และกะปิ 3 ชนิด (กะปิกุ้ง, กะปิเคย และ กะปิปลา) ต่อการเกิดรากของกิ่งตอนชมพู่น้ำดอกไม้ พบว่ากิ่งตอนที่ได้รับ IBA 500 ppm และ NAA 500 ppm มีเปอร์เซนต์การเกิดรากสูงสุดและรากที่เกิดขึ้นมีลักษณะสมบูรณ์ คือมีความยาว และเส้นผ่าศูนย์กลางรากสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Martins และ Antunes (2000) ที่ได้ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเกิดรากของชมพู่น้ำดอกไม้ พบว่าเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเพิ่มขึ้นนั้นมีผลจากความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของ IBA และยังสอดคล้องกับผลการทดลองของ Paul และ Aditi (2009) ที่ได้ศึกษา IBA 1000 ppm และ NAA 1000 ppm ในการชักนำให้เกิดรากของชมพู่น้ำดอกไม้ ด้วยวิธีการตอนกิ่ง พบว่า กิ่งตอนที่ได้รับ IBA 1000 ppm ให้ผลดีกว่า NAA 1000 ppm และยังพบว่าจำนวนราก เส้นผ่าศูนย์กลางราก และเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากกว่ากิ่งตอนที่ไม่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโต การเกิดปมแคลลัสที่บริเวณแผลของรอยควั่น อาจเกิดจากระยะเวลาในการเก็บผลการทดลองที่สั้น (30 วัน) ขนาดของรากที่ได้จึงมีขนาดเล็ก และถ้าใช้ระยะเวลาในการทดลองมากขึ้น แคลลัสบางส่วนอาจสามารถพัฒนาเป็นรากได้ และสำหรับกิ่งตอนชมพู่ที่ถูกทดสอบด้วยกะปิทั้ง 3 ชนิด ไม่มีรากเกิดขึ้น และมีเชื้อราเข้าทำลายเนื้อเยื่อบริเวณรอยควั่น เนื่องจากปริมาณและความเข้มข้นที่ใช้อาจมีมากเกินไป จากการทดลองของ ธีรดา (2541) พบว่า มีลักษณะการเข้าทำลายเชื้อราเมื่อใช้สารละลายกะปิที่ความเข้มข้นสูง ซึ่งในกะปิมีสารอาหารอยู่หลายอย่างจึงเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ ดังนั้นอาจจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในการใช้กะปิต่อการออกรากของกิ่งตอนพืชต่อไป

## สรุปผล

จากการศึกษาผลของออกซิน IBA, NAA, IBA+NAA และกะปิทั้ง 3 ชนิด ต่อการออกรากของชมพู่น้ำดอกไม้ ที่ทำการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการตอนกิ่ง พบว่า IBA 500 ppm เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของรากชมพู่น้ำดอกไม้ได้ดีที่สุด เนื่องจากมีจำนวนราก เส้นผ่านศูนย์กลางราก เปอร์เซ็นต์เกิดราก และเปอร์เซนต์การรอดสูงที่สุด ส่วนกะปิทั้ง 3 ชนิด ไม่พบการเกิดรากเนื่องจากมีกลุ่มเชื้อราเข้าทำลายเนื้อเยื่อบริเวณรอยควั่น

## เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2554, ชมพู่น้ำดอกไม้ [สืบค้น], http://www.doa.go.th/hrc/chumphon/index.php?option=com_content&view=article&id=85:2011-06-07-10-01-49&catid=35:2011-02-22-09-59-01&Itemid=77 [10/ April /13].

วิกิพีเดีย, 2558, กะปิ [สืบค้น], http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%B0%E0%B8%9B%E0%B8%B4 [9/ June /15].

สุนทร พึ่งกมล, 2551, การตอนกิ่งมะนาวด้วยกะปิ, โรงเรียนบ้านเกาะ เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ

Martins, A.B.G. and Antunes, E.C., 2000, Propagation of Rose Apples (*Syzygium jambos* L. Alston) by Air Layering, Revista Brasileira de Fruticultura, 22: 205-207.

Naz, S. and Aslam, M., 2003, Effect of Different Concentrations of Indole Butyric acid (IBA) and Age of Shoot on Air Layering of Mango *(Mangifera indica* Linn.), Journal of Research Science, 14(2): 193-198.

Paul, R. and Aditi, C.H., 2009, IBA and NAA of 1000 ppm Induce more Improved Rooting Characters in Air-layers of Water Apple (*Syzyguim javanica* L.), Bulgarian Journal of Agricultural Science, 15: 123-128.

Ram, S. and Sirohi, S.C., 1992, Performance of Dusehri Mango Trees Propagated by Different Vegetative Methods, Acta Horticulturae, 234(2): 210-215.

**Table 1** Rooting and survival percentage of ''rose apple layering at 30 day after apply treatment.

| Treatment | Survival (%) | Rooting (%) | Root number | Root Length (mm.) | Root Diameter (mm.) | Note |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | 60 b [1/] | 60 b | 1.90 b | 14.74 b | 0.91 b | - |
| IBA (500 ppm) | 80 a | 80 a | 8.70 a | 23.33 ab | 2.07 a | - |
| NAA (500 ppm) | 80 a | 80 a | 5.00 ab | 29.65 a | 1.51 ab | - |
| IBA (250 ppm)+ NAA (250 ppm) | 80 a | - | - | - | - | callus |
| Shrimp-shrimp paste | 40 bc | - | - | - | - | fungal infection |
| Khoei-shrimp paste | 30 c | - | - | - | - | fungal infection |
| Fish-shrimp paste | 50 bc | - | - | - | - | fungal infection |
| F-test | * | * | * | * | * | - |
| C.V.% | 75.36 | 62.1 | 82.34 | 67.85 | 98 | - |

[1/] Means in the same column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by DMRT.

**Figure 1** Root presence in 'Nam Dok Mai' Rose apple branches at the control, 500 ppm IBA and 500 ppm NAA treatment (left to right).

# การชักนำให้เกิดกลิ่นในดอกกระดังงาจีน (*Artabotrys hexapetalus*) โดยเอทิฟอน

## Initiation of Kradang Nga Chin (*Artabotrys hexapetalus*) Flower Scent by Ethephon

**สมโภชน์ น้อยจินดา[1] กิตติ โพธิปัทมะ[1] นุชนาฏ เครือสวัสดิ์[1] ช่อผกา รองเย็น[1] และ อุทร ชิขุนทด[1]**

Noichinda, S.[1], Bodhipadma, K.[1], Kruersawat, N.[1], Rongyen, C.[1] and Chikhuntod, U.[1]

### Abstract

Usually, Kradang Nga Chin (*Artabotrys hexapetalus*) flower emits its scent accompanying with petal color changes from greenish yellow (GY) to yellow (Y) during 4-8 pm. Thus, this research aimed to induce Kradang Nga Chin flower scent in earlier period than normal duration time. Three stages of Kradang Nga Chin flower (dark green, light green and greenish yellow) were harvested at 11 am and subsequently fumigated with 0 and 900 ppm 1-MCP for 1 hour. Then, the peduncle was soaked in 0, 100, 200, 500 and 1000 ppm ethephon solutions and kept at ambient room (34±2$^{\circ}$C; RH 67±10%) from 12 pm to 6 pm. The blooming, coloring and smelling were investigated every hour. It was found that ethephon triggered earlier flower blooming and scenting in light green and greenish yellow flower than control. However, 1-MCP seemed to eradicate this phenomenon.

**Keywords**: *Artabotrys hexapetalus*, ethephon, 1-MCP, petal

### บทคัดย่อ

โดยทั่วไปดอกกระดังงาจีน (*Artabotrys hexapetalus*) จะส่งกลิ่นไปพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงของสีกลีบดอกจากเขียวอมเหลือง (GY) ไปเป็นเหลือง (Y) ในช่วง 16.00-20.00 น. ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อชักนำให้เกิดกลิ่นในดอกกระดังงาจีนก่อนช่วงเวลาปกติ เก็บดอกกระดังงาจีน 3 ระยะ (สีเขียวเข้ม สีเขียวอ่อน และสีเขียวอมเหลือง) ณ เวลา 11.00 น. แล้วนำไปรมด้วย 1-MCP ที่ 0 และ 900 ppm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นจุ่มก้านดอกลงในสารละลายเอทิฟอนที่ความเข้มข้น 0, 100, 200, 500 และ 1000 ppm แล้วเก็บที่อุณหภูมิห้อง (34±2$^{\circ}$C; RH = 67%±10%) จากเวลา 12.00 ถึง 18.00 น. สังเกตการบาน การเปลี่ยนสี และความหอมของดอกทุกๆ ชั่วโมง พบว่าเอทิฟอนช่วยเร่งการบานและความหอมของดอกสีเขียวอ่อนและสีเขียวอมเหลืองมากกว่ากลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามดูเหมือนว่า 1-MCP สามารถลบล้างปรากฏการณ์นี้ได้

**คำสำคัญ**: กระดังงาจีน เอทิฟอน 1-MCP กลีบดอก

### Introduction

Flower of Karawek (*Artabotrys siamensis* Miq.) or Kradang Nga Chin [*A. hexapetalus* (L. f.) Bhandari] somewhat bloomed after full development (dark green petal). It normally takes about 15 days from flower bud to start blooming (Thammasang, 2009). During this blooming, the petals slightly open and change color simultaneously at noontime (Noichinda *et al*., 2014). However, the duration of flavor emitting (mild to strong fragrance) gradually sets out from 4 until 8 PM, then declines until scentless after petal color changes to yellowish orange and follows by petal detachment next morning. This blooming phenomenon is nearly similar to the fruit ripening behavior excepting this kind of flower needs specific interval from 4 to 8 PM.

Esters were majority of aroma components in Kradang Nga Chin (Mahidol *et al*., 2005) and Karawek (Padungha *et al*., 2014) flowers which was an enzymatic synthesized reaction. In certain flowers and fruits, alcohol acetyltransferase (AAT) is a key enzyme that plays an importance role in ester biosynthesis (Khanom *et al*., 2003; Nimitkeatkai *et al*., 2006). AAT is classified as *de novo* enzyme (build-up during flower or fruit senescence) locating in cytosol of plant cell (Noichinda *et al*., 1999). The substrate of Karawek flower-AAT was

[1] สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, บางซื่อ, กรุงเทพฯ 10800 ประเทศไทย

[1] Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand

investigated and aliphatic alcohols seem to be preferred as substrates. Moreover, during ripening of Karawek fruit, it emitted ester-flavor which similar to the flavor of flower volatile (unpublished data). Hence, the aim of this research was to initiate the earlier blooming and flavoring of harvested greenish yellow stage of Kradang Nga Chin flower by ethephon.

## Materials and Methods

The different maturity stages (dark green, light green and greenish yellow) of Kradang Nga Chin flowers were harvested from King Mongkut's University of Technology North Bangkok garden at 11 AM. The flowers were fumigated with 0 (control) or 900 ppm 1-MCP for 1 hour. Subsequently, peduncles were soaked in 0, 100, 200, 500 and 1000 ppm ethephon solutions and kept at ambient room (34±2°C; RH 67±10%) from 12 to 6 PM. The blooming, coloring and smelling were investigated every hour by photograph comparison and human nose sniffing for fragrance ranging score from scentless (-) to strong scent (+++++). Data were collected from 10 persons.

## Results and Discussion

Naturally, Kradang Nga Chin flower discharges strong scent during 6-8 PM (Noichinda *et al*., 2014) before scentless. However, in the present research, we used detached Kradang Nga Chin flower and found that, without any treatment, greenish yellow stage emitted mild fragrance from 4 PM. This could occur because of the wounding-induced ethylene (Kato *et al*., 2000). The earlier fragrance of Kradang Nga Chin flower was also perceptibly observed after treated with ethephon (ethylene releasing agent) in the current experiment. Our results revealed that 1000 ppm ethephon was capable to initiate the detached mature green (light green) Kradang Nga Chin flower for earlier scenting from 3 PM (Table 1). This enhancement was obviously found in greenish yellow stage of detached Kradang Nga Chin flower which emitted the fragrant volatiles from 3 PM in 200 ppm ethephon treatment and earliest from 2 PM by applying 1000 ppm ethephon (Table 1). The treated petal of greenish yellow stage released strong smell in cooperation with blooming in advance. Besides, high concentration of ethephon induced enormously open of flower petal (Figure 1) that similar to the response of ethylene in leaf epinasty (Ursin and Bradford, 1989). Nevertheless, this acceleration was ineffective for early-mature (dark green) stage and 1-MCP could exterminate the effect of ethephon (Table 1). Thus, the stage of floral development in Kradang Nga Chin showed different response to various ethylene concentrations. This phenomenon resembles the ripening behavior of climacteric fruit which ethylene can trigger the ripening process in mature green fruit. Therefore, from our results, we can conclude that the blooming and scenting of Kradang Nga Chin flower was similar to those ripening of climacteric fruit.

## Literature cited

Kato, M., Hayakawa, Y., Hyodo, H., Ikoma, Y. and Yano, M., 2000, Wound-Induced Ethylene Synthesis and Expression and Formation of 1- Aminocyclopropane-I-Carboxylate (ACC) Synthase, ACC Oxidase, Phenylalanine Ammonia-Lyase, and Peroxidase in Wounded Mesocarp Tissue of *Cucurbita maxima*, Plant Cell Physiology, 41(4): 440-447.

Khanom, M.M., Ueda, Y., Imahori, Y., Ishimaru, M. and Noichinda, S., 2003, Aliphatic and Aromatic Alcohol Acetyltransferase from Melon (*Cucumis melo* L. cv. Prince Melon), Applied Biological Science, 7: 71-83.

Mahidol, C., Chimnoi, M., Chokchaichamnankit, D. and Tecasakul, S., 2005, Identification of Volatile Constituents in *Artabotrys hexapetalus* Flowers Using Simple Headspace Solvent-trapping Technique in Combination with Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Retention Indices, Acta Horticulturae, 677: 43-50.

Nimitkeatkai, H., Ueda, Y., Inamoto, K. and Doi, M., 2006, Ester Formation and Substrate Specificity of Alcohol Acetyltransferase in Cut Flowers of Gypsophila (*Gypsophila paniculata* L.), Journal of The Japanese Society for Horticultural Science, 75: 148-153.

Noichinda, S., Ueda, Y., Imahori, Y. and Chachin, K., 1999, Subcellular Localization of Alcohol Acetyltransferase in Strawberry Fruit, Food Science Technology Research, 5(3): 239-242.

Noichinda, S., Bodhipatma, K., Puangsiri, C. and Chikhuntod, U., 2014, Fatty Acid Degradation in Different Maturity Stages of Kradang Nga Chin (*Artabotrys hexapetalus*) Flower, Agricultural Science Journal, 45(2)(Suppl.): 405-408.

Padungha, W., Noichinda, S., Bodhipadma, K., Jirapong, C. and Wongs-Aree, C., 2014, Evaluation of Ester Volatiles in Karawek (*Artabotrys siamensis*) Flower, Agricultural Science Journal, 45(2)(Suppl.): 413-416.

Thammasang, K., 2009, Changes in Chemical Composition Related to Aroma Biosynthesis in *Artabotrys hexapetalus* Flower, B.Sc. Special Project, KMUTNB, 109 P.

Ursin, V.M. and Bradford, K.J., 1989, Auxin and Ethylene Regulation of Petiole Epinasty in Two Developmental Mutants of Tomato, *diageotropica* and *Epinastic*, Plant Physiology, 90: 1341-1346.

**Table 1** Effect of ethephon and 1-MCP on the fragrance of Kradang Nga Chin flower (*Artabotrys hexapetalus*) at different stages.

| Ethephon | Maturity stage | 0 ppm 1-MCP | | | | | 900 ppm 1-MCP | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (ppm) | | 2 PM | 3 PM | 4 PM | 5 PM | 6 PM | 2 PM | 3 PM | 4 PM | 5 PM | 6 PM |
| | Dark green | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0 | Light green | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - |
| | Greenish yellow | - | - | + | ++ | +++ | - | - | - | + | ++ |
| | Dark green | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 100 | Light green | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - |
| | Greenish yellow | - | - | + | ++ | +++ | - | - | - | + | ++ |
| | Dark green | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 200 | Light green | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - |
| | Greenish yellow | - | + | + | ++ | +++ | - | - | - | + | ++ |
| | Dark green | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 500 | Light green | - | - | - | + | ++ | - | - | - | - | + |
| | Greenish yellow | - | + | ++ | +++ | +++++ | - | - | + | ++ | +++ |
| | Dark green | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1000 | Light green | - | + | + | ++ | +++ | - | - | - | + | ++ |
| | Greenish yellow | + | ++ | +++ | ++++ | +++++ | - | - | + | ++ | +++ |

**Remark:** [-] = Scentless [+] = Little scented [+++] = Moderatly scented [+++++] = Extreamly scented

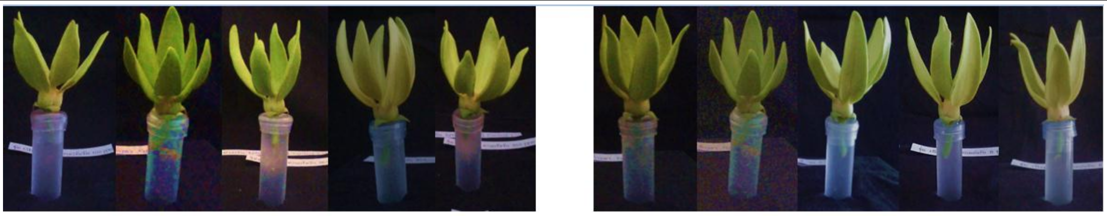
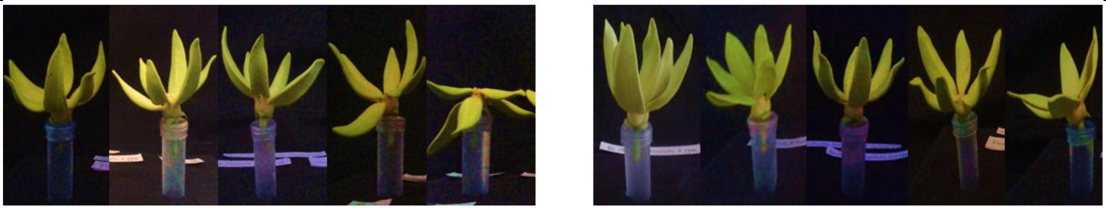
| Time | 0 ppm 1-MCP | | | | | 900 ppm 1-MCP | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ethephon (ppm) | | | | | | | | | |
| | 0 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 0 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
| 12 PM |  | | | | | | | | | |
| 6 PM |  | | | | | | | | | |

**Figure 1** Character of Kradang Nga Chin flower (*Artabotrys hexapetalus*) at greenish yellow stage after treated with ethephon or 1-MCP and ethephon.

# ผลของน้ำอิเล็กโทรบับเบิลร่วมกับบรรจุภัณฑ์เพื่อควบคุมคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภค

# Effect of Electrolyzed Bubble Water Combined with Packaging on Quality Monitoring and Shelf Life Extension of Ready-to-eat Sunflower (*Helianthus annuus*) Sprouts

**กฤติยา บุญรอด[1] และ พันธ์สิริ สุทธิลักษณ์[1]**

Boonrod, K.[1] and Suthiluk, P.[1]

## Abstract

The effect of washing solutions on quality changes of ready-to-eat sunflower sprouts was studied. Sprouts were washed with tap water (TW), 10 ppm or 40 ppm of acidic electrolyzed water (AEW), or 10 ppm Electrolyzed Bubble Water (EBW) for 2 min, then packed and stored at 5±1°C. Results showed that EBW treated sprouts had the lowest total plate count (TPC) and yeast and mold after 4 days storage and, also high vitamin C and chlorophyll content. The effect of EBW combined with packaging on the quality of sprouts was evaluated by packing the sample in PP bag (commercial bag), tray sealed with anti-fog PP film (PP-AF) or plastic box. EBW treated sample packed in PP bag obtained the lowest percentage of weight loss, TPC and yeast and molds, and high vitamin C and chlorophyll content after 6 days storage. The shelf life of sprouts was 6 days limited by TPC. Therefore, application of EBW and packaging can be an alternative way to maintain quality and safety of sunflower sprouts.

**Keywords:** electro-bubble water, shelf life, sunflower sprout

## บทคัดย่อ

การทดลองนี้ศึกษาผลของสารละลายที่ใช้ล้างต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภค โดยล้างต้นอ่อนด้วย น้ำประปา น้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (10 หรือ 40 ppm acidic electrolyzed water, AEW) และน้ำอิเล็กโทรบับเบิล (10 ppm electrolyzed bubble water, EWB) นาน 2 นาที จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำ บรรจุและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราของต้นอ่อนทานตะวันที่ล้างด้วย EWB มีค่าน้อยที่สุด และมีปริมาณวิตามินซีและคลอโรฟิลล์สูงหลังเก็บรักษานาน 4 วัน ส่วนการศึกษาผลของการล้างต้นอ่อนทานตะวันด้วย EWB ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ (ถุงพอลีโพรพิลีน (ใช้ในการค้า) บรรจุในถาดและปิดด้วยฟิล์มพอลีโพรพิลีนป้องกันการเกิดไอ และที่บรรจุในกล่องพลาสติก) พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันที่ล้างด้วย EWB แล้วบรรจุในถุงพอลิโพรพิลีน มีการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราน้อยที่สุด และมีปริมาณวิตามินซีและคลอโรฟิลล์สูงหลังเก็บรักษานาน 6 วัน โดยต้นอ่อนทานตะวันมีอายุการเก็บรักษา 6 วัน ดังนั้น การประยุกต์ใช้ EWB ร่วมกับบรรจุภัณฑ์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการรักษาคุณภาพและความปลอดภัยของต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภคได้

**คำสำคัญ**: น้ำอิเล็กโทรบับเบิล อายุการเก็บรักษา ต้นอ่อนทานตะวัน

## คำนำ

ปัจจุบันเมล็ดงอกเป็นที่นิยมและได้รับความสนใจจากผู้ดูแลและเอาใจใส่ต่อสุขภาพ เนื่องจากมีสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและเพาะปลูกง่าย ต้นอ่อนทานตะวันเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์เมล็ดงอกที่อุดมไปด้วยสารอาหาร ได้แก่ วิตามินซี คลอโรฟิลล์ ใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระ (ปิยะณัฏฐ์ และคณะ, 2556) และยังพบกรดลิโนเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันที่สำคัญต่อร่างกาย ช่วยการทำงานของสมอง การเจริญของผิวหนัง เส้นผม และกระดูก การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการดำเนินชีวิตที่ต้องการความสะดวกและรวดเร็วทำให้ผู้บริโภคหันมาสนใจผลิตภัณฑ์ที่พร้อมบริโภค ต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภคจึงเป็นอีกทางเลือกที่ดี อย่างไรก็ตาม ต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภคมีอายุการเก็บรักษาสั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

[1] สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง อ. เมือง จ.เชียงราย 57100

[1] School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Muang, Chiang Rai, 57100

การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเน่าเสียได้เร็วกว่าปกติ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าต้นอ่อนทานตะวันมีอายุการเก็บรักษาเพียง 2 วันเท่านั้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยมีลักษณะที่เหี่ยว ช้ำ และเน่าเสีย มีรายงานการใช้น้ำอิเล็กโทรไลต์เพื่อควบคุมและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดและผลิตภัณฑ์ตัดแต่งพร้อมบริโภคมากมาย เนื่องจากคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคและทำให้เน่าเสีย (Bari และคณะ, 2003; Izumi, 1999; Kiura และคณะ, 2002; Park และคณะ, 2001; Venkitanarayanan และคณะ, 1999) นอกจากนี้มีรายงานการใช้เทคนิคไมโคร-นาโนบับเบิลในอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการล้างและทำความสะอาดได้ (Takahashi และคณะ, 2007) การประยุกต์ใช้น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มีคุณสมบัติเป็นกรดร่วมกับเทคนิคการทำให้เกิดฟอง ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมและการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีความเป็นไปได้ที่จะช่วยยืดอายุและคงคุณค่าทางอาหารของต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาได้ ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำอิเล็กโทรบับเบิลร่วมกับบรรจุภัณฑ์ในการควบคุมคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภคเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส

## อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ใช้ต้นอ่อนทานตะวันงอกที่มีอายุ 7-9 วัน จากสวนของเกษตรกรใน ต.บ้านดู่ อ.เมืองเชียงราย จ.เชียงราย โดยแบ่งการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ศึกษาผลของการล้างด้วยสารละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำประปา น้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดที่เป็นกรดมีความเข้มข้นของคลอรีน 10 ppm และ 40 ppm น้ำอิเล็กโทรบับเบิลที่มีความเข้มข้นของคลอรีน 10 ppm ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภค โดยระยะเวลาในการล้าง คือ 2 นาที จากนั้นนำมาสะเด็ดน้ำ แล้วบรรจุ 100 กรัมลงในถุง Polypropylene (PP) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ คือ ปริมาณวิตามินซี (AOAC, 2000) คลอโรฟิลล์ (Yuanyuan และคณะ, 2007) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก เปอร์เซ็นต์รอยช้ำจากการตัด ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count; TPC) และปริมาณยีสต์และรา โดยให้ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการล้างเป็นชุดควบคุม (C) ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาผลของน้ำอิเล็กโทรบับเบิลร่วมกับบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภค โดยนำต้นอ่อนทานตะวันมาล้างด้วยน้ำอิเล็กโทรบับเบิลที่มีความเข้มข้นของคลอรีน 10 ppm เป็นเวลา 2 นาที นำไปสะเด็ดน้ำ แล้วชั่ง 100 กรัมบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ 3 แบบ (รูปที่ 1) คือ 1) ถุง PP ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (Oxygen Transmission Rate; OTR) 1,064 cc /$m^2$.day 2) ถาดและปิดด้วยฟิล์ม Polypropylene Anti-Fog (PP-AF) ซึ่งมี OTR เท่ากับ 3,685 cc /$m^2$.day 3) กล่องพลาสติก (box) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างหลังจากการเก็บรักษา 0, 2, 4, 6 และ 8 วัน นำมาวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ บันทึกผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลทางสถิติวิธี Duncan test โดยโปรแกรม Statistical Package for the Social Science for Windows (SPSS) เวอร์ชั่น 20

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการล้างต้นอ่อนทานตะวันด้วยสารละลายชนิดต่างๆ พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน ตัวอย่างที่ล้างด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดที่เป็นกรดที่มีความเข้มข้นของคลอรีน 10 ppm และ 40 ppm และน้ำอิเล็กโทรบับเบิลที่มีความเข้มข้นของคลอรีน 10 ppm มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.77-1.14 % ซึ่งต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) นอกจากนี้ไม่พบการเกิดรอยช้ำจาก บริเวณตัดในทุกชุดการทดลอง สำหรับปริมาณวิตามินซีและคลอโรฟิลล์ พบว่า ต้นอ่อนทานตะวันที่ล้างด้วยน้ำอิเล็กโทรบับเบิลมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ คือ 1.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ 20.71 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ การสูญเสียวิตามินซีในผักและผลไม้ระหว่างการเก็บรักษาเกิดจากถูกปฏิกิริยาออกซิเดชันในสารละลายที่มีออกซิเจนหรือไอออนของโลหะหนักเป็นส่วนประกอบ (Lee และ Kader, 2000) ส่วนการสูญเสียคลอโรฟิลล์เนื่องจากกระบวนการดีท็อกซิฟิเคชัน (detoxification) ในระหว่างการวาย (senescence) ของพืช (Hörtensteiner, 2006) สำหรับปริมาณ TPC และ ยีสต์และราในตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างที่ล้างด้วยประปา น้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดที่เป็นกรดมีความเข้มข้นของคลอรีน 10 ppm และ 40 ppm และน้ำอิเล็กโทรบับเบิลที่มีความเข้มข้นของคลอรีน 10 ppm มีปริมาณ TPC เท่ากับ 5.10, 4.33, 4.29 และ 4.30 log CFU/g ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 5.21 log CFU/g การล้างด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดที่เป็นกรดมีความเข้มข้นของคลอรีน 40 ppm และอิเล็กโทรบับเบิลสามารถยืดอายุการเก็บรักษาต้นอ่อนทานตะวันได้ 4 วัน โดยพบว่า ตัวอย่างที่ล้างด้วยน้ำอิเล็กโทรบับเบิลมีปริมาณ TPC และปริมาณยีสต์และราน้อยที่สุด (6.31 log CFU/g และ 6.47 log CFU/g) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น สำหรับผลของน้ำอิเล็กโทรบับเบิลร่วมกับบรรจุภัณฑ์ (Table 1) พบว่า ต้นอ่อนทานตะวัน

ที่ล้างด้วยน้ำอิเล็กโทรบับเบิลและบรรจุในกล่องพลาสติกมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำมากที่สุดถึง 38.10% หลังการเก็บรักษาได้ 6 วัน และยังพบการเกิดรอยช้ำจากการตัด เมื่อเทียบชุดการทดลองอื่น การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีพบว่าต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภคที่บรรจุในถุง PP มีปริมาณวิตามินซีและคลอโรฟิลล์สูงที่สุดถึง 1.42 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ 15.11 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ต้นอ่อนทานตะวันที่ล้างด้วยน้ำอิเล็กโทรบับเบิลและบรรจุในถุง PP มีปริมาณ TPC และปริมาณยีสต์และรา เท่ากับ 6.95 และ 6.84 log CFU/g ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาได้ 6 วัน ในขณะที่ตัวอย่างที่บรรจุในกล่องพลาสติกมีปริมาณ TPC และยีสต์และราน้อยที่สุด เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ปริมาณน้ำในตัวอย่างมีจำกัดทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ตัวอย่างมีลักษณะแห้ง ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

## สรุปผล

การใช้น้ำอิเล็กโทรบับเบิลร่วมกับบรรจุภัณฑ์สามารถชะลอการสูญเสียวิตามินซีและคลอโรฟิลล์ในต้นอ่อนทานตะวันพร้อมบริโภคได้โดยในการทดลองนี้มีอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ 6 วัน โดยไม่เกินค่ามาตราฐาน 6 log CFU/g ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 2 (กระทรวงสาธารณสุข, 2553) ที่อุณหภูมิ 5$\pm$1 องศาเซลเซียสเนื่องจากปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินค่ามาตรฐาน การประยุกต์ใช้น้ำอิเล็กโตรบับเบิลร่วมกับบรรจุภัณฑ์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของต้นอ่อนทางตะวันพร้อมบริโภคได้

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่สนับสนุนงบประมาณ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553, เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของภานะสัมผัสอาหาร, กระทรวงสาธารสุข [สืบค้น], http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/BQSF/File/VARITY/dmscguide1.pdf [12 February/ 15].

ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ และธนิกพงศ์ ครองข้าวนาสาร, 2556, ปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์ และเส้นใยอาหารของเมล็ดทานตะวันงอกอายุต่างๆ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(3)(พิเศษ): 142-145.

AOAC, 2000, Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists, 17th ed., Association of Official Analytical Chemists International, Verginia, 2000 pp.

Bari, M.L., Sabina, Y., Isobe, S., Uemura, T. and Isshiki, K., 2003, Effectiveness of Electrolyzed Acidic Water in Killing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* on the Surfaces of Tomatoes, Journal of Food Protection, 66: 542–548.

Hörtensteiner, S., 2006, Chlorophyll Degradation during Senescence, Annual Review of Plant Biology, 57: 55–77.

Izumi, H., 1999, Electrolysed Water as a Disinfectant for Fresh-cut Vegetables, Journal of Food Science, 64: 536–539.

Kiura, H., Sano, K., Morimatsu, S., Nakano, T., Morita, C., Yamaguchi, M., Maeda, T. and Katsuoka, Y., 2002, Bactericidal Activity of Electrolyzed Acid Water from Solution Containing Sodium Chloride at Low Concentration, in Comparison with that at High Concentration, Journal of Microbiological Methods, 49: 285–293.

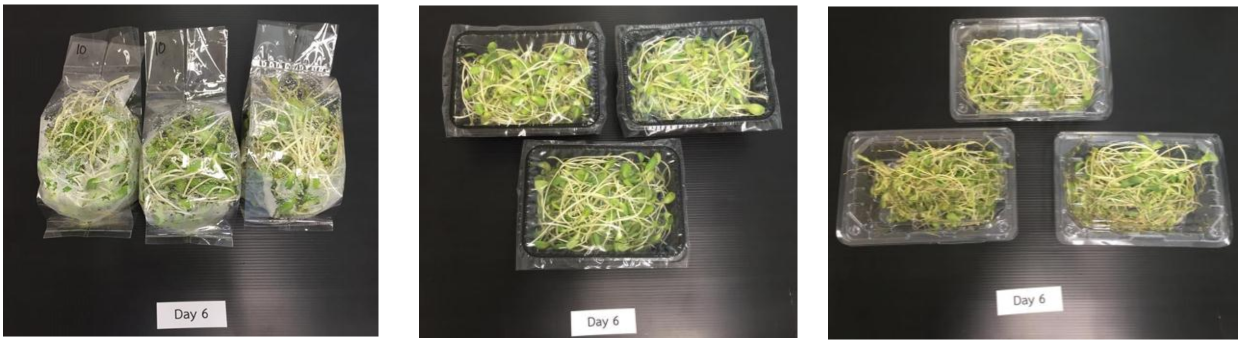
Park, H., Hung, Y. and Brackett, R.E., 2001, Antimicrobial Effect of Electrolyzed Water for Inactivating *Campylobacter jejuni* during Poultry Washing, International Journal of Food Microbiology, 72: 77–83.

Lee, S.K. and Kader, A.A., 2000, Preharvest and Postharvest Factors Influencing Vitamin C Content of Horticultural Crops, Postharvest Biology and Technology, 20(3): 207–220.

Takahashi, M., Chiba, K. and Li, P., 2007, Free-radical Generation from Collapsing Microbubbles in the Absence of a Dynamic Stimulus, Journal of Physical Chemistry B, 111(14): 1343–1347.

Venkitanarayanan, K.S., Ezieke, G.O., Hung, Y.C. and Doyle, M.P., 1999, Efficacy of Electrolyed Oxidising Water for Inactivating *Escherichia coli* O154:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes*, Applied and Environmental Microbiology, 65: 4276–4279.

Yuanyuan, H., Jianchun, S., Frangmei, Y. and Qiuhui, H., 2007, Effect of Enzyme Inactivation by Microwave and Oven Heating on Preservation Quality of Green Tea, Journal of food engineering, 78(2): 687-692.



(a) (b) (c)

**Figure 1** Sunflower sprout washed with EBW which packed in PP bag (a), PP-AF (b) and plastic box (c) stored under 5±1°C after 6 days storage

**Table 1** Change in physical, chemical and microbiological quality of the ready-to-eat sunflower sprouts washed with EBW and packed in different packaging under 5°C during storage (n = X±SD).

| Day | Package | Physical Quality | | Chemical Quality | | Microbiological Quality | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | %weight loss | %bruising fror cutting end | Vitamin C (mg/100 g) | Chlorophyll (mg/g FW) | TPC (log CFU/g) | YM (log CFU/g) |
| 0 | C | - | - | $2.56\pm0.23^{a}$ | $24.84\pm2.09^{a}$ | $6.45\pm0.10^{a}$ | $5.96\pm0.11^{a}$ |
| | PP | - | - | $2.48\pm0.13^{a}$ | $22.53\pm3.66^{a}$ | $5.43\pm0.07^{b}$ | $4.78\pm0.04^{b}$ |
| | PP-AF | - | - | $2.48\pm0.13^{a}$ | $22.53\pm3.66^{a}$ | $5.43\pm0.07^{b}$ | $4.78\pm0.04^{b}$ |
| | Box | - | - | $2.48\pm0.13^{a}$ | $22.53\pm3.66^{a}$ | $5.43\pm0.07^{b}$ | $4.78\pm0.04^{b}$ |
| 2 | C | $0.95+0.04^{b}$ | - | $1.63\pm0.29^{a}$ | $21.52\pm0.82^{a}$ | $8.86\pm0.06^{a}$ | $8.37\pm0.05^{a}$ |
| | PP Bag | $0.43+0.12^{b}$ | - | $1.65\pm0.29^{a}$ | $23.00\pm1.92^{a}$ | $6.38\pm0.24^{b}$ | $5.79\pm0.05^{c}$ |
| | PP-AF | $3.14+0.56^{b}$ | - | $1.67\pm0.26^{a}$ | $12.70\pm1.62^{b}$ | $6.12\pm0.08^{c}$ | $5.90\pm0.01^{d}$ |
| | Box | $14.01+4.98^{a}$ | 53.83+21.98 | $1.52\pm0.07^{a}$ | $12.31+1.46^{b}$ | $6.59\pm0.04^{b}$ | $6.51\pm0.11^{c}$ |
| 4 | C | $1.71\pm0.03^{b}$ | - | $1.52\pm0.19^{b}$ | $18.34\pm1.10^{a}$ | - | - |
| | PP Bag | $1.14\pm0.10^{b}$ | - | $1.77\pm0.10^{a}$ | $20.29\pm1.62^{a}$ | $6.71\pm0.08^{ab}$ | $6.88\pm0.28^{ab}$ |
| | PP-AF | $4.09\pm0.42^{b}$ | - | $1.71\pm0.25^{a}$ | $9.05\pm1.28^{b}$ | $6.83\pm0.12^{a}$ | $7.12\pm0.14^{a}$ |
| | Box | $24.67\pm7.89^{a}$ | 57.89+6.44 | $1.25\pm0.13^{b}$ | $8.21\pm1.60^{b}$ | $6.42\pm0.03^{c}$ | $6.50\pm0.10^{c}$ |
| 6 | C | $2.64\pm0.10^{b}$ | - | - | - | - | - |
| | PP Bag | $1.83\pm0.18^{b}$ | - | $1.42\pm0.16^{a}$ | $15.11\pm0.11^{a}$ | $6.95\pm0.03^{b}$ | $6.84\pm0.05^{b}$ |
| | PP-AF | $5.21\pm0.45^{b}$ | - | $1.25\pm0.06^{a}$ | $6.30\pm1.31^{b}$ | $8.23\pm0.04^{a}$ | $8.11\pm0.06^{a}$ |
| | Box | $38.10\pm4.43^{a}$ | 58.00+9.31 | $0.96\pm0.16^{b}$ | $3.83\pm0.53^{c}$ | $6.67\pm0.09^{c}$ | $6.74\pm0.04^{b}$ |

- = not detect

Any means in the same column and day followed by letters (a) are not significantly ($p > 0.05$) different.

# ผลของการเคลือบผิวด้วยสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามที่มีต่ออายุการเก็บรักษาของส้มจีน

# Effect of Coating Agent from Tamarind Seed Coat Extract on Shelf Life of Mandarin Orange

**พิชญอร ไหมสุทธิสกุล**[1]
Maisuthisakul, P.[1]

## Abstract

Effect of coating agent from 95% ethanolic crude extracts of tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed coat on shelf life of mandarin orange (*Citrus reticulata* Blanco) was investigated. It was found that total bacteria, yeast and mold count of 0.3% crude extracts was less than 30 CFU/ml. The coating films (treatments) were prepared from 1% konjac powder mixed with 0.3% glycerol and 0, 0.1, 0.2, 0.3% crude extracts, and uncoated (control) and then kept at room temperature. Shelf life of mandarin orange was studied for 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 and 25 days, respectively. The changes of coated orange; weight loss, pH, total soluble solid and appearance were decreased compared with uncoated sample. Although the extract had the highest antimicrobial activities against *Staphylococcus aureus, Aspergillus niger, Penicillium digitatum*, the extract did not inhibit the growth of *Escherichia coli*.

**Keywords:** coating agents, tamarind seed coat, mandarin orange

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยสารสกัดหยาบจากเปลือกเมล็ดมะขาม (*Tamarindus indica* L.) ด้วยเอธานอลร้อยละ 95 ต่ออายุการเก็บรักษาของส้มจีน (*Citrus reticulata* Blanco) พบว่า สารสกัดหยาบความเข้มข้นร้อยละ 0.3 มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราทั้งหมด มีค่าน้อยกว่า 30 CFU/ml และนำมาเติมในฟิล์มเคลือบผิวจากผงบุก ร้อยละ 1 ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0.3 โดยใช้สารสกัดร้อยละ 0, 0.1, 0.2, 0.3 เปรียบเทียบกับไม่ใช้สารเคลือบ (control) เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ทำการเก็บรักษาส้มจีนเป็นเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 25 วัน ตามลำดับ โดยการเคลือบผิวทำให้คุณภาพส้มจีน เช่น การสูญเสียน้ำหนัก พีเอช ปริมาณของแข็งทั้งหมดและลักษณะปรากฏเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าส้มจีนที่ไม่เคลือบผิว นอกจากนี้ยังพบว่า สารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามสามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus, Aspergillus niger, Penicillium digitatum* ได้ดีที่สุด แต่สารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะขามไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli* ได้

**คำสำคัญ**: สารเคลือบผิว เปลือกเมล็ดมะขาม ส้มจีน

## Introduction

Mandarin oranges (*Citrus reticulata* Blanco) are economically important. They are usually sold in the commercial market after some required postharvest processes (e.g., washing and waxing). Citrus fruits need to be waxed to alleviate possible quality deterioration. Waxes are likely to partially or completely block stomatal pores and make the fruit more resistant to exchange of ethylene, $O_2$ and $CO_2$ gases, causing off-flavours, reduced shelf-lives and poor fruit quality. Significant postharvest decay in Citrus reticulate (mandarin) can occur due to green mold, caused by *Penicillium digitatum*, and secondarily microorganisms such as *Aspergillus niger* including hygienic pathogens such as *Staphylococcus aureus, E.coli,* respectively (Palou *et al*., 2007).

*Tamarindus indica* L. commonly known as tamarind is now worldwide cultivated in many tropical countries. The seed coat is a rich source of tannins and polyphenols which possesses antiallergic and antimicrobial (Tewtrakul *et al*., 2008), antibiotic (Aengwanich *et al*., 2009), antityrosinase (Kanlayavattanakul and Lourith, 2012), and antioxidant activities (Suksomtip *et al*., 2010). The present study aimed to investigate whether tamarind seed coat extract (TSCE) could use as antimicrobial agent for mandarin orange coating.

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง ห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10400
[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vipavadee Rd, Dindaeng, Huakwang, Bangkok 10400.

## Materials and Methods

**Materials**; Seed coats of *T. indica* were obtained from a manufacturer and mandarin oranges were purchased from a local market in Prathumthani province, Thailand from March to June in 2014. Konjac glucomannan (KGM) with 92% degree of purity was bought from Shiyan Huaxianzi Konjac Productions Co., Ltd. (Shiyan, China). The other chemicals and solvents used in this experiment were analytical grade purchased from Sigma-Aldrich Co., Ltd (Steinheim, Germany). *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213) and *Escherichia coli* (ATCC 25922) were obtained from ATCC (American Type Culture Collection, Rockville, MD, USA). *Aspergillus niger* (TISTR 3254) was purchased from Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR). Nutrient Agar (NA) and Müller-Hinton Agar (MHA) was purchased from Merck (Darmstadt, Germany).

**Preparation of tamarind seed coat extract**; Tamarind seed coats were ground and extracted with 95% ethanol (1:4 w/v). The procedure for obtaining the extract is reported in an earlier work by Maisuthisakul *et al*. (2009). Powdered TSCE was stored at -20 °C in the dark and, before use, were dissolved in glycerol. The moisture content of sample materials was measured according to AOAC (1990). The TSCE was also used to evaluate total bacteria, yeast and mold count including minimum inhibitory concentrations (MICs), minimum bactericidal concentrations (MBCs) and inhibition zone against *S. aureus, A. niger, P. digitatum* and *E. coli*. All analyses were performed in triplicate.

**Preparation of Konjac coating**; Film-forming solutions were prepared by dissolving konjac flour (1.0% w/v) and glycerol (0.3% w/v) in distilled water. Freeze-dried TSCE was added to the konjac film solutions at the following concentrations: 0, 0.1, 0.2, 0.3% (w/v). Studies were conducted on whole mandarin orange. The raw materials were sanitized by immersion in 0.05% sodium hypochlorite for 2 min, then washed in sterile water for 5 min and left at 24°C for complete drying. Afterwards, the raw materials were immersed in a suspension of *P. digitatum* spores ($10^5$ CFU/mL). After inoculation, oranges were dipped in the konjac film solution for 2 min and dried at room temperature (25 °C) in a laminar flow cabinet for 2 h, RH 55–60%. Uncoated orange were used as a control. The samples were stored in chamber at 25 °C and RH 60 ± 5% for 25 days.

**Determination of antibacterial activities**; Antibacterial activity of the oil was determined by the agar disk diffusion method (Vaidyanathan *et al*., 2009). Discs were impregnated with equal volume (50 µL) of extract at 400mg/mL concentrations. The discs were aseptically placed over plates of Muller Hinton agar (MHA, Difco) seeded with each of test bacteria. The plates were incubated in an upright position at 37°C for 24 hours and the zone of inhibition was measured (in mm diameter). The clinical strains were also tested for their sensitivity against the standard, succinic acid. The MICs was determined by comparing the various concentrations of extract which have different inhibitory effect and selecting the lowest concentration of extract showing inhibition. The MIC had done by 96 well bottom plates. The MIC plates were filled with Agar suitable for each bacterium and various concentrations of extract, succinic acid or solvent control. Finally the medium with overnight test organism ($10^8$cfu/mL) was equally distributed. All the samples were prepared in triplicates and incubated at 37°C for 24 hrs. To determine the MBCs, the treated broth culture from well which is not showing any visible growth in MIC assay was cultured on new sterile agar plates. The least concentration (highest dilution) of the extract that inhibits colony formation on a solid agar medium after incubation at 37°C for 24 hr was considered as MBC (Xu *et al*., 2011).

**Assessment of mandarin orange qualities**; weight loss, pH, total soluble solid and appearance were determined on uncoated, coated with konjac and coated with konjac + TSCE samples of mandarin orange both before and after storage time.

**Statistical analysis**; Average was calculated from triplicate measurements. Statistical analysis in this study was performed using *p*-value. Significant differences were determined using Duncan's multiple comparison procedure at $p<0.05$.

## Results and Discussions

**Anitimicrobial efficiency of tamarind seed coat extract**; Table 1 showed the properties of TSCE. The size of the zone was taken as a quantitative measure of extracts activity. An inhibition zone > 2 mm indicates good anitmicrobial properties (Deepti *et al*., 2004). This result was consistent to Prabhu and Teli (2014). They reported that TSCE showed strong antimicrobial activity for *S.aureus* than *E.coli*.

**Table 1** The yield, moisture and antimicrobial activities of tamarind seed coat extract ¢

| Properties | | Value |
|---|---|---|
| Yield (%, w/w, db) | | 11.16±0.32 |
| Moisture content (%, db) | | 5.11 ±0.16 |
| Total bacteria count (CFU/mL) | | <10 (est.) |
| Yeast and mold | | <10 (est.) |
| *Staphylococcus aureus,* | MICs (μg/mL) | 0.5000 |
| | MBCs (μg/mL) | 1.0000 |
| | Inhibition zone (mm) | 9.50±0.00 |
| *Aspergillus niger* | MICs (μg/mL) | 0.5000 |
| | MBCs (μg/mL) | 1.0000 |
| | Inhibition zone (mm) | 8.9±0.00 |
| *Penicillium digitatum* | MICs (μg/mL) | 0.5000 |
| | MBCs (μg/mL) | 1.0000 |
| | Inhibition zone (mm) | 10.50±0.10 |
| *Escherichia coli* | MICs (μg/mL) | 0.0000 |
| | MBCs (μg/mL) | 0.0000 |
| | Inhibition zone (mm) | 0.00±0.00 |

¢Notes: MICs mean minimum inhibitory concentrations; MBCs mean minimum bactericidal concentrations; each value in the table is represented as mean.

**Anitimicrobial efficiency of konjac coating enriched with extract**; weight loss, pH, total soluble solid of mandarin orange during storage for 25 days were showed in Figure 1a, 1b and 1c. The appearance change of mandarin orange during storage was shown in Figure 2. This result indicated that the changes of coated orange; weight loss, pH, total soluble solid and appearance were decreased compared with uncoated sample.


## Summary

In conclusion, this study has shown that the extract of tamarind seed coat at 0.3% extract concentration can use as antimicrobial ingredient for mandarin orange coating.

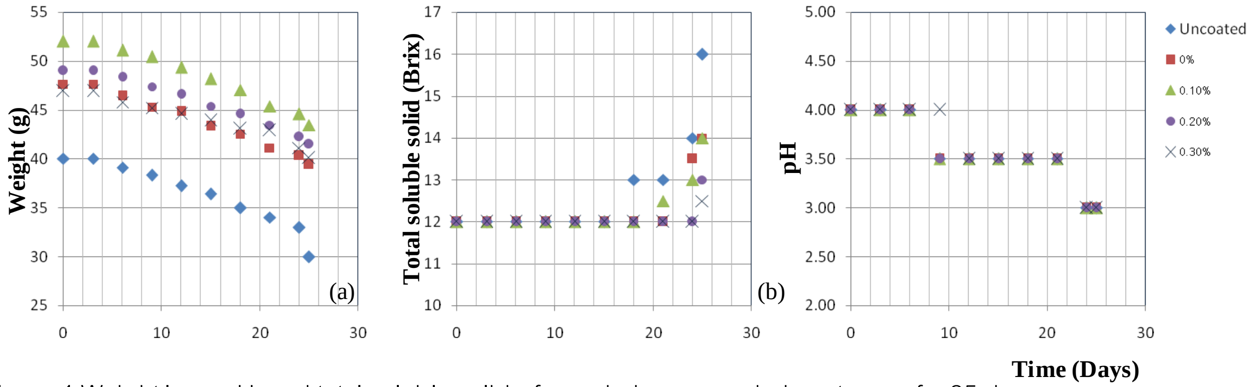




Figure 1 Weight loss, pH, and total soluble solid of mandarin orange during storage for 25 days.


## Acknowledgements

This research was partially supported by University of the Thai Chamber of Commerce Fund.


## Literature cited


Aengwanich, W., Suttajit, M., Srikhun, T. and Boonsorn, T., 2009, Antibiotic Effect of Polyphenolic Compound Extracted from Tamarind (*Tamarindus indica* L.) Seed Coat on Productive Performance of Broilers, International Journal of Poultry Science, 8(8): 749–751.

Deepti, G., Sudhir, K.K. and Ankur, L., 2004, Antimicrobial Properties of Natural Dyes against Gram Negative Bacteria, Coloration Technology, 120: 167–171.

Kanlayavattanakul, M. and Lourith, N., 2012, Biologically Active Phenolics in Seed Coat of Three Sweet *Tamarindus indica* Varieties Grown in Thailand, Advanced Science, Engineering and Medicine, 4(6): 511–516.

Maisuthisakul, P. and Gordon, M.H., 2009, Antioxidant and Tyrosinase Inhibitory Activity of Mango Seed Kernel by Product, Food Chemistry,117: 332–341.

Palou, L., Marcilla, A., Rojas-Argudo, C., Alonso, M., Jacas, J. and Ángel del Río, M., 2007, Effects of X-ray Irradiation and Sodium Carbonate Treatments on Postharvest Penicillium Decay and Quality Attributes of Clementine Mandarins, Postharvest Biology and Technology, 46(3): 252-261.

Prabhu, K.H. and Teli, M.D., 2014, Eco-dyeing Using *Tamarindus indica* L. Seed Coat Tannin as a Natural Mordant for Textiles with Antibacterial Activity, Journal of Saudi Chemical Society, 18(6): 864-872.

Santos, F.A., Bastos, E.M.A., Rodrigues, P.H., de Uzeda, M., de Carvalho, M.A.R., de Macedo Farias, L. and Moreira, E.S.A., 2002, Susceptibility of Prevotella intermedia/Prevotella nigrescens (and Porphyromonas gingivalis) to Propolis (Bee Glue) and other Antimicrobial Agents, Anaerobe, 8(1): 9-15.

Suksomtip, M., Ukrisdawithid, S., Bhusawang, P. and Pongsamart, S., 2010, Phenolic Compound Content, Antioxidant and Radical-scavenging Properties of Methanolic Extracts from the Seed Coat of Certain Thai Tamarind Cultivars. Journal of Food Biochemistry, 34(5): 916–931.

Tewtrakul, S., Itharat, A., Thammaratwasik, P. and Ooraikul, B., 2008, Anti-allergic and Anti-microbial Activities of some Thai Crops, Songklanakarin Journal of Science and Technology, 30(4): 467–473.

Vaidyanathan, M., Sheehy, E.C., Gilbert, S.C. and Beighton, D., 2009, Antimicrobial Properties of Dentine Bonding agents Determined Using *in vitro* and *ex vivo* Methods, Journal of Dentistry, 37(7): 514-521.

Xu, L., Liu, R., Li, D., Tu, S. and Chen, J., 2011, An *in vitro* Study on the Dental Caries Preventing Effect of Oligomeric Procyanidins in Sorghum Episperm, Food Chemistry, 126(1): 911-916.

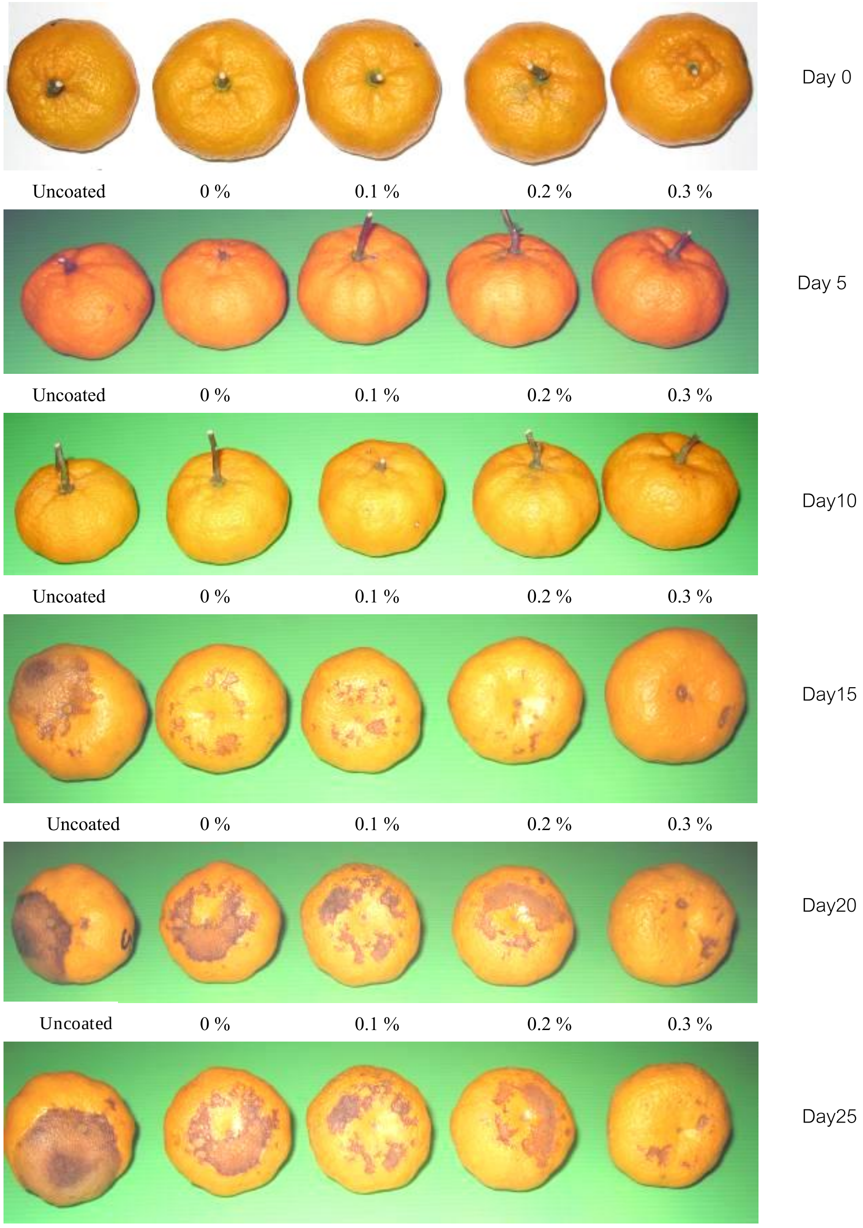



Figure 2 Appearance change of mandarin orange during storage for 25 days.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 685-688 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 685-688 (2558)

# สมบัติบางประการของแป้งสาลีผสมแป้งถั่วหรั่ง

# Some Properties of Wheat Flour Mixing with Bambara Groundnut Flour

**กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์**[1]

Ekthamasut, K.[1]

## Abstract

The aim of this research was to study some properties of wheat flour mixing with Bambara groundnut flour at the ratio of 100:0, 90:10, 80:20 and 70:30 (by weight). Analyzing the chemical composition of Bambara groundnut flour compared to wheat flour. The results indicated that Bambara groundnut flour had higher protein and fat than wheat flour but lower carbohydrate ($p<0.05$). The ratio of wheat flour and Bambara groundnut flour was not effect on swelling power of the blends ($p>0.05$). A high proportion of Bambara groundnut flour resulted in an increase of a*, b*, water absorption and gelatinization temperature while L* and all viscosity parameters of Brabender decreased ($p<0.05$).

**Keywords:** Bambara groundnut flour, wheat flour, properties

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงสมบัติบางประการของแป้งสาลีผสมแป้งถั่วหรั่งที่อัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 และ 70:30 โดยน้ำหนัก ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วหรั่งเปรียบเทียบกับแป้งสาลี ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าแป้งถั่วหรั่งมีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงกว่าแป้งสาลี แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า อัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งถั่วหรั่งไม่มีผลต่อกำลังการพองตัวของแป้งผสม ($p>0.05$) แต่เมื่ออัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นจะทำให้แป้งผสมมีค่าสี a* b* การดูดซับน้ำ และอุณหภูมิในการเกิดเจลเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่มีค่าสี L* และค่าความหนืดจากการวิเคราะห์ Brabender ลดต่ำลงในทุกๆ ค่า

**คำสำคัญ**: แป้งถั่วหรั่ง แป้งสาลี สมบัติ

## คำนำ

ถั่วหรั่ง (Bambara groundnut) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Voandzeia subterranea* หรือ *Vigna subterranea* เป็นพืชล้มลุกที่นิยมปลูกทางภาคใต้ของประเทศไทย เมล็ดถั่วหรั่งสามารถนำมาผลิตเป็นแป้งที่มีส่วนประกอบหลักเป็นคาร์โบไฮเดรต ประมาณ 55.6-67.1% และมีโปรตีนปริมาณสูงถึง 18.3–22.1% โดยมีกรดอะมิโนที่จำเป็นเท่ากับ 32.72% ซึ่งมีไลซีนมากถึง 10.32% (Minka และ Bruneteau, 2000) นอกจากนี้แป้งถั่วหรั่งยังมีไขมันประมาณ 1.2–6.6% ซึ่งประกอบไปด้วยกรดไขมันคือ กรดลิโนเลอิก กรดพามิติก กรดลิโนเลอิก และกรดสเตียริค เท่ากับ 43.8, 29.7, 20.8 และ 5.7% ตามลำดับ (Minka และ Bruneteau, 2000) ดังนั้นแป้งถั่วหรั่งจึงถือเป็นแหล่งของสารอาหารที่มีความสมดุลดีมาก มีการศึกษาถึงการใช้ประโยชน์ของแป้งถั่วหรั่งร่วมกับแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการ เช่น บะหมี่ คุกกี้ และขนมปังเป็นต้น (กมลทิพย์, 2556; Akpapunam และ Darbe,1994; Alozie และคณะ, 2009) ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อศึกษาถึงสมบัติบางประการของแป้งสาลีผสมแป้งถั่วหรั่ง ได้แก่ สมบัติด้านสี การดูดซับน้ำ การพองตัวและสมบัติทางการไหล เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการประยุกต์ใช้แป้งสาลีผสมแป้งถั่วหรั่งในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถ.วิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

[1] Department of Food Science and Technology, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, 10400

## อุปกรณ์และวิธีการ

### วัตถุดิบ

แป้งสาลีเอนกประสงค์ (Wheat flour) ตราว่าว

แป้งถั่วหรั่ง (Bambara groundnut flour) ที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1 มาคัดแยกเมล็ดที่ลอยน้ำออกและแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการผ่าครึ่งเมล็ดและแกะเปลือก นำไปต้มในน้ำเดือด 10 นาที ที่อัตราส่วนของถั่วหรั่งต่อน้ำเป็น 1:10 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง บดให้เป็นผงด้วยเครื่อง Roter beater mill และร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 60 เมช บรรจุใส่ถุงโพลีเอธิลีนเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกว่าจะใช้งาน

### การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลี และแป้งถั่วหรั่ง ตามวิธีใน Association of Official Analytical Chemists (1990) โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

### การทดสอบสมบัติบางประการของแป้งผสม

ผสมแป้งสาลี:แป้งถั่วหรั่งที่อัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 และ 70:30 โดยน้ำหนัก ทำการผสมแป้งด้วยการร่อนแป้งให้ผสมเข้ากันจำนวน 2 รอบ และนำแป้งผสมที่ได้ไปทดสอบสมบัติ ดังนี้

ค่าสี (Color) โดยใช้เครื่อง Hunter Lab รุ่น Colorflex

การดูดซับน้ำ (Water absorption) ดัดแปลงจากวิธีของ Guerrero, และคณะ (2002) โดยคำนวณค่าการดูดซับน้ำเป็นกรัมของน้ำที่ถูกดูดซับไว้ต่อกรัมของตัวอย่าง

กำลังการพองตัว (Swilling power) ดัดแปลงจากวิธีของ Tattiyakul, Asavasaksakul และ Pradipasena (2006)

สมบัติทางการไหล (Rheology properties) โดยใช้เครื่อง Brabender รุ่น TP 100 และใช้โปรแกรม Programloader Version 4.7 เตรียมสารละลายแป้ง 8% (w/w) ในน้ำกลั่น 500 กรัม

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) โดยใช้คอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการทดลองอย่างน้อย 2 ซ้ำ

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีและแป้งถั่วหรั่งเป็นดัง Table 1 ซึ่งพบว่า แป้งถั่วหรั่งมีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน และโปรตีน สูงกว่าแป้งสาลี ในขณะที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า ($p<0.05$) ทั้งนี้แป้งถั่วหรั่งมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งสาลีถึง 45% และจากการทดลองก่อนหน้านี้พบว่า แป้งถั่วหรั่งมีปริมาณความชื้น 9.5-14.0% เถ้า 0.6-4.4% ไขมัน 1.2-6.6% โปรตีน 18.3-22.1% และคาร์โบไฮเดรต 55.6-67.1% (Amarteifio และ Moholo, 1998; Fasoyiro และคณะ, 2006) ซึ่งปริมาณสารต่างๆ จะแตกต่างไปจากที่ได้จากการทดลองนี้ เนื่องจากสายพันธุ์และขั้นตอนการผลิตแป้งถั่วหรั่งที่แตกต่างกัน

**Table 1** Proximate analysis of wheat flour and Bambara groundnut flour

| Components (%) | Wheat flour | Bambara groundnut flour |
|---|---|---|
| Moisture | $11.45^{b}$ ±0.07 | $13.35^{a}$ ±0.07 |
| Ash | $9.54^{b}$ ±0.77 | $13.01^{a}$ ±0.62 |
| Crude fat | $1.20^{b}$ ±0.27 | $8.48^{a}$ ±0.04 |
| Crude protein | $11.59^{b}$ ±0.19 | $16.83±0.07^{a}$ |
| Total carbohydrate | $66.23^{a}$ ±0.24 | $48.34±0.59^{b}$ |

a, b … Means within rows followed by the same letter are not significant different at $p>0.05$ by DMRT.

Table 2 แสดงค่าสีของแป้งผสมที่อัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งถั่วหรั่งเป็น 100:0 90:10 80:20 และ 70:30 โดยน้ำหนัก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นแป้งผสมที่ได้จะมีค่าสี L* ลดต่ำลง แต่ค่าสี a* และ b* เพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) แสดงว่าแป้งผสมมีความสว่างลดลงแต่มีสีแดงและเหลืองเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแป้งถั่วหรั่งมีสีคล้ำกว่าแป้งสาลี

รวมถึงมีสีออกเหลืองมากกว่านั่นเองจึงส่งผลกระทบต่อค่าสีของแป้งผสม นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนของแป้งสาลีผสมแป้งถั่วหรั่งไม่มีผลต่อกำลังการพองตัว (Swelling power) ของแป้งผสม ($p>0.05$) แต่จะมีผลต่อค่าการดูดซับน้ำ (Water absorption) ($p<0.05$) โดยเมื่ออัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซับน้ำของแป้งผสมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (Table 3) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งถั่วหรั่งมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งสาลี (Table 1) ดังนั้นจึงสามารถดูดซับน้ำได้มากกว่า ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของ Akpapunam และ Darbe (1994) ที่พบว่าเมื่ออัตราของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้การดูดซับน้ำของแป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่งสูงขึ้นด้วย เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนและเส้นใยอาหารนั่นเอง

**Table 2** Color of wheat flour mixing with Bambara groundnut flour.

| Wheat flour : Bambara groundnut flour | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|
| 100:0 | $92.77^{a}\pm0.36$ | $-1.86^{d}\pm0.08$ | $3.39^{d}\pm0.99$ |
| 90:10 | $90.41^{b}\pm0.29$ | $-1.54^{c}\pm0.01$ | $4.46^{c}\pm0.13$ |
| 80:20 | $88.85^{c}\pm0.36$ | $-1.39^{b}\pm0.04$ | $5.44^{b}\pm0.30$ |
| 70:30 | $87.98^{c}\pm0.54$ | $-1.13^{a}\pm0.04$ | $6.77^{a}\pm0.06$ |

$^{a, b, c, d}$… Means within columns followed by the same letter are not significant different at $p>0.05$ by DMRT.

**Table 3** Water absorption and Swelling power of wheat flour mixing with Bambara groundnut flour.

| Wheat flour : Bambara groundnut flour | Water absorption (g/g sample) | Swelling power (g/g sample) |
|---|---|---|
| 100:0 | $1.20^{c}\pm0.03$ | $5.46^{a}\pm0.09$ |
| 90:10 | $1.40^{b}\pm0.04$ | $5.50^{a}\pm0.11$ |
| 80:20 | $1.62^{a}\pm0.04$ | $5.46^{a}\pm0.15$ |
| 70:30 | $1.73^{a}\pm0.07$ | $5.52^{a}\pm0.08$ |

$^{a, b, c}$… Means within columns followed by the same letter are not significant different at $p>0.05$ by DMRT.

Table 4 แสดงผลการศึกษาสมบัติการไหลของแป้งผสมด้วยเครื่อง Brabender Viscoamylograph (Brabender, Germany) ที่ความเข้มข้นของแป้งผสม 8.0% ซึ่งพบว่า อัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งถั่วหรั่งไม่มีผลต่ออุณภูมิการเกิดเจลของแป้งผสม ($p>0.05$) แต่จะมีผลต่อความหนืดของแป้งผสม ($p<0.05$) โดยที่แป้งสาลี 100% จะมีค่าความหนืดในทุกๆ ช่วงสูงกว่าแป้งสาลีที่มีการผสมด้วยแป้งถั่วหรั่ง และเมื่อปริมาณแป้งถั่วหรั่งเพิ่มมากขึ้น ค่าความหนืดจะลดต่ำลงมากขึ้น ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสาลีมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าแป้งถั่วหรั่ง ดังนั้นการผสมแป้งสาลี ด้วยแป้งถั่วหรั่งเท่ากับเป็นการลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตลง รวมทั้งแป้งถั่วหรั่งที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เป็นแป้งถั่วหรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการต้มเป็นเวลา 10 นาที ทำให้ความหนืดของแป้งลดต่ำลง เพราะสตาร์ชในถั่วหรั่งเกิดการเจลาติไนเซชั่น (Gelatinigzation) ไปบางส่วนแล้ว ดังนั้นการผสมแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วหรั่งจึงมีผลทำให้ความหนืดต่างๆ ลดต่ำลง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของ Mcwatters และคณะ (2004) ที่พบว่าการผสมแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดถั่วฝักยาวที่ผ่านการให้ความร้อน ที่อัตราส่วนของแป้งเมล็ดถั่วฝักยาว 15 และ 30% ของแป้งสาลี จะส่งผลให้แป้งที่ได้มีความหนืดในทุกๆ ช่วงของ Brabender Viscoamylograph ลดต่ำลง และเมื่อพิจารณาค่า Breakdown หรือความทนทานต่อการเคี่ยว จะพบว่าแป้งสาลีที่มีการผสมแป้งถั่วหรั่งจะมีความทนทานต่อการเคี่ยวที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มากกว่าแป้งสาลี 100% นั่นเป็นเพราะแป้งถั่วหรั่งมีความทนทานต่อการเคี่ยวค่อนข้างดี และเมื่อพิจารณาค่า Setback หรือค่าการแข็งตัวของแป้งสุกที่เย็นลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนืดสูงสุด พบว่า แป้งสาลีผสมแป้งถั่วหรั่งมีค่า Setback ต่ำกว่าแป้งสาลี 100%

Table 4 Rheology properties of wheat flour mixing with Bambara groundnut flour.

| Parameters | Wheat flour : Bambara groundnut flour | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100:0 | 90:10 | 80:20 | 70:30 |
| A. Gelatinization temperature(C°) | 78.7$^{a}$±0.42 | 78.0$^{a}$±0.57 | 79.9$^{a}$±0.21 | 80.0$^{a}$±0.78 |
| B. Peak viscosity (BU) | 171.0$^{a}$±2.83 | 124.5$^{b}$±0.71 | 91.5$^{c}$±0.71 | 65.0$^{d}$±1.41 |
| C. Hot paste viscosity (BU) | 125.0$^{a}$±1.41 | 92.5$^{b}$±2.12 | 71.0$^{c}$±1.41 | 54.5$^{d}$±0.71 |
| D. Cold paste viscosity (BU) | 296.0$^{a}$±1.41 | 222.0$^{b}$±4.24 | 167.5$^{c}$±2.12 | 129.5$^{d}$±2.12 |
| Breakdown (BU) (B-C) | 46.0$^{a}$±4.24 | 32.0$^{b}$±1.41 | 20.5$^{c}$±2.12 | 10.5$^{d}$±2.12 |
| Setback (BU) (D-B) | 125.0$^{a}$±4.24 | 97.5$^{b}$±3.54 | 76.0$^{c}$±2.83 | 64.5$^{d}$±3.54 |

$^{a, b, c, d}$... Means within rows followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

## สรุปผล

แป้งถั่วหรั่งมีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 13.35 13.01 8.48 16.83 และ 48.34% ตามลำดับ และเมื่อนำแป้งถั่วหรั่งมาผสมกับแป้งสาลีที่อัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 และ 70:30 โดยน้ำหนัก พบว่า แป้งผสมที่ได้จะมีกำลังการพองตัวที่ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แต่เมื่ออัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นจะทำให้แป้งผสมมีค่าสี a* b* การดูดซับน้ำ และอุณหภูมิในการเกิดเจลเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่มีค่าสี L* และค่าความหนืดจากการวิเคราะห์ Brabender ลดต่ำลงในทุกๆ ค่า

## เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์, 2556, ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งถั่วหรั่งต่อคุณภาพของบะหมี่, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44(2)(พิเศษ): 265-268.

Akpapunam, M.A. and Darbe, J.W., 1994, Chemistry Composition and Functional Properties of Blends of Maize and Bambara Groundnut Flours for Cookie Production, Plant Foods for Human Nutrition, 46: 147-155.

Alozie, Y.E., Iyam, M.A., Lawal, O., Udofiaand, U. and Ani, I.F., 2009, Utilization of Bambara Groundnut Flour Blends in Bread Production, Journal of Food Technology, 7(4): 111-114.

Amarteifio, J.O., and Moholo, D., 1998, The Chemical Composition of Four Legumes Consumed in Botswana, Journal of Food Composition and Analysis, 11: 329-332.

Association of Official Analytical Chemists, 1990, Official Method of Analysis, 15th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Fasoyiro, S.B., Ajibade, S.R., Omole, A.J., Adeniyan, O.N. and Farinde, E.O., 2006, Proximate, Minerals and Antinutritional Factors of Some Under-Utilized Grain Legumes in South-Western Nigeria, Nutrition and Food Science, 36: 18-23.

Guerrero, L.C., Flores, V.P., Ancona, D.B. and Ortiz, G.D., 2002, Functional Properties of Flours and Isolates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensifrormis* Seeds, Journal of Agricaltural Food Chemistry, 50: 584-591

Mcwatters, K.H., Philips, R.D., Walker, S.L., Mccullough, S.E., Mensa-Wilmot,Y., Saalia, F.K., Hung, Y.C. and Patterson, S.P., 2004, Baking Performance and Consumer Acceptability of Raw and Extruded Cowpea Flour Breads, Journal of Food Quality, 27: 337-351.

Minka, S.R. and Bruneteau, M., 2000, Partial Chemical Composition of Bambara Pea [*Vigna subterranea* (L.) Verde], Food Chemistry, 68: 273-276.

Tattiyakul, J., Asavasaksakul, S. and Pradipasena, P., 2006, Chemical and Physical Properties of Flour Extracted from Taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott Grown in Different Regions of Thailand, Science Asia, 32: 279-284.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 689-692 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 689-692 (2558)

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงาน

# Development of Reduced Calories Fruit Spreads for Bread

**ณัฐกานต์ เทียมเมือง[1] อังศุนิตย์ พรคทาทัศน์[1] วิมล ศรีศุข[2] วัลลา ตั้งรักษาสัตย์[2] และ อรสา สุริยาพันธ์[2*]**

Tiammuang, N.[1], Proncatatak, A.[1], Srisukh, V.[2], Tungrugsasut, W.[2] and Suriyaphan, O.[2*]

## Abstract

In this study, three weight ratios of sorbitol: sucrose (25:75, 50:50 and 75:25) were used to prepare three kinds of reduced calorie fruit spreads: longkong (LFS), pineapple-white pitaya fruit spreads (PWFS) and apple-rosella juice fruit spreads (ARFS). Based on sensory evaluation (9-point Hedonic scale, n=80), the average overall liking scores (slightly like to moderately like) of each fruit spread containing three different ratios of sorbitol: sucrose were similar to that of its corresponding fruit jams (no sorbitol) ($p$>0.05). Therefore, it could be concluded that the maximum substitution of sucrose by sorbitol was up to 75% of total amount of sucrose, which was equivalent to 37.5% reduction of calories from base formula. However, LFS and PWFS possessed weak gel which might be considered as an undesirable appearance. The addition of agar (food grade, 0.15%) in LFS and PWFS increased the gel strength resulting in stable gel with good spreadability.

**Keywords:** reduced calories fruit spread, sorbitol, agar

## บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ ผลิตภัณฑ์สำหรับทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงานจำนวน 3 สูตร คือ สูตรลองกอง (LFS), สูตรสับปะรดผสมแก้วมังกรเนื้อขาว (PWFS) และสูตรแอปเปิ้ลผสมน้ำกระเจี๊ยบ(ARFS) ได้ถูกเตรียมขึ้นโดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของซอร์บิทอลต่อน้ำตาลทราย แตกต่างกัน 3 อัตราส่วน (25:75, 50:50 และ 75:25 w/w) การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส (9-point Hedonic scale, n=80) พบว่า คะแนนความชอบโดยรวมของ ผลิตภัณฑ์สำหรับทา ขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงานทั้งสามสูตรมีค่าอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก ซึ่งไม่แตกต่างจากแยมผลไม้สูตรพื้นฐาน (ไม่มีซอร์บิทอล) ($p$>0.05) แสดงให้เห็นว่าปริมาณสูงสุดของการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซอร์บิทอล คือ ร้อยละ 75 ซึ่งเทียบเท่ากับการลดพลังงานลงได้ร้อยละ 37.5 ของพลังงานจากแยมผลไม้สูตรพื้นฐาน อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์สำหรับทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงานสูตรLFS และสูตรPWFS มีลักษณะเจลที่อ่อนนุ่ม ไม่คงตัว การเติมผงวุ้น (0.15%) ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลให้คงตัวและยังคงสามารถปาดทาได้ดี

**คำสำคัญ**: ผลิตภัณฑ์สำหรับทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงาน ซอร์บิทอล ผงวุ้น

## คำนำ

ผลไม้เป็นแหล่งที่ดีของใยอาหาร วิตามิน และมีสารพฤกษเคมีในปริมาณสูง แต่แยมผลไม้ถูกจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีพลังงานสูง เพราะต้องมีการเติมน้ำตาลทรายในปริมาณมากเพื่อให้ได้สีเนื้อสีลักษณะปรากฏเป็นที่พึงพอใจและทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น ดังนั้นแยมผลไม้จึงไม่เหมาะกับผู้บริโภคที่มีภาวะสุขภาพไม่ดี เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยมีแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงานโดยเลือกใช้ซอร์บิทอลเป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย ข้อดีของซอร์บิทอล คือ ไม่ทำให้ฟันผุ และมีผลกระทบต่อผู้ป่วยโรคเบาหวานเพียงเล็กน้อย เนื่องจาก 70% ของซอร์บิทอลที่รับประทานเข้าไป จะไม่ปรากฏเป็นกลูโคสในกระแสเลือด เนื่องจากซอร์บิทอลถูก เปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (NCBI, 2015)

[1] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

[1] Faculty of Pharmacy, Mahidol University

[2] ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

[2] Department of Food Chemistry, Faculty of Pharmacy, Mahidol University447 Sri-Ayudhaya Road, Bangkok 10400, Thailand

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้ คือ พัฒนาผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงานที่มีลักษณะปรากฏแตกต่างเป็นเอกลักษณ์ แต่ยังคงมีลักษณะเนื้อสัมผัสและความคงตัวของเจลใกล้เคียงกันกับผลิตภัณฑ์แยมผลไม้ที่มีจำหน่ายทั่วไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้ในประเทศไทยนั้น สามารถเลือกผลไม้มาเป็นวัตถุดิบได้หลากหลายชนิด ผลไม้ที่ผู้วิจัยเลือกนำมาพัฒนาสูตร ได้แก่ ลองกอง สับปะรด แก้วมังกร และแอบเปิล เนื่องจากเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภค สามารถหาได้ง่ายและมีผลผลิตมากในช่วงทำการวิจัย อีกทั้งยังมีส่วนที่บริโภคได้ (edible portion) ในปริมาณสูง ซึ่งจากการทดลองพัฒนาสูตรแยมผลไม้ผสม เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของผลไม้ พบว่า การผสมสับปะรด (2.3 ส่วน)กับแก้วมังกร (1 ส่วน) และการผสมแอบเปิล (3 ส่วน) กับน้ำกระเจี๊ยบ (2 ส่วน) ให้ลักษณะแยมผลไม้ผสมที่ดี ในงานวิจัยนี้แปรระดับการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซอร์บิทอล ในแยมผลไม้ 3 สูตร คือ สูตรลองกอง สูตรสับปะรดผสมแก้วมังกร และสูตรแอปเปิลผสมน้ำกระเจี๊ยบ แต่ละสูตรผลไม้ใช้อัตราส่วนซอร์บิทอล:น้ำตาลทรายแตกต่างกัน 3 อัตราส่วน คือ 25:75, 50:50 และ 75:25 โดยน้ำหนัก ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณพลังงานเทียบกับสูตรพื้นฐาน พบว่าสามารถลดพลังงานโดยรวมได้ร้อยละ 12.5, 25 และ 37.5 ตามลำดับ

**วิธีการทดลอง**

1. **การเตรียมวัตถุดิบ** เพื่อให้ได้ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของแยมผลไม้ที่สวยงาม ใช้มีดหั่นเนื้อลองกอง (ไม่มีเมล็ด) สับปะรด และแอบเปิ้ล เป็นชิ้นเล็กขนาด 1 ซม. สำหรับเนื้อแก้วมังกรใช้ช้อนขูดกันเมล็ดแตก เตรียมน้ำกระเจี๊ยบด้วยการต้มดอกกระเจี๊ยบแดงแห้ง (20 ก.)ในน้ำสะอาด (1.5 ล.) จนเดือด เติมเกลือ 1.25 กรัม คนจนละลาย แล้วยกลง กรองน้ำกระเจี๊ยบเก็บในตู้เย็น แช่ชิ้นแอบเปิ้ลในน้ำกระเจี๊ยบ 30 นาทีเพื่อให้มีสีชมพูแดงสม่ำเสมอก่อนทำแยมผลไม้

2. **การเตรียมแยมผลไม้สูตรพื้นฐาน** นำเนื้อผลไม้ (500 ก.)ใส่หม้อสแตนเลส ให้ความร้อนประมาณ 20 นาทีเพื่อให้เนื้อผลไม้อ่อนตัวลง ผสมเพกทิน (3.22 ก.) ในน้ำตาลทราย (400 ก.) ก่อนเติมลงในเนื้อผลไม้ คนด้วยไม้พายตลอดเวลาระหว่างที่ให้ความร้อนอย่างต่อเนื่อง เมื่อวัด total soluble solid ได้ 50°Brix จึงเติมกรดซิตริก (3.84 ก.) และหยุดการให้ความร้อนเมื่อวัด total soluble solid เป็น 60°Brix (ใช้เวลาประมาณ 60 นาที) นำแยมผลไม้ที่เตรียมได้บรรจุลงในภาชนะขวดแก้วปากกว้างขนาด 160 มล. เมื่อบรรจุเสร็จ ตั้งทิ้งไว้จนเย็น จากนั้นค่อยเก็บแยมผลไม้ในตู้เย็นช่องธรรมดา เป็นเวลา 1 วัน ก่อนนำมาวิเคราะห์คุณภาพ

3. **การเตรียมผลิตภัณฑ์สำหรับทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงาน** ทำเช่นเดียวกับการเตรียมแยมผลไม้สูตรพื้นฐาน เพียงเติมซอร์บิทอลก่อนเติมกรดซิตริก

4. **การเพิ่มความคงตัวของเจล**ในผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากลองกองและสูตรสับปะรดผสมแก้วมังกรสูตรลดพลังงาน ที่มีการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซอร์บิทอลร้อยละ 75 ทำได้โดยการผสมสารละลายวุ้นเข้มข้นในผลิตภัณฑ์ทาขนมปังในสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ความเข้มข้นของวุ้นในผลิตภัณฑ์หลังการผสมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.15%, 0.20% และ 0.25% w/w

5. **การวิเคราะห์คุณภาพ** มีดังนี้

5.1 ประเมินคุณภาพและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ผู้ทำการประเมิน 3 คน ประเมินระดับความเข้มของสี, ความหวาน, กลิ่นรส และลักษณะความคงตัวของเจล โดยคะแนน 1 = น้อย, 2 =ปานกลาง และ 3 = มาก แสดงผลการประเมินโดยการสร้างกราฟใยแมงมุมระหว่างระดับความเข้มของลักษณะต่างๆของแยมผลไม้ที่มีอัตราส่วนของซอร์บิทอลต่อน้ำตาลต่างกัน

5.2 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point Hedonic scale ของผลิตภัณฑ์ กลุ่มผู้ประเมินคือ นักศึกษาคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ช่วงอายุตั้งแต่ 19–23 ปี จำนวน 75 คน โดยให้ผู้ประเมินชิมตัวอย่างชิ้นขนมปังขาวที่ทาผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้สูตรพลังงาน

5.3 วัดลักษณะเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงาน ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส Texture Analyzer (Stable Micro Systems รุ่น TA.XT.PLUS) สำหรับ Probe ที่เลือกใช้ คือ 6 mm Cylinder Stainless Probe โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์การวัด ดังนี้ Mode: Measure Force in Compression, Pre-Test Speed 3.0 mm/s, Test Speed 2.0 mm/s, Post-Test Speed 10.0 mm/s และ Distance 20 mm ข้อมูลการวัดแสดงเป็นกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Time (sec) กับ Force (g) จากนั้นคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ โดยกำหนดให้คำนวณจากระยะเวลาที่ Probe เริ่มสัมผัสกับผิวหน้าของตัวอย่าง โดยเคลื่อนตัวในตัวอย่างเป็นระยะทาง 20 มิลลิเมตร และบันทึกค่าพื้นที่ใต้กราฟของแต่ละตัวอย่างแสดงในค่าความแข็งแรงของเจลมีหน่วยเป็น g*sec

5.4 ประเมินลักษณะความคงตัวของเจลและการต้านการปาดทาของผลิตภัณฑ์โดยใช้ช้อนตัก (normal force) และทาขนมปัง (shear force) โดยใช้ผู้ทำการประเมิน 3 คน บันทึกลักษณะของเจลที่แตกจากการตัก และลักษณะของเจลเมื่อปาดทา

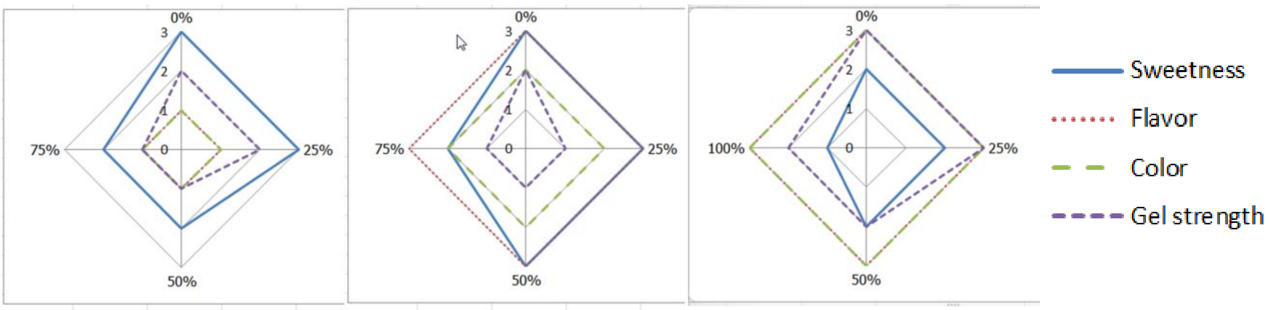
**การวิเคราะห์ผลทางสถิติ**

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลการประเมินความชอบและการวัดเนื้อสัมผัส แบบ RCBD และ CRD ตามลำดับ เมื่อพบว่าค่าความแตกต่างโดยรวมมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ กำหนดให้เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**ผลการประเมินคุณภาพและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงาน**

ผลการประเมินคุณภาพเป็นดังที่คาดการณ์ไว้ คือ การทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซอร์บิทอลมีผลต่อคุณภาพของแยมผลไม้ทั้งสามสูตร เมื่อลดปริมาณน้ำตาลทรายลง (เพิ่มปริมาณซอร์บิทอลให้มากขึ้น) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้ทุกสูตรมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน (Figure 1) คือ เมื่อปริมาณซอร์บิทอลเพิ่มขึ้นไม่พบว่าการเปลี่ยนแปลงในด้านสีและกลิ่นรสของผลไม้ แต่มีการลดลงของระดับความเข้มของความหวานและลักษณะความคงตัวของเจลเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน ทั้งนี้ระดับของการลดลงแตกต่างกันตามชนิดของผลไม้ ดังนี้ อัตราส่วนซอร์บิทอลต่อน้ำตาลทรายที่มีผลทำให้ระดับความหวานลดลงอย่างชัดเจน คือ 50:50 สำหรับสูตรลองกอง และ ที่ 75:25 สำหรับสูตรสับปะรดผสมแก้วมังกร และสูตรแอปเปิ้ลผสมน้ำกระเจี๊ยบ ความหวานที่ลดลง เนื่องจากซอร์บิทอลมีความหวานสัมพัทธ์ (relative sweetness) ต่ำกว่าซูโครสประมาณ 2 เท่า (Belitz และ Grosch, 1999) เมื่อพิจารณาความคงตัวของเจล พบว่าที่อัตราส่วนซอร์บิทอลต่อน้ำตาลทรายเป็น 50:50 พบว่า สูตรแอปเปิ้ลผสมน้ำกระเจี๊ยบมีลักษณะความคงตัวของเจลได้ดีกว่าสูตรลองกอง และสับปะรดผสมแก้วมังกรเนื่องจากแอปเปิลเป็นผลไม้ที่มีเพกทินในปริมาณสูง (กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร, 2558) ซึ่งเพกทินมีคุณสมบัติเป็นสารก่อเจล และถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการทำผลิตภัณฑ์แยมในการเพิ่มความแข็งแรงของเจล




Longkong formula, Pineapple-white pitaya formula Apple-rosella juice formula

**Figure 1** Sweetness, flavor, color and gel strength intensity profile plots of fruit jams (no sorbitol, 0%) and fruit spreads containing three different ratios by weight of sorbitol: sucrose (25:75 (or 25%); 50:50 (or 50%); 75:25 (or 75%)

การทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซอร์บิทอลในแยมผลไม้ส่งผลในการทำให้ขาดความสมดุลของการเกิดเจลของเพกตินชนิดเมทอกซิลสูง (high methoxyl pectin) ที่ต้องการน้ำตาลในปริมาณสูง (60-65%) ในการดึงโมเลกุลน้ำออกจากสายโซ่ยาวของเพกติน (0.3-0.4%) ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลและหรือหมู่คาร์บอกซิลระหว่างสายโซ่ของเพกติน (Whistler และ Daniel, 1990) ทำให้เกิดเจลที่แข็งแรง อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาปาดทาบนแผ่นขนมปังพบว่ายังคงปาดทาตัวได้อย่างต่อเนื่องไม่เกิดการช่องว่าง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติคะแนนความชอบ(Liking)ของผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงานของผลไม้ทั้งสามสูตร พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงานของผลไม้ทั้งสามสูตรใกล้เคียงกับแยมผลไม้สูตรพื้นฐาน ($p>0.5$) คืออยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก (ไม่ได้แสดงข้อมูล) แต่มีข้อสังเกตว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบโดยรวมมีแนวโน้มว่ามีค่าสูงขึ้นกว่าสูตรพื้นฐาน และมีค่าสูงสุดในสูตรที่มีปริมาณซอร์บิทอลสูงที่สุด (75:25) ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะผู้ทดสอบมีความชอบระดับความหวานที่ลดลงจากความหวานของ

สูตรน้ำตาลทรายล้วน ด้วยเหตุนี้ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าสามารถใช้ซอร์บิทอลทดแทนน้ำตาลทราย ในแยมผลไม้สามชนิด ได้สูงถึง ร้อยละ75 ของน้ำหนักน้ำตาลทราย

**การเพิ่มความคงตัวของเจลในผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงาน**

ผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงานเฉพาะสูตรลองกองและสูตรสับปะรดผสมแก้วมังกร ที่เตรียมจากอัตราส่วนซอร์บิทอลต่อน้ำตาลทรายเป็น 75:25 พบว่า เมื่อเอียงขวดแก้วที่บรรจุผลิตภัณฑ์ทาขนมปัง ลักษณะไม่จับตัวเป็นก้อนคงตัวเป็นทรง ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏที่ดีใกล้เคียงแยมผลไม้ทั่วไป

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ ผงวุ้น เพราะ มี ราคาไม่แพง หาได้ง่าย ไม่มีกลิ่นรส ละลายได้ดีในน้ำร้อน และสามารถสร้างเจลที่แข็งแรงได้แม้ว่าจะใช้ในปริมาณที่ต่ำ(Whistler และ Daniel, 1990) แปรปริมาณการเติม สามระดับ คือ 0.15, 0.20 และ 0.25% พบว่า ผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงานเฉพาะสูตรลองกองและสูตรสับปะรดผสมแก้วมังกรมีความแข็งแรงของเจลสูงขึ้นตามความเข้มข้นของผงวุ้น (Table 1)

**Table 1** Mean gel strength of fruit spread* containing different agar concentration

| Agar concentration (% by wt) | Gel strength (g·sec) Longkong formula* | Gel strength (g·sec) Pineapple-white pitaya formula* |
|---|---|---|
| 0.15% | 223.57 A | 269.65 B |
| 0.20% | 287.72 A | 354.43 B |
| 0.25% | 310.29 A | 509.09 A |

*containing sorbitol:sucrose at 75:25 by wt

A,B Significant differences within values in the same column are indicated by different letter ($p<0.05$)

ปริมาณผงวุ้นมีผลต่อลักษณะความแข็งของเจลและความยากง่ายของการปาดทาอย่างชัดเจน กล่าวคือ เมื่อใช้ความเข้มข้นของวุ้น 0.15% w/w ได้ลักษณะเจลที่คงตัว แต่สามารถ ปาดทาบนขนมปังได้ง่าย, เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของวุ้นเป็น 0.20% w/w ได้ลักษณะเจลที่คงตัว มีลักษณะแข็งเปราะ การปาดทาบนขนมปังทำได้ยากขึ้น และเมื่อใช้ความเข้มข้นของวุ้นเป็น 0.25% w/w ได้ลักษณะเจลที่คงตัวแต่แข็งเกินไปไม่สามาถปาดทาบนขนมปัง ด้วยเหตุนี้ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมในแง่ของความคงตัวของเจล และยังสามารถปาดทาบนขนมปังได้ ความเข้มข้นของผงวุ้นที่เหมาะสม คือ 0.15% w/w

## สรุปผล

ผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงาน ร้อยละ 37.5 จากแยมผลไม้สูตรพื้นฐาน จำนวน 3 สูตร คือสูตรลองกอง สูตรสับปะรดผสมแก้วมังกร และและสูตรแอปเปิลผสมน้ำกระเจี๊ยบ ที่เตรียมจากอัตราส่วนซอร์บิทอลต่อน้ำตาลทรายเป็น 75:25 และมีผงวุ้น 0.15% มีลักษณะปรากฏที่ดี มี สี รสชาติ กลิ่นรส และ เนื้อสัมผัส ที่ดีมีคุณภาพอยู่ในระดับเดียวกับแยมผลไม้สูตรพื้นฐานแต่ละสูตร

## เอกสารอ้างอิง

กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร, 2558, การทำเยลลี่ผลไม้ด้วยตัวเอง, สื่อเกษตรครบวงจร [E-book]. :[10 screens]. [Online], Available: http://agrimedia.agritech. doae.go.th/ book/book-praeroob/FD%20028.pdf [3/ February/ 15].

National Center for Biotechnology Information (NCBI), 2015, D-sorbitol, Pubchem [Online], Available: http:// pubchem .ncbi. nlm. nih. gov/ compound/D-Sorbitol [January 26, 2015].

Whistler, R. and Daniel, J.R., 1990, Functions of Polysachharides in Foods, In Food Additives, edied by Branen, A.L., Davidson, P.M. and Salminen, S. Marcel Dekker, Inc, New York.

Berlitz, H-D. and Grosch, W., 1999, Food Chemistry, second edition, Springer, New York.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 693-696 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 693-696 (2558)

# ผลของการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งต่อคุณภาพของลิ้นจี่พันธุ์กิมเจ็งในน้ำเชื่อม

# Effects of Ultra-High Pressure Processing on Quality Attributes of Lychee cv. *Gim Jeng* in Syrup

**พิทยา ใจคำ**[1] **และ ปิยธิดา สุดเสนาะ**[1]

Chaikham, P.[1] and Sudsanor, P.[1]

## Abstract

This research was conducted to study the effects of ultra-high pressure processing (300 and 500 MPa, 25 and 50°C, 30 min) on qualities attributes including color, texture, ascorbic acid content, as well as polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) activities of lychee cv. Gim Jeng. Microbiological and sensory qualities of the products were also investigated. It was found that pressurization induced significant higher in *L** (lightness) and *b** (yellowish) as compared to the control, while *a** (reddish) values, ascorbic acids, all indicator microorganisms and two enzyme activities tended to decline after processing. At extreme conditions (500 MPa/50°C/30 min), the processing reduced PPO and POD by 25.84% and 50.72%, respectively. For sensory evaluation, all liking scores of lychee pressurized at 500 MPa and 25°C for 30 min were similar to the untreated sample, and this condition successfully damaged all the indicator microbes less than 10 CFU/g sample.

**Keywords:** lychee, ultra-high pressure processing, physico-chemical qualities, sensory attributes

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง (300 และ 500 MPa, อุณหภูมิ 25 และ 50°C, ระยะเวลาคงความดัน 30 นาที) ต่อคุณภาพ ได้แก่ ค่าสี เนื้อสัมผัส กรดแอสคอร์บิก กิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) และเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (POD) ของลิ้นจี่พันธุ์กิมเจ็ง นอกจากนี้ยังศึกษาคุณภาพด้านจุลชีววิทยา และด้านประสาทสัมผัส ผลการทดลองพบว่าการแปรรูปด้วยความดันสูงทำให้ค่าสี *L** (ความสว่าง) และ *b** (ความเป็นสีเหลือง) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ในขณะที่ค่าสี *a** (ความเป็นสีแดง) ปริมาณกรดแอสคอร์บิก จำนวนจุลินทรีย์ชี้วัด และกิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มลดลง จะเห็นว่าการแปรรูปที่สภาวะสูงสุด (500 MPa/50°C/30 นาที) สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ได้ถึง 25.84% และ 50.72% ตามลำดับ เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนความชอบของลิ้นจี่ที่ผ่านการแปรรูปที่ความดัน 500 MPa อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 30 นาที ไม่แตกต่างกับตัวอย่างสด และสภาวะนี้ตรวจพบจุลินทรีย์ชี้วัดทุกชนิด ต่ำกว่า 10 CFU/g ตัวอย่าง

**คำสำคัญ**: ลิ้นจี่ การแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง คุณภาพด้านเคมีกายภาพ คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส

## บทนำ

ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) เป็นผลไม้เศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งเพาะปลูกมากในพื้นที่เขตจังหวัดทางภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน เป็นต้น เนื้อลิ้นจี่มีลักษณะสีขาวขุ่น ฉ่ำน้ำ รสหวานอมเปรี้ยว และมีกลิ่นหอมคล้ายดอกกุหลาบ นอกจากนั้นยังพบว่าเนื้อลิ้นจี่ยังอุดมไปด้วยสารสำคัญหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ อาทิเช่น กรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซี สารพอลีฟีนอล สารฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน (Kingwatee และคณะ, 2015) โดยปกติผู้บริโภคจะนิยมรับประทานผลสดของลิ้นจี่มากกว่าผลิตภัณฑ์แปรรูป แต่เนื่องจากในแต่ละปีมีผลผลิตลิ้นจี่ออกสู่ตลาดจำนวนมาก ทำให้เกิดสถานการณ์ลิ้นจี่ล้นตลาด ดังนั้นจึงมีการนำลิ้นจี่มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และเพิ่มมูลค่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่นิยมแปรรูป คือ ลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง แต่การแปรรูปด้วยวิธีนี้ซึ่งเป็นการแปรรูปด้วยความร้อนทำให้สารสำคัญต่างๆ ในลิ้นจี่สูญสลายไป นอกจากนั้นยังทำให้เนื้อลิ้นจี่มีสีแดงขึ้น ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เทคโนโลยีที่ไม่ใช้ความร้อน คือ การแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง (ultra-high pressure processing) มาทดแทนวิธีการแปรรูปแบบดั้งเดิม เนื่องจากการแปรรูปด้วยเทคโนโลยีนี้สามารถถนอม

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา พระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

สารสำคัญต่างๆ ได้ดีกว่าการแปรรูปด้วยความร้อน รวมทั้งคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์ไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากของสดมากนัก นอกจากนั้นยังพบว่าการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งมีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย และลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย (Chaikham และคณะ, 2014)

ปัจจุบันการศึกษาผลของการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งต่อคุณภาพของผลไม้ไทยยังมีไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแปรรูปดังกล่าวต่อคุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ ค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส ปริมาณกรดแอสคอร์บิก กิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) และเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (POD) คุณภาพด้านจุลชีววิทยา และคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของลิ้นจี่พันธุ์กิมเจ็งในน้ำเชื่อม

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำเนื้อลิ้นจี่สดพันธุ์กิมเจ็งปริมาณ 100 กรัม กับน้ำเชื่อมปริมาตร 150 มิลลิลิตร บรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว (polyethylene) จากนั้นนำไปแปรรูปด้วยเครื่อง Stansted “Food-Lab” model 900 high pressure rig (Stansted, UK) ที่ความดัน 2 ระดับ คือ 300 และ 500 MPa อุณหภูมิ 25 และ 50°C เป็นเวลา 30 นาที เมื่อสิ้นสุดกระบวนการแปรรูปนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

วิเคราะห์ค่าสี CIE *L**, *a** และ *b** ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Miniscan XE Plus, USA) วิเคราะห์ความแน่นเนื้อด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TA General, Brookfield engineering Labs Inc., USA) วิเคราะห์หากิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ตามวิธีของ Apichartsrangkoon และคณะ (2013) ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer (Lambda Bio-20, Perkin Elmer, USA) และวิเคราะห์หาปริมาณกรดแอสคอร์บิกด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC; LC-10AD, Shimadzu, Japan) คอลัมน์ C18 reverse phase (YMC-Pack ODS-AM, 5 μm, 4.6 mm ID × 250 mm; YMC, Japan) mobile phase คือ สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 M (flow rate = 1.5 ml/min, 30°C) และใช้ Photodiode array detector (SPD-M20A, Shimadzu, Japan) ที่ความยาวคลื่น 250 nm (Chaikham และ Apichartsrangkoon, 2012) นอกจากนั้นยังวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา รวมทั้งฟีคอลคอลิฟอร์มโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 6 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ตามวิธี 9-point hedonic scale วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Table 1 แสดงผลของการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งต่อค่าสี ความแน่นเนื้อ และปริมาณกรดแอสคอร์บิก พบว่าเนื้อลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมเมื่อผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งมีค่าสี *L** (ความสว่าง) และค่าสี *b** (ความเป็นสีเหลือง) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าสี *a** (ความเป็นสีแดง) มีแนวโน้มลดลง ระดับความดันและอุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างของตัวอย่าง แต่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดงและสีเหลือง และจากการวัดเนื้อสัมผัสของลิ้นจี่พบว่าการแปรรูปที่ระดับความดัน 500 MPa และอุณหภูมิ 50°C ตัวอย่างมีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างอื่นๆ รวมทั้งลิ้นจี่สด นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณของกรดแอสคอร์บิกมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งการแปรรูปที่อุณหภูมิสูง (50°C)

กิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อผ่านการแปรรูปด้วยความดัน 300 MPa และอุณหภูมิ 25°C แต่การแปรรูปที่สภาวะอื่นๆ กิจกรรมของเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสมีค่าลดลงตามระดับความดันและอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในตัวอย่างทุกตัวอย่างมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบกับตัวอย่างสด โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับความดัน 500 MPa และอุณหภูมิ 50°C ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีค่าลดลงถึง 50.72% (Table 1)

จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยาพบว่าตัวอย่างที่ผ่านการแปรรูปด้วยระดับความดัน 300 MPa ที่อุณหภูมิ 25 และ 50°C ยังมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดคงเหลือ 2.21 และ 1.81 log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างที่ถูก

แปรรูปด้วยความดัน 500 MPa มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า 10 CFU/g นอกจากนั้นจากผลการทดลองยังพบว่าจำนวนยีสต์ รา และฟีคอลคอลิฟอร์มที่ผ่านการแปรรูปทุกสภาวะมีค่าต่ำกว่า 10 CFU/g (Table 2)

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของตัวอย่างทั้งหมดแสดงใน Table 3 โดยพบว่าตัวอย่างที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งทุกสภาวะมีคะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแปรรูป ส่วนคะแนนด้านเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่ผ่านการแปรรูปที่ระดับความดัน 500 MPa และอุณหภูมิ 50°C มีค่าต่ำที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวอย่างอื่นๆ

## สรุปผล

จากการศึกษานี้พบว่าการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งที่ระดับความดัน 500 MPa และอุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการ แปรรูปลิ้นจี่ในน้ำเชื่อม เนื่องจากมีคุณภาพด้านกายภาพ มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกใกล้เคียงกับของสด และสามารถทำลายจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยกับผู้บริโภค นอกจากนั้นเมื่อทำการทดสอบชิมยังพบว่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแปรรูป

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

## เอกสารอ้างอิง

Apichartsrangkoon, A., Srisajjalertwaja, S., Chaikham, P. and Hirun, S., 2013, Physical and Chemical Properties of *Nam Prig Noom*, a Thai Green-Chili Paste, following Ultra-High Pressure and Thermal Processes, High Pressure Research: An International Journal, 33: 83-95.

Chaikham, P. and Apichartsrangkoon, A., 2012, Comparison of Dynamic Viscoelastic and Physicochemical Properties of Pressurised and Pasteurised Longan Juices with Xanthan Addition, Food Chemistry, 134(4): 2194-2200.

Chaikham, P., Worametrachanon, S. and Apichartsrangkoon, A., 2014, Effects of High Pressure and Thermal Processing on Phytochemical, Color and Microbiological Qualities of Herbal-Plant Infusion, International Food Research Journal, 21: 51-57.

Kingwatee, N., Apichartsrangkoon, A., Chaikham, P., Worametrachanon, S., Techarung, J. and Pankasemsuk, T., 2015, Spray Drying *Lactobacillus casei* 01 in Lychee Juice varied Carrier Materials, LWT–Food Science and Technology, 62: 847-853.

**Table 1** Effects of ultra-high pressure processing on physicochemical qualities of lychee in syrup.

| Samples | Color parameters | | | Firmness | Ascorbic acid | PPO activity | POD activity |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *L** | *a** | *b** | (N) | (mg/100 g) | (U/m/ml) | (U/m/ml) |
| Fresh lychee | 52.16±1.01$^{b}$ | 2.45±0.06$^{a}$ | 0.18±0.12$^{d}$ | 1.20±0.09$^{a}$ | 63.18±2.19$^{a}$ | 115.69±8.64$^{b}$ | 248.42±9.35$^{a}$ |
| Pressurized at 300 MPa/25°C | 56.43±2.27$^{a}$ | 1.84±0.08$^{b}$ | 0.34±0.04$^{c}$ | 1.16±0.13$^{ab}$ | 54.21±0.58$^{b}$ | 130.91±5.03$^{a}$ | 186.39±6.49$^{b}$ |
| Pressurized at 300 MPa/50°C | 58.12±2.04$^{a}$ | 0.75±0.25$^{d}$ | 1.53±0.11$^{a}$ | 0.94±0.06$^{c}$ | 48.27±2.15$^{d}$ | 102.74±5.68$^{c}$ | 165.11±6.03$^{c}$ |
| Pressurized at 500 MPa/25°C | 57.82±1.16$^{a}$ | 1.31±0.31$^{c}$ | 0.49±0.10$^{b}$ | 1.07±0.02$^{b}$ | 52.90±1.06$^{c}$ | 91.32±2.94$^{d}$ | 150.16±5.18$^{d}$ |
| Pressurized at 500 MPa/50°C | 58.94±1.92$^{a}$ | 0.62±0.17$^{d}$ | 1.49±0.08$^{a}$ | 0.75±0.10$^{d}$ | 43.56±2.28$^{e}$ | 85.80±4.47$^{e}$ | 122.43±8.53$^{e}$ |

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different ($p>0.05$). Means were the determination of six replications.

**Table 2** Effects of ultra-high pressure processing on microbiological qualities of lychee in syrup.

| Samples | Total plate counts (CFU/g) | Yeasts and molds (CFU/g) | Fecal coliforms (CFU/g) |
|---|---|---|---|
| Fresh lychee | $3.64\pm0.85^{a}\times10^{4}$ | $6.54\pm1.21^{a}\times10^{2}$ | $9.20\pm2.40^{a}\times10$ |
| Pressurized at 300 MPa/25°C | $1.61\pm0.32^{b}\times10^{2}$ | $<10^{b}$ | $<10^{b}$ |
| Pressurized at 300 MPa/50°C | $6.50\pm0.90^{c}\times10$ | $<10^{b}$ | $<10^{b}$ |
| Pressurized at 500 MPa/25°C | $<10^{d}$ | $<10^{b}$ | $<10^{b}$ |
| Pressurized at 500 MPa/50°C | $<10^{d}$ | $<10^{b}$ | $<10^{b}$ |

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of six replications.

**Table 3** Effects of ultra-high pressure processing on sensory attributes of lychee in syrup.

| Samples | Appearance$^{ns}$ | Color$^{ns}$ | Flavor$^{ns}$ | Texture | Taste$^{ns}$ | Overall acceptability |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fresh lychee | 7.82±0.90 | 7.14±0.95 | 7.49±1.03 | $7.04\pm0.80^{a}$ | 7.15±0.92 | $7.39\pm0.50^{a}$ |
| Pressurized at 300 MPa/25°C | 7.75±0.83 | 7.25±0.67 | 7.82±0.92 | $6.68\pm0.67^{ab}$ | 7.23±1.03 | $7.35\pm1.25^{a}$ |
| Pressurized at 300 MPa/50°C | 7.81±0.68 | 7.48±0.82 | 7.73±0.65 | $6.29\pm0.61^{bc}$ | 7.11±1.15 | $7.40\pm0.94^{a}$ |
| Pressurized at 500 MPa/25°C | 7.80±1.12 | 7.23±1.01 | 7.70±1.12 | $6.71\pm0.73^{ab}$ | 7.30±0.75 | $7.34\pm1.06^{a}$ |
| Pressurized at 500 MPa/50°C | 7.77±0.93 | 7.30±0.64 | 7.67±0.82 | $6.03\pm0.55^{c}$ | 7.28±0.98 | $7.02\pm0.73^{b}$ |

Means in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different (p>0.05). Means were the determination of fifty replications.

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำยากะทิกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา

# Product Development of Instant Fish Red Curry Powder Substituted of Fish by Soymilk Residue

สุภาวิณี แสนทวีสุข[1]
Saentaweesuk, S.[1]

## Abstract

The objective of this research was to develop instant fish red curry powder substituted fish with soymilk residue at 0, 20, 40, 60, 80 and 100% fish basis. Sensory evaluation using a 9-point hedonic scale showed that the optimal substitution of soymilk residue was 40%. All liking scores for color, odor, taste, texture, and overall acceptance were 8.13, 7.33, 7.80, 7.47 and 7.93, respectively. The product produced by suitable formulation and dried at 90°C using a tray dryer resulted in color value of L=53.52, a*=18.87 and b*=31.71. The product had 2.57% moisture content, 22.62 %protein, 40.58 %fat, 7.91 %ash, and 2.56 %crude fiber. The bacterial, yeasts and mold counts of the product were lower than 10 cfu/g, and 10 cfu/g, respectively. The rehydration of instant fish red curry powder (a ratio of instant powder: boiled water at 1: 2.5, for 5 min) showed that the product was moderately like to very like accepted by consumers.

**Keywords:** product development, fish red curry, instant food, soymilk residue

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำยากะทิกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้กากถั่วเหลืองที่ระดับร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 (โดยน้ำหนักเนื้อปลา) ทดแทนเนื้อปลา และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่า ปริมาณการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมอยู่ที่ระดับร้อยละ 40 โดยมีคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เท่ากับ 8.13, 7.33, 7.80, 7.47 และ 7.93 ตามลำดับ นำน้ำยาที่ได้ไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีค่าสี L, a* และ b* เท่ากับ 53.52, 18.87 และ 31.71 ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้า ร้อยละ 2.57, 22.62, 40.58, 26.32, 7.91 และ 2.56 ตามลำดับ พบจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง ยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง การคืนรูปในน้ำเดือดด้วยอัตราส่วนของน้ำยากะทิผงต่อน้ำเดือด 1 ต่อ 2.5 เท่า เป็นเวลา 5 นาที พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก

**คำสำคัญ**: การพัฒนาผลิตภัณฑ์, น้ำยากะทิ, อาหารกึ่งสำเร็จรูป, กากถั่วเหลือง

## คำนำ

ขนมจีนน้ำยาเป็นอาหารไทยที่มีการบริโภคมาอย่างยาวนาน และเป็นที่นิยมรับประทานกันโดยทั่วไป เนื่องจากขนมจีนน้ำยาเป็นอาหารที่มีรสชาติกลมกล่อม มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน แต่กรรมวิธีในการปรุงน้ำยากะทิค่อนข้างยุ่งยาก หลายขั้นตอน ไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมการบริโภคในปัจจุบัน เพื่อตอบสนองความต้องการความสะดวกของผู้บริโภคและสอดคล้องกับวิถีชีวิตของคนในสังคมปัจจุบัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำยากะทิกึ่งสำเร็จรูปโดยนำเอากากถั่วเหลืองซึ่งเหลือจากการทำน้ำเต้าหู้มาใช้เพื่อทดแทนเนื้อปลา เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสะดวก สะอาดปลอดภัย สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน มีคุณค่าทางอาหาร มีสรรพคุณทางสมุนไพร พกพาง่าย และสามารถนำกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นของเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และนอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาเป็นสินค้า หรือพัฒนากระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไปได้

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, พระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Division of Food Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การพัฒนาสูตรของน้ำยากะทิโดยการทดเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง**

**การศึกษาตำรับต้นแบบ**

คัดเลือกตำรับน้ำยาเพื่อเป็นตำรับต้นแบบจากการตรวจเอกสารมา 3 ตำรับ ทดลองสูตรโดยใช้ปริมาณส่วนผสมและเครื่องเทศตามตำรับ โดยควบคุมแหล่งที่มาของวัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ในการผลิต และส่วนผสมของเครื่องแกงทุกชนิด คัดเลือกสูตรน้ำยากะทิเพื่อใช้เป็นพื้นฐานโดยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9–Point Hedonic Scale วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ) และความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรน้ำยาที่ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับมากที่สุด

**การทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง**

นำตำรับที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 1 มาทำการทดลองโดยใส่กากถั่วเหลืองที่เตรียมไว้ในปริมาณต่างกัน 6 ระดับ คือร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ของน้ำหนักเนื้อปลาในสูตร เพื่อหาระดับของกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาสูตรน้ำยากะทิ

**การทำแห้งน้ำยากะทิ**

นำน้ำยากะทิที่ได้มาทำแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนักแห้ง (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2549) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาบดให้ละเอียดบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ผงน้ำยากึ่งสำเร็จรูปที่ได้นี้มาวิเคราะห์คุณภาพ โดย วัดค่าสี ในระบบ CIELAB ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab ประเทศสหรัฐอเมริกา วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย และ เถ้า ตามวิธี AOAC (2012) วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ตามวิธีการของ BAM (2013) และ ยีสต์และรา (Yeast and Mold) ตามวิธีการของ BAM (2001)

หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการคืนรูปน้ำยากะทิผงกึ่งสำเร็จรูป โดยเปรียบเทียบค่าสีและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำยากะทิกึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปในน้ำเดือดด้วยอัตราส่วนของน้ำยากะทิผงต่อน้ำเดือด 1:2, 1: 2.5 และ 1:3

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำยากะทิกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลา**

ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาแล้ว โดยการให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9 ระดับ ตรวจสอบด้านลักษณะปรากฏต่อสายตา สี กลิ่น รสชาติรวม และการยอมรับโดยรวม

วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการคัดเลือกตำรับน้ำยาเพื่อเป็นตำรับต้นแบบจากการตรวจเอกสารมา 3 ตำรับ ทดลองสูตรโดยใช้ปริมาณส่วนผสม และเครื่องเทศตามตำรับ โดยควบคุมแหล่งที่มาของวัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ในการผลิต และส่วนผสมของเครื่องแกงทุกชนิดคัดเลือกสูตรน้ำยากะทิเพื่อใช้เป็นพื้นฐานโดยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9–Point Hedonic Scale ทำการทดสอบความชอบคุณลักษณะในด้านสี กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ได้ผลคะแนนเฉลี่ยดัง Table 1

จากทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทำการคัดเลือกน้ำยากะทิตำรับต้นแบบโดยพิจารณาจากคะแนนความชอบทั้งห้าด้านซึ่งได้แก่ คุณลักษะด้านสี กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า น้ำยากะทิสูตรที่ 2 ได้รับคะแนนชอบสูงที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกสูตรที่ 2 เพื่อใช้ศึกษาอัตราส่วนของการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองในขั้นตอนต่อไป

**Table 1** Sensory evaluation of fish red curry

| Organoleptic | Formula 1 | Formula 2 | Formula 3 |
|---|---|---|---|
| Color $^{ns}$ | 8.05±0.51 | 7.95±0.39 | 7.90±1.12 |
| Spice flavor | 7.65$^{b}$±0.86 | 7.85$^{b}$±0.75 | 6.50$^{a}$±1.99 |
| Taste | 7.10$^{b}$±1.29 | 8.10$^{c}$±0.71 | 5.75$^{a}$±1.89 |
| Texture $^{ns}$ | 7.90±0.85 | 7.95±0.69 | 7.65±1.63 |
| Overall acceptability | 7.45$^{b}$±0.83 | 8.25$^{c}$±0.55 | 6.70$^{a}$±1.38 |

$^{a, b,...}$Mean of the same row with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

$^{ns}$ = not significantly differences ($p>0.05$)

### 2.1 ผลการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง

จากการนำตำรับที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 1 มาทำการทดลองโดยใส่กากถั่วเหลืองที่เตรียมไว้ในปริมาณต่างกัน 6 ระดับ คือ ร้อยละ 0 20 40 60 80 และ 100 ของน้ำหนักของเนื้อปลาในสูตร เพื่อหาระดับของกากถั่วเหลืองที่เหมาะสม โดยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9–Point Hedonic Scale ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ได้ผลคะแนนเฉลี่ยดัง Table 2

**Table 2** Sensory evaluation scores of fish red curry substituted of fish by soymilk residue at 0, 20, 40, 60, 80 and 100%

| Organoleptic | Soymilk residue (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Color | 8.00$^{b}$±3.78 | 8.00$^{b}$±0.65 | 8.13$^{b}$±0.64 | 8.00$^{b}$±0.38 | 7.80$^{b}$±0.77 | 7.07$^{a}$±1.03 |
| Flavor | 8.00$^{b}$±0.65 | 7.80$^{b}$±0.68 | 7.33$^{ab}$±0.82 | 7.00$^{a}$±0.93 | 6.87$^{a}$±1.46 | 6.87$^{a}$±0.83 |
| Taste | 8.13$^{b}$±0.64 | 8.00$^{b}$±0.65 | 7.80$^{b}$±0.68 | 7.00$^{a}$±0.93 | 6.80$^{a}$±0.94 | 6.47$^{a}$±0.83 |
| Texture | 7.93$^{b}$±0.80 | 7.87$^{b}$±0.99 | 7.47$^{ab}$±1.36 | 7.33$^{ab}$±0.90 | 7.13$^{ab}$±0.92 | 6.93$^{a}$±1.49 |
| Overall acceptability | 8.20$^{d}$±0.56 | 8.13$^{d}$±0.64 | 7.93$^{cd}$±0.59 | 7.53$^{bc}$±0.52 | 7.13$^{ab}$±0.83 | 6.73$^{a}$±0.59 |

$^{a, b,...}$Mean of the same row with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาการทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลือง พบว่า เมื่อปริมาณของกากถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้น้ำยากะทิมีความข้นหนืดเพิ่มมากขึ้น และมีกลิ่นของถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ผลการรวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มได้รับคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ลดลง ทั้งนี้การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการทดแทนกากถั่วเหลืองในระดับที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำยากะทิกึ่งสำเร็จรูป และจากการศึกษาพบว่า น้ำยากะทิที่มีการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ระดับ 0, 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเนื้อปลา ได้รับคะแนนด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ในระดับที่สูง และไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงได้คัดเลือกสูตรน้ำยากะทิที่มีการใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจาก เป็นปริมาณการทดแทนที่มากที่สุด เพื่อใช้ในงานศึกษากระบวนผลิตน้ำยากะทิกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาต่อไป และจากการนำน้ำยากะทิที่ได้ไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีค่าสี L* เท่ากับ 53.52, a* เท่ากับ 18.87 และ b* เท่ากับ 31.71 ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำยากะทิผงกึ่งสำเร็จแสดงดัง Table 3-5

**Table 3** Color of rehydration of instant fish red curry powder substituted of fish by 40% soymilk residue for 5 min.

| Sample | L* | a* | b* | $\Delta E^{ns}$ |
|---|---|---|---|---|
| Fish red curry | 66.66$^{a}$±0.10 | 20.38$^{a}$±0.10 | 8.40$^{d}$±0.55 | |
| Instant fish red curry powder: boiled water (1:2) | 45.10$^{b}$±0.10 | 26.60$^{d}$±0.65 | 7.40$^{b}$±0.55 | 24.28±0.48 |
| Instant fish red curry powder: boiled water (1:2.5) | 46.32$^{c}$±0.09 | 23.72$^{c}$±0.29 | 7.80$^{c}$±0.45 | 24.23±0.43 |
| Instant fish red curry powder: boiled water (1:3) | 46.53$^{d}$±0.10 | 22.80$^{b}$±0.32 | 7.00$^{a}$±0.71 | 24.31±0.33 |

$^{a, b,...}$Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

$^{ns}$ = not significantly differences ($p>0.05$)

**Table 4** Sensory evaluation scores of instant fish red curry powder substituted of fish by 40% soymilk residue for 5 min

| Organoleptic | Fish red curry | Instant fish red curry powder: boiled water | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1:2 | 1:2.5 | 1:3 |
| Color | $8.40^{b}\pm0.55$ | $7.40^{a}\pm0.55$ | $7.80^{ab}\pm0.45$ | $7.00^{a}\pm0.71$ |
| Flavor | $7.80^{b}\pm0.84$ | $7.00^{ab}\pm0.71$ | $6.60^{a}\pm0.55$ | $6.40^{a}\pm0.55$ |
| Taste | $8.00^{b}\pm0.71$ | $7.00^{a}\pm0.00$ | $7.20^{a}\pm0.451$ | $6.60^{a}\pm0.55$ |
| Texture | $8.20^{c}\pm0.45$ | $5.40^{a}\pm0.55$ | $7.00^{b}\pm0.71$ | $6.00^{a}\pm0.00$ |
| Overall acceptability | $8.00^{b}\pm0.71$ | $5.40^{a}\pm0.55$ | $7.20^{b}\pm0.45$ | $6.00^{a}\pm0.711$ |

$^{a, b,...}$Mean of the same row with different superscripts indicating significantly differences ($p\leq0.05$)

$^{ns}$ = not significantly differences ($p>0.05$)

**Table 5** Chemical composition, total plate count, and yeast and mold count of instant fish red curry powder

| Composition | Content |
|---|---|
| Moisture | 2.57 % |
| Protein | 22.62 % |
| Fat | 40.58 % |
| Carbohydrate | 26.32 % |
| Fiber | 7.91 % |
| Ash | 2.56 % |
| Total Plate Count | <10 (CFU/g) |
| Yeast and Mold | <10 (CFU/g) |

## สรุปผล

กระบวนการผลิตน้ำยากะทิผงกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้กากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาสามารถทำได้โดยการ การทดแทนเนื้อปลาด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณร้อยละ 40 ของเนื้อปลาในสูตร นำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีค่าสี L, a* และ b* เท่ากับ 53.52, 18.87 และ 31.71 ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้าร้อยละ 2.57, 22.62, 40.58, 26.32, 7.91 และ 2.56 ตามลำดับ พบจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง ยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง การคืนรูปในน้ำเดือดด้วยอัตราส่วนของน้ำยากะทิผงต่อน้ำเดือด 1 ต่อ 2.5 เท่า เป็นเวลา 5 นาที พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก

## เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2012, Official Methods of Analysis, 19 th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, U.S.A.

BAM, 2001, Bacteriological Analytical Manual Online Edition 2001 (US-FDA), Total Plate Count or Aerobic.

BAM, 2013, Bacteriological Analytical Manual Online Edition 2013 (US-FDA), Yeast and Mold.

# การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทอง

# Effects of Culture Conditions on the Fruiting Body Production of *Cordyceps militaris*

**จารุวรรณ ฤทธิ์เดช[1] ไอยรดา จันทร์โสม[1] ถาวร วินิจสานันท์[1] หนึ่งฤทัย ธาราวัชรศาสตร์[2] และ ประภาพรรณ ซอหะซัน[1]**

Ritdate, J.[1], Jansom, A.[1], Vinijsanun, T.[1], Tharawatcharasat, N.[2] and Sawhasan, P.[1]

## Abstract

*Cordyceps militaris* has been used as one of the most valued traditional Chinese medicinal mushroom because of its multiple pharmacological effects. Nonetheless, its production is inadequate due to the complicated production process and slow mycelia growth. In this research, the effects of various carbon and nitrogen sources on the production of fruiting body by solid cultivation of *C. militaris* were investigated. The carbon and nitrogen sources were examined. The favourable culture substrate was Man-pu rice. The 5 g sucrose/L and 30 g milk powder/L resulted in the best fruiting body production of 2.04±0.1-2.77±0.9 g. The 30 g sucrose/L and 5 g milk powder/L resulted in the best base production of 8.23±0.9-8.66±1.2 g. The production of *C. militaris* was similar or better than the basic formula, but cheaper than 87–94 % and easily purchased. These formulas are a new alternative media for *C. militaris* production.

Keywords: *Cordycep militaris*, fruiting body production, suitable medium

## บทคัดย่อ

ถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) เป็นเห็ดที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง เป็นที่ต้องการของตลาด มีสรรพคุณทางยามากมาย แต่ในปัจจุบันการผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากการผลิตค่อนข้างยุ่งยากและการเจริญเติบโตใช้เวลานาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยทำการศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนที่ความเข้มข้นต่างๆ จากการทดสอบพบว่าข้าวมันปูมีความเหมาะสมในการใช้เป็นอาหารเพาะหลัก สูตรอาหารเสริมที่ให้ผลผลิตดอกดีที่สุด ได้แก่ ซูโครสที่ 5 กรัม/ลิตร และนมผงที่ 30 กรัม/ลิตร ให้ผลผลิตเท่ากับ 2.04±0.1-2.77±0.9 กรัม และสูตรอาหารเสริมที่ให้ผลผลิตฐานดีที่สุด ได้แก่ ซูโครสที่ 30 กรัม/ลิตร และนมผงที่ 5 กรัม/ลิตร ให้ผลผลิตเท่ากับ 8.23±0.9-8.66±1.2 กรัม ผลผลิตจากสูตรอาหารดังกล่าวมีปริมาณใกล้เคียงหรือดีกว่าการใช้สูตรอาหารพื้นฐาน แต่มีราคาถูกลงถึง 87-94 เปอร์เซ็นต์และหาซื้อได้ง่ายกว่า จึงเป็นสูตรอาหารทางเลือกใหม่สำหรับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดถั่งเช่าสีทอง

**คำสำคัญ**: เห็ดถั่งเช่าสีทอง การเพาะเลี้ยง สูตรอาหารที่เหมาะสม

## คำนำ

ถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) เป็นเชื้อราแมลง (Entomopathogenic fungi) ในกลุ่ม Ascomycetes มีสรรพคุณทางยาช่วยบำรุงร่างกายให้แข็งแรง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน ต้านการเกิดเนื้องอกและเซลล์มะเร็ง (Wasser, 2002) เพิ่มการไหลเวียนเลือด ช่วยลดความดันโลหิตสูง ลดอาการอ่อนเพลีย หอบหืด บำรุงระบบประสาท เพิ่มความแข็งแรงของร่างกายให้ต้านทานต่อแบคทีเรีย และไวรัส (Ng และ Wang, 2005) ช่วยให้อสุจิแข็งแรง เหมาะสำหรับบำรุงกำลังหลังการฟื้นไข้ ลดไขมันในเส้นเลือด บำรุงตับ และไต (Das และคณะ, 2010) จึงทำให้ถั่งเช่า เป็นที่ต้องการอย่างมากของตลาดและถูกใช้ในรูปของยาหรืออาหารเสริมสุขภาพอย่างแพร่หลาย มีงานวิจัยหลายฉบับรายงานว่าถั่งเช่าสีทองมีคุณสมบัติเทียบเท่าถั่งเช่า (*Ophiocordyceps sisnesis*) (Das และคณะ, 2010) มีการบันทึกการใช้เห็ดถั่งเช่าอยู่ในตำรับยาแผนโบราณของชาวทิเบต (Winkler, 2008) และมีหลักฐานทางประวัติศาสตร์ของชาวจีน บันทึกไว้ว่ามีการใช้เป็นยามาตั้งแต่สมัยราชวงศ์ถัง (ประมาณ ค.ศ. 618-907) ในสมัยนั้นด้วยความที่เห็ดชนิดนี้หาได้ยาก และพบได้

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี 199 หมู่ 9 ตำบลลุ่มสุ่ม อำเภอไทรโยค กาญจนบุรี 71150

[1] Division of agricultural Science, Mahidol University, Kanchanaburi Campus 199 M.9 Lumsum Kanchanaburi 71150

[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี 199 หมู่ 9 ตำบลลุ่มสุ่ม อำเภอไทรโยค กาญจนบุรี 71150

[2] Division of sciences and Liberal Arts, Mahidol University, Kanchanaburi Campus 199 M.9 Lumsum Kanchanaburi 71150

เฉพาะเทือกเขาหิมาลัยเท่านั้นจึงทำให้มีราคาที่สูงมาก และถูกกำจัดการใช้เฉพาะจักรพรรดิและเชื้อพระวงศ์ของจีนเท่านั้น หากคนธรรมดาลักลอบครอบครองไว้ มีโทษถึงประหารชีวิต (Holliday และ Cleaver, 2008)

ถั่งเช่าสีทองได้รับความนิยมแพร่หลายและเริ่มมีการเพาะเลี้ยงมากในประเทศไทยหลากหลายรูปแบบ เช่น การเพาะแบบใช้ตัวหนอน การเพาะด้วยอาหารเหลวและการเพาะโดยใช้อาหารธัญพืช โดยวิธีการเพาะด้วยอาหารธัญพืชเป็นวิธีการที่นิยมในการเพาะเลี้ยงอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีข้อดีที่สามารถชักนำให้เกิดดอกเห็ดและสามารถควบคุมสูตรอาหารให้ได้ผลผลิตและปริมาณสารสำคัญตามที่ต้องการได้ รวมถึงเมล็ดธัญพืชสามารถหาได้ง่าย ผลิตภัณฑ์ถั่งเช่าสีทองมักจะมีการบริโภคใน 2 รูปแบบ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ชาชงซึ่งทำจากดอกถั่งเช่าสีทองอบแห้ง และผลิตภัณฑ์แคปซูลซึ่งทำจากส่วนฐานอบแห้งหรือในรูปของสารสกัด นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องดื่ม ตลอดจนอาหารเสริมต่างๆ เช่น ซุปไก่สกัดผสมถั่งเช่าและกาแฟผสมถั่งเช่า การซื้อขายถั่งเช่าสีทองในประเทศไทย แบบอบแห้งอยู่ที่ กิโลกรัมละประมาณ 1.5 แสนบาทถึง 4 หมื่น (ธัญญา, 2555) และแบบบรรจุ 30 แคปซูล (500 mg/แคปซูล) ราคากระปุก 3,000 บาท ในปัจจุบันการผลิตถั่งเช่าสีทองยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เนื่องจากมีขั้นตอนการผลิตค่อนข้างยุ่งยากและการเจริญเติบโตของเส้นใยใช้เวลานาน

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทอง เพื่อพัฒนาสูตรอาหารที่มีศักยภาพเพิ่มการเจริญเติบโตของเส้นใยถั่งเช่าสีทอง รวมถึงการลดต้นทุนการผลิต ทำการเพาะเลี้ยงโดยใช้ข้าวมันปูเป็นอาหารเพาะหลักและทำการปรับเปลี่ยนแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนจากอาหารเสริมสูตรพื้นฐาน โดยทำการศึกษาแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 20 และ 30 กรัม/ลิตร แหล่งคาร์บอนที่ทำการทดสอบได้แก่ กลูโคสและซูโครส และแหล่งไนโตรเจนที่ทำการศึกษา ได้แก่ ยีสต์สกัด, เปปโตน, ยีสต์แห้ง, นมผง, และยีสต์สกัดผสมเปป โตน (1:1)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมหัวเชื้อถั่งเช่าสีทอง

การทดลองนี้ใช้หัวเชื้อถั่งเช่าสีทองจากสมาคมเห็ดราเป็นยาและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ทำการเตรียมหัวเชื้อบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA, Difco) บ่มเชื้อในสภาวะมืด ที่อุณหภูมิ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 60% เป็นระยะเวลา 30 วัน เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการทดลองขั้นต่อไป

### การทดสอบสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตถั่งเช่าสีทอง

ทำการเพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทองโดยใช้ข้าวมันปูเป็นอาหารเพาะหลักร่วมกับอาหารเสริมสูตรดัดแปลงจาก Gu และคณะ (2007) โดยมีส่วนผสมดังนี้ กลูโคส 10 กรัม/ลิตร, ยีสต์สกัด 10 กรัม/ลิตร, ไทเอมีน 1 กรัม/ลิตร, Potassium dihydrogen phosphate ($KH_2PO_4$) 10 กรัม/ลิตร และ Magnesium sulphate ($MgSO_4$) 0.5 กรัม/ลิตร เตรียมอาหารเสริมโดยการผสมส่วนผสมดังกล่าวลงในน้ำมันฝรั่งต้ม (มันฝรั่ง 200 กรัม/น้ำ 1 ลิตร) โดยในการทดลองนี้จะเรียกอาหารเสริมสูตรนี้ว่าอาหารเสริมสูตรพื้นฐาน ทำการทดสอบแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนที่ความเข้มข้น 5, 10, 20 และ 30 กรัม/ลิตร โดยแหล่งคาร์บอนทำการทดสอบระหว่างกลูโคสและซูโครส และทำการทดสอบแหล่งไนโตรเจน 5 ชนิด ได้แก่ ยีสต์สกัด, เปปโตน, ยีสต์แห้ง, นมผง, และ ยีสต์สกัดผสมเปปโตน (1:1) ทำการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงโดยผสมข้าวมันปู 20 กรัมต่ออาหารเสริม 25 มิลลิลิตร นึ่งฆ่าเชื้อที่ 121°C เป็นเวลา 15 นาที และทำการลงเชื้อถั่งเช่าสีทองขนาด 0.9 เซนติเมตร 1 ชิ้น/1 ขวด ระยะแรกทำการบ่มเชื้อในสภาวะมืด ที่อุณหภูมิ 22-25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 60% จนเส้นใยเจริญเต็มอาหารข้าวมันปูเป็นเวลา 30 วัน จากนั้นทำการกระตุ้นให้เกิดปุ่มดอก (fruiting stage) โดยการให้แสง 2000 ลักซ์ (12 ชม./วัน) ที่อุณหภูมิ 18°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ระยะการเกิดปุ่มดอกจนถึงการสร้างดอกเห็ดของถั่งเช่าสีทองใช้ระยะเวลาประมาณ 30 วัน ทำการวัดผลผลิตที่ได้ โดยการนำส่วนดอกและส่วนฐานมาทำการชั่งน้ำหนัก ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 24 ชม. ทำการชั่งน้ำหนัก และนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติ

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูลแบบ Factorial Experiments in Completely Randomized Design (CRD) และ One-Way ANOVA โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนดอกและส่วนฐานที่ได้จากอาหารเสริมสูตรต่างๆ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบผลของแหล่งคาร์บอนพบว่า แหล่งคาร์บอนมีผลต่อน้ำหนักดอกแห้งและน้ำหนักฐานแห้ง แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งคาร์บอนและความเข้มข้น โดยซูโครสให้น้ำหนักดอกแห้งมากกว่ากลูโคส และกลูโคสให้น้ำหนัก

ฐานแห้งมากกว่าซูโครส (แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01) จากการทดสอบผลของแหล่งไนโตรเจนพบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งไนโตรเจนและความเข้มข้น โดยอาหารเสริมที่ให้น้ำหนักดอกแห้งดีที่สุด คือนมผงที่ 10 กรัม/ลิตร ให้ผลผลิตเท่ากับ 2.57±1.1 และอาหารเสริมที่ให้น้ำหนักฐานแห้งดีที่สุด คือยีสต์สกัดที่ 30 กรัม/ลิตร ให้ผลผลิต เท่ากับ 9.27±2.9 (Table 1 และ 2) ผลจากการทดสอบนี้ หากทำการพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตร่วมกับน้ำหนักผลผลิตที่ได้ จะพบว่าอาหารเสริมสูตรที่ให้ผลผลิตดอกดีที่สุด คือ ซูโครสที่ 5 กรัม/ลิตร (Figure 1A) และนมผงที่ 10 กรัม/ลิตร (Figure 1B) ให้ผลผลิตเท่ากับ 2.04±0.1-2.57±1.1 กรัม และสูตรอาหารที่เหมาะสมในการผลิตฐานแห้งเพื่อทดแทนสูตรพื้นฐาน คือ ซูโครสที่ 30 กรัม/ลิตร และนมผงที่ 5 กรัม/ลิตร โดยให้ผลผลิตฐานแห้งเท่ากับ 8.66±1.2- 8.23±0.9 กรัม (Figure 2A และ B) ทั้งนี้สูตรอาหารเสริมทั้ง 2 สูตรที่ได้จากการทดลองนี้ มีต้นทุนในการผลิตเพียง 5 – 10 บาท/ลิตร โดยมีราคาถูกกว่าต้นทุนอาหารเสริมสูตรพื้นฐานถึง 87 – 94% ซึ่งมีราคาต้นทุน 80 บาท/ลิตร

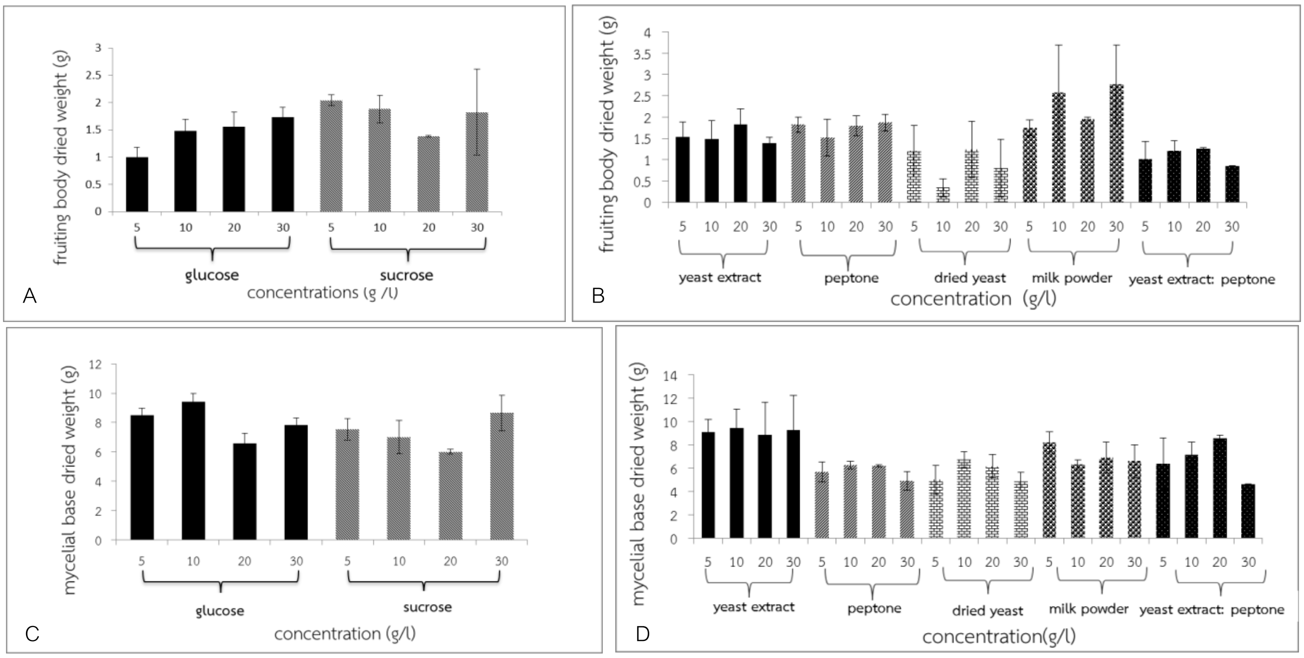



**Figure 1** The effects of carbon and nitrogen sources on the fruiting body production (A and B) and the mycelial base productions (C and D) of *C. militaris*; A and C: carbon sources: glucose and sucrose; B and D: nitrogen sources: yeast extract, peptone, dried yeast, milk powder and yeast extract: peptone (1:1)

## สรุปผล

สืบเนื่องจากผลิตภัณฑ์ถั่งเช่าสีทอง ที่มีการจำหน่าย 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบชาชง ซึ่งผลิตจากดอกอบแห้ง และรูปแบบแคปซูล ซึ่งผลิตจากส่วนของฐานอบแห้งบรรจุแคปซูล จากการศึกษาสูตรอาหารเสริมที่เหมาะสมในการผลิตถั่งเช่าสีทองพบว่า สูตรอาหารเสริมที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์แบบชาชง ได้แก่ ซูโครส 5 กรัม/ลิตร และนมผง 10 กรัม/ลิตร และสูตรอาหารที่แนะนำในการผลิตอาหารเสริมแคปซูล ได้แก่ ซูโครสที่ 30 กรัม/ลิตร และนมผงที่ 5 กรัม/ลิตร โดยอาหารเสริมจากการทดลองนี้จะมีราคาถูกกว่าถึง 87 – 94% เมื่อเทียบกับอาหารเสริมสูตรพื้นฐานและยังสามารถหาซื้อได้ง่ายกว่า ซึ่งจะเป็นทางเลือกใหม่สำหรับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดที่ต้องการลดต้นทุนการผลิตหรือเกษตรกรผู้มีต้นทุนน้อย ซึ่งสามารถทดแทนการใช้อาหารเสริมสูตรพื้นฐานได้

## เอกสารอ้างอิง

ธัญญา ทะพิงค์แก, 2555, การเพาะเห็ดถั่งเช่าเป็นอาชีพ, สำนักพิมพ์วารสารเคหการเกษตร, กรุงเทพฯ 94 หน้า.

Gu, Y.X., Want, Z.S., Li, S.X. and Yuan, Q.S., 2007, Effects of Multiple Factors on Accumulation of Nucleosides and Bases in *Corydyceps militaris*, Food Chemistry, 102: 1304-1309.

Holliday, J.C. and Cleaver, M.P., 2008, Medicinal Value of the Caterpillar Fungi Species of the Genus *Cordyceps* (Fr.) Link (Ascomycetes). A Review, International Journal of Medicinal Mushrooms, 10(3).

Das, S.K., Masuda, M., Sakurai, A. and Sakakibara, M., 2010, Medicinal uses of the Mushroom *Cordyceps militaris*: Current state and prospects, Fitoterapia, 81(8): 961-968.

Ng, T. and Wang, H., 2005, Pharmacological Actions of *Cordyceps*, a Prized Folk Medicine, Journal of Pharmacy and Pharmacology, 57(12): 1509-1519.

Wasser, S., 2002, Medicinal Mushrooms as a Source of Antitumor and Immunomodulating Polysaccharides, Applied microbiology and biotechnology, 60(3): 258-274.

Winkler, D., 2008, Yartsa Gunbu (*Cordyceps sinensis*) and the Fungal Commodification of Tibet's Rural Economy, Economic Botany, 62(3): 291-305.

**Table 1** The effects of carbon sources on the fruiting body and mycelial base productions of *C. militaris*

| Carbon sources | Concentration (g/l) | Fresh fruiting body (g) | Dried fruiting body (g) | Fresh mycelial base (g) | Dried mycelial base (g) |
|---|---|---|---|---|---|
| glucose | 5 | 5.43±1.2[a] | 1.00±0.2 | 26.05±1.9[b,c] | 8.48±0.5 |
| | 10 | 5.54±0.4[a] | 1.48±0.2 | 22.74±1.6[a,b] | 9.43±0.6 |
| | 20 | 7.77±3.3[a,b,c] | 1.56±0.3 | 21.13±1.1[a] | 6.59±0.7 |
| | 30 | 11.50±3.2[c] | 1.73±0.2 | 22.15±3.7[a,b] | 7.85±0.5 |
| sucrose | 5 | 8.70±1.7[a,b,c] | 2.04±0.1[a,b] | 23.92±2.0[a,b] | 7.52±0.7 |
| | 10 | 9.81±0.7[b,c] | 1.88±0.3[a,b] | 22.85±0.4[a,b] | 7.01±1.1 |
| | 20 | 5.91±1.8[a,b] | 1.38±0.0[b] | 28.94±2.7[c] | 6.01±0.2 |
| | 30 | 9.74±4.7[b,c] | 1.82±0.8[a] | 20.82±1.3[a] | 8.66±1.2 |

**Table 2** The effects of nitrogen sources on the fruiting body and the mycelial base production of *C. militaris*

| Nitrogen sources | Concentration (g/l) | Fresh fruiting body (g) | Dried fruiting body (g) | Fresh mycelial base (g) | Dried mycelial base (g) |
|---|---|---|---|---|---|
| yeast extract | 5 | 5.50±0.5[a] | 1.53±0.4 | 23.09±3.2[c,d,e,f] | 9.08±1.1 |
| | 10 | 7.72±1.1[a,b,c] | 1.48±0.4 | 22.75±0.4[c,d,e,f] | 9.43±1.6 |
| | 20 | 14.10±1.2[e,f,g] | 1.83±.4 | 19.36±3.6[b,c,d] | 8.85±2.8 |
| | 30 | 14.74±1.9[f,g] | 1.38±.2 | 22.11±2.6[b,c,d,e,f] | 9.27±2.9 |
| peptone | 5 | 11.48±0.6[c,d,e,f] | 1.82±.2[a,b] | 18.49±3.1[b,c,d] | 5.69±0.9 |
| | 10 | 13.11±2.3[d,e,f,g] | 1.52±0.4[a] | 21.69±1.7[b,c,d,e,f] | 6.27±0.3 |
| | 20 | 12.98±1.7[d,e,f,g] | 1.79±0.2[b,c] | 20.18±1.7[b,c,d] | 6.19±0.1 |
| | 30 | 16.19±1.9[g] | 1.87±0.2[c] | 16.91±0.7[b] | 4.92±0.8 |
| dried yeast | 5 | 6.83±1.6[a,b,c] | 1.20±0.6 | 21.55±1.2[b,c,d,e,f] | 5.00±1.3 |
| | 10 | 8.75±4.8[a,b,c,d] | 0.34±0.5 | 23.11±4.3[c,d,e,f] | 6.73±0.7 |
| | 20 | 12.92±3.9[d,e,f,g] | 1.24±0.7 | 19.69±4.3[b,c,d] | 6.17±1.0 |
| | 30 | 13.76±0.5[e,f,g] | 0.80±0.7 | 17.75±1.5[b,c] | 4.86±0.8 |
| milk powder | 5 | 10.71±0.9[b,c,d,e,f] | 1.74±0.2 | 21.58±0.7[b,c,d,e,f] | 8.23±0.9 |
| | 10 | 10.95±1.0[b,c,d,e,f] | 2.57±1.1 | 21.36±1.2[b,c,d,e,f] | 6.30±0.4 |
| | 20 | 11.72±1.0[c,d,e,f] | 1.96±0.0 | 20.77±0.2[b,c,d,e,f] | 6.90±1.3 |
| | 30 | 11.57±0.9[c,d,e,f,g] | 2.77±0.9 | 20.53±2.6[b,c,d,e] | 6.60±1.4 |
| yeast extract: peptone (1:1) | 5 | 8.94±0.9[a,b,c,d] | 1.01±0.4 | 24.16±0.0[d,e,f] | 6.39±2.2 |
| | 10 | 7.46±2.5[a,b,c] | 1.20±0.3 | 26.38±1.5[f] | 7.14±1.1 |
| | 20 | 9.55±1.2[a,b,c,d] | 1.25±0.0 | 25.89±0.1[e,f] | 8.58±0.3 |
| | 30 | 12.95±0.0[a,b] | 0.85±0.0 | 16.14±0.0[a] | 4.62±0.0 |

[a, b, c,.....] Means within columns followed by the same letter are significant different at $p < 0.05$.

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 705-708 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 705-708 (2558)

# การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์มัฟฟินเพื่อสุขภาพ

## Substitution Wheat Flour with Black Jasmine Rice Flour in Healthy Muffin Products

วิชชุดา สังข์แก้ว[1] และ จีรนันท์ โชมขุนทด[1]

Sangkaeo, W.[1] and Chomkhuntod, J.[1]

**Abstract**

This research was aimed to study the effect of substitution of wheat flour by black jasmine rice 0 (control), 25, 50, 75 and 100 %, flour basis on healthy muffin quality. Physical properties and sensory attributes of muffin were determined. The results showed that the increasing of black jasmine rice gave a no significant of water activity (Aw) (P>0.05) but significant decrease of lightness (L*) and redness (a*) (P<0.05) while the specific volume and bulk density of muffin increased. Texture profile analysis displayed that adhesiveness of sample was tended to increase when the amount of black jasmine rice increased but hardness, cohesiveness, springiness and chewiness had no significantly difference. Sensory evaluation using 9-point hedonic scales showed that the 75% black jasmine rice gave a no significantly different in sensory score in all attributes from control (p>0.05).

**Keywords:** black jasmine rice, wheat flour, muffin

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟินเพื่อสุขภาพ ที่ระดับ 0 (สูตรควบคุม) 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง ประเมินสมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส จากผลการทดลอง พบว่า การใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่สูงขึ้นไม่มีผลต่อค่า Aw ของมัฟฟิน (P>0.05) แต่ส่งผลให้ มัฟฟินมีค่า L* (lightness) และ ค่า a* (redness) ลดลง (P<0.05) ในขณะที่ค่าความหนาแน่นรวมและปริมาตรจำเพาะสูงขึ้น ผลการวัดเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณข้าวหอมนิล มัฟฟินมีค่า Adhesiveness สูงขึ้น (P<0.05) แต่ค่า hardness, cohesiveness, springiness and chewiness ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส โดยใช้ 9-point hedonic scales พบว่า สูตรที่มีการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลี 75 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (p>0.05)

**คำสำคัญ**: ข้าวหอมนิล แป้งสาลี มัฟฟิน

**คำนำ**

ข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีนอยู่ในช่วงประมาณ 10-12.5% มีปริมาณแป้งอะมัยโลสประมาณ 12-13% มีแคลเซียมประมาณ 4.2 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม มีธาตุเหล็กประมาณ 2.25- 3.25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และธาตุสังกะสีประมาณ 2.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ข้าวเจ้าหอมนิลมีปริมาณสาร antioxidation สูงประมาณ 293 ไมโครโมลต่อกรัม (อภิชาติ, 2544) ในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีม่วงเข้มประกอบไปด้วยสาร anthocyanin, proanthocyanidin, bioflavonoids และวิตามิน E ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Laokuldilok และคณะ, 2013) ในส่วนของรำและจมูกข้าว มีวิตามิน E วิตามิน B และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ในส่วนของรำมีน้ำมันรำข้าว 18% เป็นองค์ประกอบ ซึ่ง 80% เป็นชนิด C18:1 และ C18:2 เหมือนกับน้ำมันที่ได้จากถั่วเหลืองและข้าวโพดและพบว่ามีสาร omega-3 ประมาณ 1-2% รำข้าวของข้าวเจ้าหอมนิลมีปริมาณเส้นใย digestible fiber สูงถึง 10% จากข้อมูลทางโภชนาการนับได้ว่าข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวที่มีศักยภาพในการนำมาแปรรูปทางอุตสาหกรรมอาหารสูง เช่น การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งข้าวเจ้าหอมนิล รวมทั้งขนมขบเคี้ยวต่างๆ (Chrispeels และ David, 1994)

มัฟฟินเพื่อสุขภาพเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีส่วนประกอบหลักเป็นแป้งสาลี แป้งสาลีที่มีคุณภาพสูงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูง และจากข้อมูลคุณค่าทางอาหารของข้าวหอมนิลที่มีองค์ประกอบทั้งในด้าน

---

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[1] Department of Food Science and Technology, School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vibhavadee-rangsit Road, Dindaeng, Bangkok 10400

ปริมาณแร่ธาตุต่างๆ รวมทั้งปริมาณ antioxidant ในปริมาณสูง งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจนำแป้งข้าวหอมนิลมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟิน เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตและสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค

## อุปกรณ์และวิธีการ

ส่วนผสมของมัฟฟินเพื่อสุขภาพ สูตรควบคุมประกอบด้วย แป้งสาลี น้ำตาลทราย ผงอบเชย เบคกิ้งโซดา เต้าหู้ นมถั่วเหลือง น้ำมัน น้ำส้มสายชู วิธีการทำเริ่มจากร่อนแป้งสาลี ผงอบเชย เบคกิ้งโซดาเข้าด้วยกัน พักไว้ ตีส่วนผสมที่เป็นของเหลวที่ประกอบด้วยเต้าหู้ นมถั่วเหลือง น้ำมัน น้ำส้มสายชู โดยระหว่างตีค่อยๆ เติมน้ำตาลลงไป เทส่วนผสมที่เป็นของเหลวลงในส่วนผสมของแป้ง ใช้ไม้พายตะล่อมเบาๆ ให้ส่วนผสมเข้ากัน ตักส่วนผสมใส่พิมพ์ที่รองด้วยถ้วยกระดาษ ถ้วยละ 50 กรัม นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นาน 30 - 35 นาที

ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิล (ตรา Be Live Rice) ในอัตราส่วนแป้งข้าวหอมนิลต่อแป้งข้าวสาลี 0:100 (สูตรควบคุม) 25:75 50:50 75:25 และ 100:0 วิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter Lab Digital Colorimeter รุ่น Color Flex ความหนาแน่น (Bulk Density) ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume) (AOAC, 2000) และลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Lloyd Texture Analyzer รุ่น LRX วางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) การทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้วิธี 9-point Hedonic scale โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟินเพื่อสุขภาพที่ระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักแป้ง (Table 1) พบว่า การใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่สูงขึ้นไม่มีผลต่อค่า water activity ของมัฟฟิน ($P>0.05$) แต่ส่งผลให้ มัฟฟินมีค่า L* (lightness) และ ค่า a* (redness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในองค์ประกอบของข้าวหอมนิลมีแอนโทไซยานินซึ่งมีสีเข้มในปริมาณสูง (Chrispeels and David, 1994) จึงทำให้มัฟฟินที่มีปริมาณข้าวหอมนิลสูงมีเข้มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดสอบปริมาตรจำเพาะพบว่าเมื่อปริมาณแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มขึ้นในระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ มัฟฟินจะมีปริมาตรจำเพาะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากแป้งข้าวหอมนิลมีปริมาณกลูเตนต่ำกว่าแป้งสาลี (Chung และคณะ, 2012) จึงทำให้มัฟฟินที่มีปริมาณแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มขึ้นจึงมีการกักเก็บอากาศได้ลดลง ซึ่งส่งผลให้มีค่าความหนาแน่นรวมของมัฟฟินสูงขึ้น

จากการวิเคราะห์ TPA (Table 2) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณข้าวหอมนิล มัฟฟินมีค่า Adhesiveness สูงขึ้นทั้งนี้เนื่องจากมัฟฟินที่มีปริมาณแป้งข้าวหอมนิลสูงขึ้นจะขึ้นฟูได้น้อยลงเนื่องจากมีปริมาณกลูเตนลดลงจึงทำให้เนื้อมัฟฟินเกาะตัวกันมากขึ้น ($P<0.05$) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลไม่มีผลต่อค่า hardness, cohesiveness, springiness and chewiness อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในสูตรมัฟฟินซึ่งเป็นมัฟฟินเพื่อสุขภาพซึ่งมีส่วนผสมเป็นเต้าหู้อยู่ด้วยจึงทำให้การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลไม่มีผลต่อความแข็ง ความยืดหยุ่นและความเหนียวของมัฟฟินอย่างมีนัยสำคัญ

จากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส (Table 3) พบว่าเมื่อปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิลสูตรที่มีการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลี 75 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p>0.05$) เนื่องจากมัฟฟินมีลักษณะที่ฟูนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ในขณะที่การทดแทนแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มัฟฟินที่ได้มีลักษณะเนื้อแน่นเกินไปและไม่ขึ้นฟู

## สรุปผล

การใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์มัฟฟินเพื่อสุขภาพในปริมาณที่สูงขึ้น ส่งผลต่อความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะและค่าความสว่างของมัฟฟิน ทั้งนี้การใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีในสูตรมัฟฟินเพื่อสุขภาพในระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้มัฟฟินมีค่า Aw ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะและการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม

## เอกสารอ้างอิง


อภิชาติ วรรณวิจิตร, 2544, ลักษณะทางโภชนาการข้าวหอมนิล [สืบค้น], http://www.ku.ac.th/e-magazine/april44/agri/rice1.html [15/ June/ 15]

อุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์ และสุนทรี สุวรรณสิชณน์, 2553, ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสีนิลต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 8 หน้า

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA., U.S.A

Baixauli, R., Salvador, A. and Fiszman, S.M., 2008, Textural and Colour Changes during Storage and Sensory Shelf life of Muffins Containing Resistant Starch, European Food Research and Technology, 226: 523–530.

Chrispeels, M.L. and David, E.S., 1994. Plants, Genes and Agriculture. Jones and Bartlett Publishers. London. England. 478 p.

Chung, H., Cho, A. and Lim, S., 2012, Effect of Heat-moisture Treatment for Utilization of Germinated Brown Rice in Wheat Noodle, LWT - Food Science and Technology, 47: 342-347.

Matos, M.E., Sanz, T. and Rosell, C.M., 2014, Establishing the Function of Proteins on the Rheological and Quality Properties of Rice Based Gluten Free Muffins, Food Hydrocolloids, 35: 150–158.

Laokuldilok, T., Surawang, S. and Klinhom, J., 2013, Influence of milling time on the nutritional composition and antioxidant content of Thai rice bran, Food and Applied Bioscience Journal, 1(3): 112-130.

**Table 1** Water activity (Aw), Bulk Density, Specific Volume and Color values of Muffin as affect by different substitution level of Black Jasmine Rice Flour

| Black Jasmine Rice Flour (%) | $Aw^{ns}$ | Bulk Density ( $g/cm^3$ ) | Specific Volume ($cm^3/g$) | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.95 ± 0.01 | 0.75 ± 0.07$^{b}$ | 8.52 ± 0.67$^{b}$ | 49.65 ± 0.65$^{a}$ | 8.68 ± 0.32$^{a}$ | 23.75 ± 0.10$^{a}$ |
| 25 | 0.94 ± 0.01 | 0.83 ± 0.08$^{b}$ | 8.07 ± 0.22$^{b}$ | 39.83 ± 3.25$^{b}$ | 8.70 ± 0.44$^{a}$ | 15.50 ± 0.94$^{b}$ |
| 50 | 0.94 ± 0.01 | 0.82 ± 0.06$^{b}$ | 8.32 ± 0.05$^{b}$ | 31.68 ± 0.78$^{c}$ | 6.96 ± 0.09$^{c}$ | 8.40 ± 0.02$^{d}$ |
| 75 | 0.94 ± 0.01 | 0.89 ± 0.14$^{b}$ | 8.79 ± 0.04$^{b}$ | 28.78 ± 1.22$^{cd}$ | 8.09 ± 0.30$^{b}$ | 9.54 ± 0.53$^{c}$ |
| 100 | 0.93 ± 0.00 | 1.19 ± 0.25$^{a}$ | 10.12 ±0.58$^{a}$ | 28.36 ± 0.44$^{d}$ | 6.40 ± 0.06$^{d}$ | 6.31 ± 0.33$^{e}$ |

$^{a, b, c, .....}$ Means within columns followed by the same letter are significant different at $p < 0.05$

$^{ns}$ Means within columns followed by the same letter are not significant different at $p > 0.05$

**Table 2** Texture Profile Analysis (TPA) of Muffin as affect by different substitution level of Black Jasmine Rice Flour

| Black Jasmine Rice Flour (%) | $Hardness^{ns}$ (N) | $Cohesiveness^{ns}$ (%) | $Springiness^{ns}$ (%) | $Chewiness^{ns}$ | Adhesiveness (g.sec) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2.59 ± 1.21 | 0.37 ± 0.62 | 5.56 ± 0.69 | 6.47 ± 3.46 | 0.06 ± 0.05$^{b}$ |
| 25 | 2.66 ± 0.56 | 0.39 ± 0.03 | 5.99 ± 0.39 | 6.89 ± 2.05 | 0.02 ± 0.22$^{a}$ |
| 50 | 2.64 ± 1.63 | 0.36 ± 0.02 | 5.72 ± 0.27 | 6.63 ± 1.41 | 0.08 ± 0.08$^{b}$ |
| 75 | 2.72 ± 0.29 | 0.39 ± 0.03 | 5.44 ± 0.30 | 7.03 ± 0.98 | 0.06 ± 0.05$^{b}$ |
| 100 | 3.13 ± 0.28 | 0.42 ± 0.04 | 6.09 ± 0.29 | 7.34 ± 1.83 | 0.55 ± 0.04$^{b}$ |

$^{a, b}$ Means within columns followed by the same letter are significant different at $p < 0.05$

$^{ns}$ Means within columns followed by the same letter are not significant different at $p > 0.05$

**Table 3** Sensory scores of Muffin as affect by different substitution level of Black Jasmine Rice Flour

| Black Jasmine Rice Flour (%) | Appearance | Color | Texture | Flavor | Overall $acceptability^{ns}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 7.03 ± 1.44$^{a}$ | 7.10 ± 1.27$^{a}$ | 6.17 ± 1.59$^{a}$ | 6.23 ± 1.82$^{a}$ | 6.07 ± 1.86 |
| 25 | 6.20 ± 1.33$^{ab}$ | 6.20 ± 1.33$^{bc}$ | 6.06 ± 1.55$^{a}$ | 6.23 ± 1.61$^{a}$ | 6.26 ± 1.48 |
| 50 | 6.63 ± 1.25$^{ab}$ | 6.53 ± 1.11$^{ba}$ | 5.96 ± 1.67$^{a}$ | 6.27 ± 1.86$^{a}$ | 6.10 ± 1.47 |
| 75 | 6.73 ± 1.17$^{ab}$ | 6.83 ± 1.21$^{ba}$ | 6.20 ± 1.74$^{a}$ | 6.30 ± 1.80$^{a}$ | 6.16 ± 1.76 |
| 100 | 6.43 ± 1.22$^{b}$ | 6.37 ± 1.63$^{c}$ | 5.76 ± 1.61$^{b}$ | 5.56 ± 1.59$^{b}$ | 5.80 ± 1.54 |

$^{a, b, c}$ Means within columns followed by the same letter are significant different at $p < 0.05$

$^{ns}$ Means within columns followed by the same letter are not significant different at $p > 0.05$

# การปรับปรุงรสชาติของโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล

## Flavor Quality Improvement of Hom Nin Brown Rice Yoghurt

**อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์[1] วิญญู ช่วยแก้ว[1] และ เนตรนภา สกุลซ้ง[1]**

Chaikulsareewath, A.[1], Chauykaew, W.[1] and Sakulsong, N.[1]

### Abstract

Improving flavor quality of Hom Nin brown rice yoghurt was investigated. Sugar was added at 7, 10, 12, 14, 16 and 18% (w/v) mixed with yoghurt and evaluated by Just-about-right scale. Results showed that the formulas adding sugar of 10, 12 and 14% (w/v) were the most appropriate. Thus, all products were evaluated by the 9-point hedonic scale. The formula having 12% sugar had the highest score in all attributes. The chemical, physical and microbiological qualities of this product were analyzed. Protein, fat, carbohydrate, fiber, ash and moisture contents were 1.05, 1.43, 13.56, 1.39, 0.23 and 82.34% (w/v), respectively. Total acid and pH were 0.60% (w/v) and 4.46, respectively. Viscosity and total soluble solid were 11,100 centipoints and 14.33°Brix, respectively. Values of L* a* and b* were 46.91, 11.85 and 8.98, respectively. Total aerobic plate count and lactic acid bacteria were 7.4 x$10^7$ and 3.3 x$10^6$ CFU/ml, respectively. Yeast, mold and coliform bacteria were not found in the products.

**Keywords:** Hom nin brown rice yoghurt, Just about right scale, 9-point hedonic scale

### บทคัดย่อ

งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล พบว่าโยเกิร์ตมีความหวานไม่เพียงพอ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ปรังปรุงรสชาติของโยเกิร์ตให้หวานมากขึ้น โดยแปรปริมาณน้ำตาลทราย ร้อยละ 7, 10, 12, 14, 16 และ 18 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Just about right scale พบว่าสูตรที่มีน้ำตาลทราย ร้อยละ 10, 12 และ 14 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เหมาะสมที่สุด จากนั้นนำทั้ง 3 สูตรมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าสูตรที่ผสมน้ำตาลร้อยละ 12 มีคะแนนสูงสุดในทุกๆ ด้าน จึงได้นำผลิตภัณฑ์มาศึกษาคุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลินทรีย์ พบว่าโยเกิร์ตมีปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร เถ้า และความชื้น ร้อยละ 1.05, 1.43, 13.56, 1.39, 0.23 และ 82.34 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ มีปริมาณกรดทั้งหมด และค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ ร้อยละ 0.60 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และ 4.46 ตามลำดับ มีค่าความหนืด และปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 11,100 เซนติพอยด์ และ 14.33 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 46.91, 11.85 และ 8.98 ตามลำดับ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และแบคทีเรียกรดแลคติก เท่ากับ 7.4 x$10^7$ และ 3.3 x$10^6$ CFU/ml ตามลำดับ แต่ไม่พบยีสต์ รา แบคทีเรียโคลิฟอร์ม

**คำสำคัญ:** โยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล, Just about right scale, 9-point hedonic scale

### คำนำ

ข้าวเจ้าหอมนิล เป็นข้าวคัดพันธุ์ผสมระหว่างข้าวหอมมะลิ 105 และข้าวเหนียวดำสายพันธุ์จีน เมล็ดมีสีม่วงเข้มชาว มีประโยชน์ต่อสุขภาพสูง มีธาตุเหล็กมากกว่าข้าวทั่วไปถึงร้อยละ 30 เมื่อหุงสุกจะมีสีม่วงอ่อน นุ่ม เหนียว และมีกลิ่นหอม ข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องหอมนิลมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 12.5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 70 ปริมาณอะไมโลสร้อยละ 16 และยังประกอบไปด้วย ธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และโพแทสเซียม ซึ่งสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์ สูงประมาณ 293 ไมโครโมลต่อกรัม มีวิตามินอี วิตามินบี และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง มีน้ำมันรำข้าว ร้อยละ 18 เป็นองค์ประกอบ พบว่ามีสาร omega-3 ประมาณร้อยละ 1-2 รำข้าวของข้าวเจ้าหอมนิลมีปริมาณ เส้นใย digestible fiber สูงถึงร้อยละ 10 รับประทานเป็นประจำสามารถเสริมภูมิคุ้มกัน เพิ่มเมล็ด

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม เพชรเกษม ภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160

[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam university, Petchkasem, Phasicharoen, Bangkok 10160

เลือดแดง ช่วยรักษาโรคโลหิตจาง และต้านทานโรค เช่น มะเร็ง อัลไซเมอร์ เบาหวาน และโรคหัวใจ รวมทั้งช่วยรักษาสมดุลของความดันโลหิต และลดปริมาณคลอเลสเตอรอลตัวไม่ดี (LDL) (ศูนย์การเรียนรู้วิถีเศรษฐกิจพอเพียงนวชีวัน, มปป; อภิชาติ (2544)) โยเกิร์ต (yoghurt) เป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้จากกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยจุลินทรีย์จะย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก ทำให้โปรตีนในนม คือ เคซีน (casein) เกิดการเปลี่ยนสภาพตกตะกอนเป็นเคิร์ด คล้ายไข่ตุ๋น ผิวเรียบ อ่อนนุ่ม ทำให้มีภาวะเป็นกรดจึงทำให้มีรสเปรี้ยว โดยมีความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 3.8-4.6 โยเกิร์ตมีประโยชน์มากมายหลายประการ เช่น ป้องกันอาการท้องอืด อาหารไม่ย่อยหรือท้องเดิน ช่วยบำรุงผิวพรรณ ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดมะเร็งบริเวณเนื้อเยื่อกระดูก เป็นต้น (สุวรรณนา, 2530)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาเรื่องการผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล (อำพรรณ และคณะ, 2557) พบว่าโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่ผลิตได้ยังมีรสชาติไม่หวาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงรสชาติด้านความหวานให้มากขึ้น โดยการแปรปริมาณน้ำตาล และศึกษาคุณภาพของโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล

## อุปกรณ์และวิธีการ

ผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล โดยนำน้ำข้าวกล้องหอมนิล (นำแป้งข้าวกล้องหอมนิล 5.50 กรัม ผสมกับน้ำ 100 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที เติมกัวร์กัม และแซนแทนกัม 0.25 และ 0.4 กรัม ตามลำดับ จากนั้นแปรปริมาณน้ำตาลทรายเท่ากับ ร้อยละ 7, 10, 12, 14, 16 และ 18 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผสมให้เข้ากัน) ปริมาตร 80 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำนมโค 20 มิลลิลิตร นำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-25 นาที ลดอุณหภูมิให้เหลือ 42-45 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมหัวเชื้อ (โยเกิร์ต รสธรรมชาติ ตราดัชมิลล์) ร้อยละ 9 โดยปริมาตรต่อปริมาตร บ่มที่อุณหภูมิ 42–45 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง (ตามวิธีของอำพรรณ และคณะ, 2557) แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Just about right scale ประเมินการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ (สี) รสชาติ (รสหวาน) ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความหนืด) และกลิ่นรส (น้อยไป ( –4, -3, -2), พอดี (-1, 0, 1) และมากไป (2, 3, 4)) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 31 คน จากนั้นนำสูตรที่ได้รับการยอมรับมากสุดในระดับพอดี 3 สูตร มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) ทำการประเมินคุณภาพด้านลักษณะสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 31 คน นำสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาศึกษาคุณภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ คุณภาพทางเคมี โดยวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และปริมาณกรดแลคติก (AOAC, 1990) ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ โดยวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด ด้วยเครื่อง Refractometer รายงานค่าเป็นค่า °Brix ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัด pH Meter ค่าความหนืด โดยใช้เครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer) ค่าสี โดยการวัดด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeters) และศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total aerobic plate count) ปริมาณจุลินทรีย์กรดแลคติก ปริมาณจุลินทรีย์ยีสต์และราและปริมาณโคลิฟอร์ม ด้วยวิธี coliform test และ MPN method (Harrigan, 1998)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล (อำพรรณ และคณะ, 2557) พบว่าโยเกิร์ตมีความหวานไม่เพียงพอ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ปรังปรุงรสชาติของโยเกิร์ตให้หวานมากขึ้น โดยมีการแปรปริมาณน้ำตาลทราย ร้อยละ 7, 8, 10, 12, 14, 16 และ 18 (สูตรเดิมมี ร้อยละ 7) แล้วนำไปทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธี Just about right scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 31 คน จากภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร มีเพศชาย 7 คน เพศหญิง 24 คน ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Table 1 จากตารางพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลมากขึ้นค่าการยอมรับในระดับพอดีมีค่าเพิ่มขึ้นทุกด้าน ตั้งแต่ระดับน้ำตาลร้อยละ 7 จนถึงร้อยละ 14 หลังจากนั้นเมื่อระดับน้ำตาลเพิ่มขึ้นจนถึง ร้อยละ 18 จะทำให้คะแนนการยอมรับในระดับพอดีมีค่าลดลง จากนั้นนำโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล ผสมน้ำตาลร้อยละ 10, 12 และ14 มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 31 คน พบว่าโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่มีปริมาณน้ำตาล ร้อยละ 12 ได้รับการยอมรับมากที่สุดในทุกๆ ด้าน ($P \leq 0.05$) ทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.03±0.86, 7.03±0.83, 7.22±1.21, 7.04±1.07 และ 7.35±0.97 ตามลำดับ (Table 2)

จากนั้นนำโยเกิร์ตที่มีปริมาณน้ำตาล ร้อยละ 12 มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลินทรีย์ ได้ผลการวิเคราะห์ทางเคมี คือ ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณใยอาหาร ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณ

ความชื้น และปริมาณกรดแลคติก มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.05± 0.06, 1.43± 0.04, 1.39± 0.00, 0.23± 0.01, 13.46± 0.43 82.34± 0.24 และ 0.60 ± 0.03 ตามลำดับ ค่าสีระบบ L* a* b* ได้ผลวิเคราะห์ เท่ากับ 46.91± 0.19, 11.85± 0.02 และ 8.98± 0.02 ตามลำดับ ส่วนของการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความหนืด และปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ผลการวิเคราะห์ เท่ากับ 4.46± 0.02, 11,100± 158.11 เซนติพอยด์ และ 14.33± 0.8 $^{O}$Brix ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ พบว่าโยเกิร์ตมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติก เท่ากับ $7.4x10^{7}$ CFU/ml และ $3.3x10^{6}$ CFU/ml ตามลำดับ และตรวจไม่พบยีสต์ รา ไม่พบแบคทีเรียโคลิฟอร์ม และมีค่า MPN เป็น 0 ดังนั้นโยเกิร์ตที่ผลิตได้จึงเป็นไปตามมาตรฐานของนมเปรี้ยวตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 353 (2556) ที่ระบุว่าต้องมีค่าความเป็นกรด โดยคำนวณเป็นกรดแลกติก ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 0.6 ของน้ำหนัก และปริมาณแบคทีเรียไม่น้อยกว่า $10^{7}$ โคโลนี/กรัม

โยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่ผลิตได้มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก เท่ากับ 3.3 x $10^{6}$ CFU/ml ซึ่งเป็นจำนวนที่มากพอที่จะเป็นประโยชน์ต่อร่างกายในการบำบัดรักษาโรค (Therapeutic) โดย Kruman และ Rasic (1991) ได้รายงานไว้ว่าการบริโภคจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต มากกว่าหรือเท่ากับ $10^{6}$ เซลล์ต่อกรัมของโยเกิร์ตต่อวัน จะมีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งในผลิตภัณฑ์ยังมีข้าวกล้องหอมนิลที่เป็นส่วนผสมอยู่ ซึ่งข้าวกล้องหอมนิลมีคุณค่าทางอาหารหลายๆ อย่าง และหากรับประทานเป็นประจำจะเสริมภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย และทำให้ร่ายกายต้านทานโรคได้หลายชนิด (ศูนย์การเรียนรู้วิถีเศรษฐกิจพอเพียงนวชีวัน, มปป; อภิชาติ, 2544)

## สรุปผล

การปรับปรุงรสชาติของโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล สามารถทำได้โดยเติมน้ำตาลทราย ร้อย 10, 12 และ 14 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับในระดับพอดีมากที่สุด และเมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าสูตรที่ผสมน้ำตาลร้อยละ 12 มีคะแนนสูงสุดในทุกๆ ด้าน จากนั้นศึกษาคุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และทางจุลินทรีย์ พบว่าโยเกิร์ตที่ผลิตขึ้นเป็นไปตามมาตรฐานของนมเปรี้ยวตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ทั้งปริมาณกรดแลคติก ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด อีกทั้งยังตรวจไม่พบยีสต์ รา และแบคทีเรียโคลิฟอร์ม

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยสยาม

## เอกสารอ้างอิง

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 353) พ.ศ. 2556, เรื่องนมเปรี้ยว, ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 130 ตอนพิเศษ 87 ง, หน้า 79-84.

ศูนย์การเรียนรู้วิถีเศรษฐกิจพอเพียงนวชีวัน, ม.ป.ป., ข้าวกล้องหอมนิลอินทรีย์ [สืบค้น], http://www.nawachione.org/activity/knowledge-center/hom-nin-rice/ [24/ August/ 15].

สุวรรณนา กิจภากรณ์, 2530, ผลิตภัณฑ์จากน้ำนม, ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 94 หน้า.

อภิชาติ วรรณวิจิตร, 2544, ข้าวเพื่อสุขชีวิตเจ้าหอมนิล [สืบค้น], http://www.ku.ac.th/e-magazine/april44/agri/rice1.html [24/ August/ 15].

อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ วิญญู ช่วยแก้ว และเนตรนภา สกุลซ้ง, 2557, การผลิตโยเกิร์ตข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45(2)(พิเศษ): 273-276.

AOAC., 1990, Official method of analysis, Vol 2. 15$^{th}$ed., Association of official analytical chemist, Washington. D.C.

Harrigan, W.F., 1998, Laboratory Methods in Food Microbiology, Academic Press, San Diego. 532 p.

**Table 1** Sensory evaluation of Hom nin brown rice yoghurt by Just about right scale

| Item | %sugar | %Sensory acceptance | | | Sum of %sensory acceptance |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Too little (-4,-3,-2) | Just about right (-1,0,1) | Too much (2,3,4) | |
| Color | 7% | 9.61 | 72.65 | 17.74 | 100 |
| | 10% | 6.45 | 75.81 | 17.74 | 100 |
| | 12% | 9.68 | 85.49 | 4.83 | 100 |
| | 14% | 3.22 | 88.70 | 8.08 | 100 |
| | 16% | 6.83 | 74.70 | 18.47 | 100 |
| | 18% | 8.07 | 72.42 | 19.51 | 100 |
| Sweet | 7% | 54.84 | 45.16 | 0.00 | 100 |
| | 10% | 20.97 | 69.35 | 9.68 | 100 |
| | 12% | 8.06 | 74.19 | 17.75 | 100 |
| | 14% | 8.30 | 75.80 | 15.90 | 100 |
| | 16% | 9.68 | 64.52 | 25.80 | 100 |
| | 18% | 4.84 | 51.61 | 43.55 | 100 |
| Viscosity | 7% | 40.32 | 54.84 | 4.84 | 100 |
| | 10% | 25.87 | 70.90 | 3.23 | 100 |
| | 12% | 24.20 | 70.97 | 4.83 | 100 |
| | 14% | 28.26 | 70.19 | 1.55 | 100 |
| | 16% | 30.64 | 67.74 | 1.62 | 100 |
| | 18% | 30.65 | 69.35 | 0.00 | 100 |
| Odor | 7% | 25.80 | 67.74 | 6.46 | 100 |
| | 10% | 22.58 | 72.58 | 4.84 | 100 |
| | 12% | 17.74 | 75.80 | 6.46 | 100 |
| | 14% | 17.74 | 79.04 | 3.22 | 100 |
| | 16% | 22.97 | 72.18 | 4.85 | 100 |
| | 18% | 25.52 | 71.26 | 3.22 | 100 |

**Table 2** Sensory evaluation of Hom nin brown rice yoghurt by 9-point hedonic scale

| Formular (%sugar) | Sensory evaluation results (score) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Color | Odor | Texture | Taste | Total acceptability |
| 10 | $6.55 \pm 1.26^{b}$ | $6.35 \pm 1.59^{b}$ | $6.30 \pm 1.56^{b}$ | $5.91 \pm 1.61^{b}$ | $6.32 \pm 1.51^{b}$ |
| 12 | $7.03 \pm 0.86^{a}$ | $7.03 \pm 0.83^{a}$ | $7.22 \pm 1.21^{a}$ | $7.04 \pm 1.07^{a}$ | $7.35 \pm 0.97^{a}$ |
| 14 | $6.71 \pm 0.94^{ab}$ | $6.61 \pm 1.09^{ab}$ | $6.48 \pm 1.27^{b}$ | $6.61 \pm 1.21^{a}$ | $6.61 \pm 1.24^{b}$ |

$^{a,\,b}$ means with the different letters in the same column are significant at $p \leq 0.05$

Value represents from n=31

# ผลของความชื้น และระยะเวลาให้ความร้อนต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ ของสตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปรโดยวิธีให้ความร้อนร่วมกับความชื้น

# Effect of Moisture Content and Heating Time on Physicochemical Properties of Modified Rice Starch by the Heat Moisture Treatment Method

จิรนาถ บุญคง[1] ธนันพัชญ์ อภิธนสรณ์[1] และ นูไอนี ล่ากูด[1]
Boonkong, J.[1], Apitanason, T.[1] and Lakud, N.[1]

## Abstract

This research studied the effect of moisture content and heating time on the physicochemical properties of modified rice starch, produced by heat moisture treatment (HMT). Moisture contents of starch used for this study were 20% and 30% (w/w) and heating times at 110°C were 30, 60 and 90 min. The modified rice starches were fine powder, smooth and brightness. The *L** value, water activity, swelling power and solubility of modified starches were lower than those of native starch while water absorption (WAI), resistant starch and amylose content of modified starches were higher. Results of the physicochemical properties indicated that HMT-3 was the optimal formula. The viscosity of HMT-3 and native starch analyzed by Rapid Visco Analyzer (RVA) showed that peak viscosity, final viscosity breakdown, and setback of HMT-3 decreased. X-Ray Diffraction Technique (XRD) showed an A-type crystalline structure pattern and HMT-3 had higher crystallinity (%) than native starch.
**Keywords:** heat-moisture treatment, modified starch, rice starch

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความชื้น และระยะเวลาในการผลิตสตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปร โดยวิธีการใช้ความร้อนร่วมกับความชื้นต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ โดยแปรผันปริมาณความชื้นที่ระดับ 20% และ 30% ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที สตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปรทำให้เป็นผงละเอียด เนื้อเนียน สีขาวสว่าง โดยมีค่าความสว่าง (*L**) ค่า water activity กำลังการพองตัว และร้อยละการละลายน้อยกว่าสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร ในขณะที่สตาร์ชดัดแปรมีความสามารถในการอุ้มน้ำ มีปริมาณ resistant starch และปริมาณอะมิโลสสูงกว่า โดยสตาร์ชดัดแปร HMT-3 มีสมบัติทางเคมี-กายภาพเหมาะสมที่สุด จากการวิเคราะห์ความหนืดด้วย Rapid Visco Analyzer (RVA) พบว่า peak viscosity, final viscosity breakdown และ setback ของสตาร์ชดัดแปร HMT-3 มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับสตาร์ชไม่ดัดแปร การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค X-ray diffraction พบว่ามีโครงสร้างแบบ A-type โดยสตาร์ชดัดแปร HMT-3 มีค่า crystallinity (%) สูงกว่า
**คำสำคัญ:** การให้ความร้อนร่วมกับความชื้น สตาร์ชดัดแปร สตาร์ชข้าวเจ้า

## คำนำ

Resistant starch คือ แป้งที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์และไม่ถูกดูดซึมภายในลำไส้เล็กของมนุษย์ปกติได้ ซึ่งแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์นี้พบตามธรรมชาติ และสามารถเตรียมได้จากวิธีการดัดแปรต่างๆ ได้แก่ วิธีทางกายภาพ เช่น การเกิดรีโทรกราเดชันของแป้ง การใช้ความร้อนชื้น (Heat Moisture Treatment) และวิธีทางเคมี เช่น การใช้เอนไซม์ในการย่อยแป้ง การใช้สารเคมีในการทำแป้งดัดแปร เป็นต้น ดังนั้น resistant starch จึงมีสมบัติเหมือนเส้นใยอาหาร ซึ่งจะไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็กแต่จะถูกหมักโดยจุลินทรีย์ภายในลำไส้ใหญ่ ได้เป็นกรดไขมันสายสั้นๆ เช่น acetate, propionate และ butyrate ซึ่งมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่ายและระบบหมุนเวียนเลือด ช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงของการเกิดโรคท้องผูก โรคอ้วน โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคหัวใจ และโรคเบาหวาน เป็นต้น นอกจากนี้อุตสาหกรรมอาหารยังนิยมนำ resistant starch มาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น ขนมอบ คุกกี้ ขนมปังกรอบ เป็นต้น โดยจะช่วยให้อาหารมีเนื้อสัมผัสที่ดี ไม่หยาบ ไม่ทำให้รสชาติและเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลง และด้วยคุณสมบัติที่ดีกว่าเส้น

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ถ.เพชรเกษม บางหว้า ภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160
[1] Department of Food technology, Faculty of Science, Siam University, Petchkasem Rd., Bangwa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

ใยจากแหล่งอื่นๆ จึงทำให้มีการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพอย่างกว้างขวาง ปัจจุบันมีการผลิต resistant starch ในเชิงการค้า ได้แก่ Novelose® และ CrystaLean® เป็นต้น (จิรนาถ, 2553) ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะผลิต resistant starch โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อศึกษาผลของปริมาณความชื้น และระยะเวลาให้ความร้อนในการดัดแปรสตาร์ชข้าวเจ้าด้วยวิธีการให้ความร้อนร่วมกับความชื้น ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพของสตาร์ชดัดแปรที่ผลิตได้เทียบกับสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร

## อุปกรณ์และวิธีการ

สกัดสตาร์ชจากแป้งข้าวเจ้า (บริษัทโรงงานเส้นหมี่ชอเฮง) ตามวิธีของ Thompson (1977) จากนั้นดัดแปรสตาร์ชข้าวเจ้าด้วยวิธีให้ความร้อนร่วมกับความชื้น (Hormdok และ Noomborn, 2007) โดยแปรผันปริมาณความชื้นเริ่มต้นของสตาร์ชที่ระดับ 20 และ 30% แปรผันเวลาในการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110$^{\circ}$ C เป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที อบแห้งและควบคุมความชื้นของสตาร์ชไม่เกิน 13% บดสตาร์ชให้ละเอียดและร่อนผ่านชั้นตะแกรง 80 mesh เก็บรักษาในภาชนะที่แห้งและปิดสนิท และศึกษาสมบัติทางกายภาพของสตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปรเทียบกับสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร โดยวัดค่าความสว่าง (*L**) (Hunter Lab รุ่น Color Flex) ค่า water activity (AQUA LAB รุ่น AW CX3TE)) กำลังการพองตัวและร้อยละการละลายที่อุณหภูมิ 85$^{\circ}$C (Schoch, 1964) ปริมาณ Resistant starch (Goni et al., 1997) และปริมาณอะมิโลส (Juliano, 1971) จากนั้นคัดเลือกทรีทเมนต์ที่มีปริมาณ resistant starch และปริมาณอะมิโลสสูงสุด มาวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser และศึกษารูปแบบโครงสร้างผลึกด้วยเครื่อง X-Ray Diffractometer รุ่น D8 การวิเคราะห์สถิติของสมบัติทางเคมี-กายภาพ วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design หาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนโดยวิธี One–Way Analysis of Variance และตรวจสอบความแตกต่างของทรีทเมนต์ด้วย Duncan's Multiple Range Test ที่ความเชื่อมั่น 95%

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปร มีลักษณะเป็นผงละเอียด เนื้อเนียน สีขาวสว่าง มีค่าความสว่าง (*L**) ลดลงเมื่อเทียบกับสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร (Table 1) ทั้งนี้การระเหยน้ำออกโดยความร้อน ทำให้อาหารมีสีเข้มขึ้น เพราะเพิ่มความเข้มข้นของปริมาณของแข็งทั้งหมด และการลดค่า water activity ($a_w$) ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นได้ เช่น เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (millard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่อะมิโนกับหมู่คาร์บอนิล ทำให้เกิดโพลีเมอร์ของสารสีน้ำตาล เรียกว่าเมลานอยดิน (melanoidin) ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปฏิกิริยานี้ คือ น้ำตาล เอมีน พีเอช อุณหภูมิ และค่า $a_w$ และค่า $a_W$ ของสตาร์ชดัดแปรลดลง เนื่องจากสตาร์ชได้รับความร้อนเป็นเวลา 30-90 นาที ส่งผลให้ความชื้นและน้ำอิสระในตัวอย่างของสตาร์ชระเหยออกไปได้ (นิธิยา, 2544) อย่างไรก็ตามสตาร์ชดัดแปรทุกทรีทเมนต์ มีค่า $a_W$ ต่ำกว่าที่มาตรฐานสตาร์ชดัดแปรกำหนด (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2535) สตาร์ชดัดแปรมีกำลังการพองตัว และร้อยละการละลายลดลง (Table 1) เนื่องจากการดัดแปรโดยวิธีให้ความร้อนร่วมกับความชื้น ทำให้มีการจัดเรียงโครงสร้างใหม่ของสายโซ่สตาร์ชภายในบริเวณอสัณฐานและผลึกของเม็ดสตาร์ช ทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงขึ้น จึงส่งผลต่อการพองตัวของสตาร์ชที่ลดลง (Zavareze และ Dias, 2011) สตาร์ชดัดแปรมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร และสตาร์ชดัดแปรที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 30 จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าสตาร์ชดัดแปรที่ความชื้นร้อยละ 20 (Table 1) เนื่องจากความชื้นภายในเม็ดสตาร์ชที่สูงกว่า จะส่งเสริมการดูดซึมน้ำเข้าไปได้ดี เนื่องจากการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของน้ำ

สตาร์ชดัดแปรทุกทรีทเมนต์มีปริมาณ resistant starch สูงกว่าสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร (Table 2) ในสตาร์ชที่มีความชื้นมาก เมื่อให้ความร้อนนานขึ้น ปริมาณ resistant starch จะมากขึ้น การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110$^{\circ}$C และการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 4$^{\circ}$C ทำให้สตาร์ชที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชัน มีการกระจายตัวของโมเลกุลอะมิโลสและมีการจัดเรียงโครงสร้างพันธะใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนเกิดเป็นร่างแหสามมิติที่แข็งแรงและทนทานมากขึ้น มีความหนืดคงตัวมากขึ้น คล้ายฟิล์มผลึก ซึ่งส่งผลต่อการทนทานต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็ก (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) นอกจากนี้สตาร์ชดัดแปรมีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร (Table 2) ซึ่งมีรายงานถึงความสัมพันธ์ในเชิงแปรผันตรงเชิงบวก กับปริมาณ resistant starch เนื่องจากการตกผลึกของอะมิโลส ทำให้เกิดโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรงทำให้ย่อยได้ช้าลง (Imprapai และคณะ, 2010) จากผลการทดลองพบว่าสตาร์ชดัดแปร HMT-3 มีปริมาณ resistant starch และอะมิโลสสูงสุด จึงนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วย Rapid Visco Analyser และศึกษารูปแบบโครงสร้างผลึก ด้วยเทคนิค X-ray Diffraction เทียบกับสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร

Pasting Temperature ของสตาร์ชดัดแปร HMT-3 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร (Figure 1) เนื่องจากโครงสร้างของสตาร์ชดัดแปรมีการจัดเรียงตัวใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Puncha-arnon และ Uttapap,

(2013) ที่กล่าวว่า Pasting Temperature ของสตาร์ชดัดแปรด้วยการให้ความร้อนร่วมกับความชื้นจะสูงกว่าสตาร์ชที่ไม่ผ่านการดัดแปร ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าสตาร์ชดัดแปร มีความแข็งแรงมากขึ้น จึงต้องใช้อุณหภูมิในการทำให้สตาร์ชเกิดความหนืดสูงขึ้น หรือต้องใช้เวลาในการเกิดเจลมากขึ้น และ Peak Viscosity และ Final Viscosity ของสตาร์ชดัดแปรมีค่าลดลง เนื่องจากความสามารถในการพองตัวของสตาร์ชดัดแปรจำกัดและมีค่าต่ำ ทำให้มีปริมาณอะมิโลสเพียงเล็กน้อยในสภาพแวดล้อม ที่จะช่วยปรับความหนืดให้สูงขึ้นได้ นอกจากนี้ค่า Breakdown และ Setback ของสตาร์ชดัดแปร มีค่าลดลง เป็นผลที่บ่งชี้ความคงตัวของแรงเค้น ของตัวอย่างสตาร์ชเปียกที่ผ่านการดัดแปร ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับ ค่ากำลังการพองตัวที่ต่ำและ Pasting Temperature ที่สูงขึ้นในสตาร์ชที่ผ่านการดัดแปร (Qingite และคณะ, 2014)

การดัดแปรด้วยวิธีให้ความร้อนร่วมกับความชื้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของสตาร์ช (Figure 2) และ (Table 3) โดยมีค่า peak intensity ที่ประมาณ 17 18 และ 23 ซึ่งจัดเป็นโครงสร้างผลึกเป็น A-type เมื่อพิจารณาค่าความเป็นผลึก (relative crystallinity) พบว่าสตาร์ชดัดแปร HMT-3 มีค่าความเป็นผลึกสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร (Table 3) เนื่องจากการให้ความร้อนร่วมกับความชื้น จะส่งผลต่อการจัดเรียงตัวของโครงสร้างใหม่อีกครั้ง ทำให้ได้โครงสร้างที่มีพันธะภายในแข็งแรงขึ้น ส่งผลต่อการก่อตัวของผลึกที่มีความสมบูรณ์

## สรุปผล

สตาร์ชดัดแปรด้วยความร้อนร่วมกับความชื้นมีค่าความสว่าง (*L**) ค่า $a_W$ กำลังการพองตัว และร้อยละการละลายลดลง ในขณะที่สตาร์ชดัดแปรมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร และพบว่าสตาร์ชดัดแปรที่มีความชื้นร้อยละ 30 จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าสตาร์ชดัดแปรที่มีความชื้นร้อยละ 20 สตาร์ชดัดแปรมีปริมาณ resistant starch และปริมาณอะมิโลสมากกว่าสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร โดยสตาร์ชดัดแปร HMT-3 มีค่าสูงสุด การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วย Rapid Visco Analyzer พบว่า สตาร์ชดัดแปรมีค่า Pasting Temperature เพิ่มขึ้น ในขณะที่ Peak Viscosity Final Viscosity Breakdown และ Setback มีค่าลดลง การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค X-Ray Diffraction พบว่าการดัดแปรด้วยวิธีให้ความร้อนร่วมกับความชื้น ไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างผลึก โดยมีรูปแบบโครงสร้างผลึกเป็น A-type และสตาร์ชดัดแปร HMT-3 มีค่าความเป็นผลึก (crystallinity) สูงกว่าสตาร์ชที่ไม่ดัดแปร จากผลการทดลองข้างต้นทำให้สรุปได้ว่าสตาร์ชดัดแปรที่ผลิตได้มีแนวโน้มที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพได้

## เอกสารอ้างอิง


กระทรวงอุตสาหกรรม, 2535, มาตรฐานผลิตภัณฑ์แป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร, เอกสาร มอก. ที่ 1073-2535, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 303 หน้า.

จิรนาถ บุญคง. 2553. Resistant starch แป้งที่มีบทบาทต่อสุขภาพ, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 6(1): 3-7.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544, หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 98-112.

Goni, I., Alonso, A.G. and Calixto, F.S., 1997, A Starch Hydrolysis Procedure to Estimate Glycemic Index, Nutrition Research. 17(3): 427-437.

Hormdok, R. and Noomhorn, A., 2007, Impact of Heat-moisture Treatment and Annealing in Starches, Carbohydrate Polymers, 83: 317-328.

Imprapai, K., Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N., 2010, Investigation Physical and Mechanical Properties of Edible Film from Cassava Starch and Rice Starch, Thai Journal of Agricultural Science, 41(3/1): 609-612.

Juliano, B.O., 1971, A Simplified Assay for Milled-rice Amylose, Cereal Science Today, 16: 334-340.

Puncha-arnon, S. and Uttapap, D., 2013, Rice Starch vs. Rice Flour: Differences in their Properties When Modified by Heat–Moisture Treatment, Carbohydrate Polymers, 91: 85-91.

Sun, Q., Han, Z., Wang, L. and Xiong, L., 2014, Physicochemical Differences Between Sorghum Starch and Sorghum Flour Modified by Heat-moisture Treatment, Journal of Food Chemistry, 145: 756-764.

Schoch, T.J., 1964, Swelling Power and Solubility of Granular Starches, In R.L. Whistler, R.J. Smith and J.N. BeMiller (eds.), Method in Carbohydrates Chemistry, New York: Academic Press, 106-108.

Thompson, L.U., 1977, Preparation and Evaluation of Mung Bean Protein Isolates, Journal of Food Science, 42(1): 202–206.

Zavareze, E.R. and Dias, A.R.G., 2011, Impact of Heat-moisture Treatment and Annealing in Starches, Carbohydrate Polymers. 83: 317-328.

**Table 1** Physico-chemical properties of control and modified rice starch

| Treatment | $L^*$ | Water activity | Swelling power | Solubility (%) | Water Absorption |
|---|---|---|---|---|---|
| control | 63.96 ± 0.04[a] | 0.348 ± 0.008[a] | 19.00 ± 0.00[a] | 18.00 ± 0.00[a] | 2.39 ± 0.10[d] |
| HMT-1 | 62.54 ± 0.02[c] | 0.272 ± 0.001[d] | 10.16 ± 0.47[b] | 6.15 ± 0.96[b] | 3.60 ± 0.06[a] |
| HMT-2 | 61.28 ± 0.04[f] | 0.283 ± 0.003[d] | 9.94 ± 0.67[b] | 5.25 ± 1.32[bc] | 3.67 ± 0.08[a] |
| HMT-3 | 61.73 ± 0.06[e] | 0.283 ± 0.002[d] | 9.60 ± 0.39[b] | 4.00 ± 0.97[c] | 3.74 ± 0.15[a] |
| HMT-4 | 63.82 ± 0.12[a] | 0.270 ± 0.004[d] | 10.22 ± 0.62[b] | 4.67 ± 0.85[bc] | 2.89 ± 0.14[c] |
| HMT-5 | 61.97 ± 0.10[d] | 0.286 ± 0.001[bc] | 9.99 ± 0.42[b] | 5.04 ± 0.34[bc] | 3.12 ± 0.11[b] |
| HMT-6 | 63.38 ± 0.03[b] | 0.260 ± 0.001[e] | 10.03 ± 0.58[b] | 5.28 ± 1.71[bc] | 2.98 ± 0.06[bc] |

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)
HMT-1, HMT-2, HMT-3 : (moisture content 30% heating time 30, 60 and 90 minutes respectively)
HMT-4, HMT-5, HMT-6 : (moisture content 20% heating time 30, 60 and 90 minutes respectively)

**Table 2** Resistant starch and amylose content of control and modified rice starch

| Treatment | Resistant starch (mg/100 g) | Amylose (%) |
|---|---|---|
| control | 3.69 ± 0.64[d] | 29.26 ± 0.09[j] |
| HMT-1 | 79.40 ± 4.03[b] | 50.68 ± 0.19[c] |
| HMT-2 | 101.00 ± 15.57[a] | 51.38 ± 0.19[b] |
| HMT-3 | 107.20 ± 16.62[a] | 52.47 ± 0.14[a] |
| HMT-4 | 44.94 ± 11.75[c] | 47.87 ± 0.19[f] |
| HMT-5 | 40.14 ± 6.26[c] | 47.35 ± 0.37[g] |
| HMT-6 | 31.53 ± 3.65[cd] | 47.28 ± 0.30[g] |

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

**Table 3** Peak intensity of control and modified rice starch (HMT-3) by X-Ray Diffractometer

| Treatment | Peak intensities (2θ) | | | | | Relative Crystallinity (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| control | 14.88 | 17.21 | 18.62 | 23.18 | 30.69 | 26.56 |
| HMT-3 | 15.33 | 17.89 | 18.21 | 23.38 | 33.75 | 31.43 |

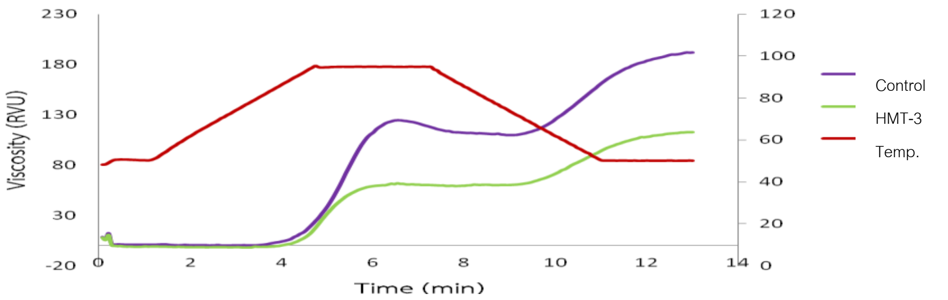



**Figure 1** The viscosity of control and modified starch paste at 8% concentration by Rapid Visco Analyser

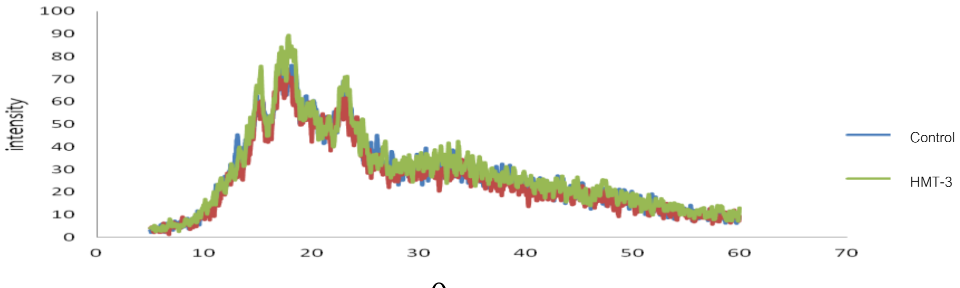



**Figure 2** X-Ray pattern of control and modified rice starch (HMT-3) by X-Ray Diffractometer

# การขยายพันธุ์ขมิ้นชันในสภาพปลอดเชื้อโดยระบบการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลว

## *In Vitro* Propagation of *Curcuma longa* L. by Using Semi-Solid and Liquid Culture Systems

**วิสสุตา ประเสริฐพรศักดิ์[1] และ ปิยะมาศ ศรีรัตน์[2]**

Prasertpornsak, W.[1], and Srirat, P.[2]

### Abstract

In this study, the *in vitro* propagation of *Curcuma longa* L. by using semi-solid and liquid culture systems were investigated. The sterilized rhizome bud explants were cultured on semi-solid Murashige and Skoog (MS) medium or in liquid MS medium supplemented with 3 mg/L BAP and 15-90 g/L sucrose. The suitable sucrose concentration for shoot multiplication was 30 g/L. In semi-solid medium cultivation for 8 weeks gave the highest shoot number of 4.37 shoots, shoot length of 7.56 cm. and 100% root formation. While the liquid medium cultivation for 4 weeks gave the highest shoot number of 4.15 shoots, the highest shoot length of 6.47 cm. and 80% root formation. For the effects of BAP, it was also studied on shoot multiplication. Explants were transferred to semi-solid or liquid MS medium supplement with 30 g/L sucrose and 0-10 mg/L BAP. Both semi-solid medium and liquid medium supplemented with 3 mg/L BAP were suitable condition for shoot multiplication. Semi-solid culture system for 8 weeks, it gave the highest shoot number of 3.81 shoots, shoot length of 8.02 cm. and 100% root formation. While liquid culture system for 4 weeks gave the highest shoot number of 3.73 shoots, shoot length of 6.22 cm. and 85% root formation. From the results showed that explants on suitable condition of liquid MS medium were also noticed to grow and development into plantlet faster than those on semisolid medium.

**Keywords:** *in vitro* propagation, *Curcuma longa* L., semi-solid culture systems, liquid culture systems

### บทคัดย่อ

ในการศึกษาการขยายพันธุ์ขมิ้นชันในสภาพปลอดเชื้อโดยระบบการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลว ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนตาที่ปลอดเชื้อบนอาหารกึ่งแข็งหรืออาหารเหลวสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BAP ที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ น้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้น 15-90 กรัมต่อลิตร พบว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่ 30 กรัมต่อลิตร เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณยอดขมิ้นชัน โดยในการเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ให้จำนวนยอดสูงสุด 4.37 ยอด, ความยาวยอด 7.56 เซนติเมตร และ มีการเกิดรากได้ 100% ในขณะที่การเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ให้จำนวนยอดสูงสุด 4.15 ยอด ความยาวยอด 6.47 เซนติเมตร และ มีการเกิดรากได้ 80% ในส่วนของการศึกษาผลของ BAP ต่อการเพิ่มปริมาณยอด โดยทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นชันบนอาหารกึ่งแข็งหรืออาหารเหลวสูตร MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และ BAP ความเข้มข้น 0-10 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า BAP ที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณยอด โดยในการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารกึ่งแข็ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ให้จำนวนยอดสูงสุด 3.81 ยอด ความยาวยอด 8.02 เซนติเมตร และ มีการเกิดราก 100% ในขณะที่การเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ให้จำนวนยอดสูงสุด 3.73 ยอด ความยาวยอด 6.22 เซนติเมตร และ มีการเกิดราก 85% จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เนื้อเยื่อขมิ้นชันที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เหมาะสม มีการเจริญและการพัฒนาไปเป็นต้นอ่อนได้เร็วกว่าการเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็ง

**คำสำคัญ**: การขยายพันธุ์พืชในสภาพปลอดเชื้อ ขมิ้นชัน ระบบการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารกึ่งแข็ง ระบบการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารเหลว

[1] **หลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140**

[1] Bioscience Program, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphang Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] **สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140**

[2] Division of Biology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

## คำนำ

ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) เป็นพืชสมุนไพรในตระกูลขิง-ข่า (Zingiberaceae) ที่มีการปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ คือ ส่วนของลำต้นใต้ดิน (rhizome) หรือที่เรียกทั่วไปว่า เหง้า ขมิ้นชันเป็นพืชเกษตรที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ ในประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์จากขมิ้นชันในระดับอุตสาหกรรมทั้งในด้านเภสัชกรรมและด้านผลิตภัณฑ์เสริมความงาม ด้วยเหตุนี้ความต้องการใช้ขมิ้นชันเพื่อเป็นวัตถุดิบในทางเภสัชกรรมจึงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ขมิ้นชันสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศแบบร้อนชื้นในเขตร้อนหรือกึ่งร้อน อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 8-9 เดือน ปกติขมิ้นชันจะออกดอกแต่มักจะไม่ค่อยติดผลและเมล็ด นิยมขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ คือ ขยายพันธุ์ด้วยส่วนของลำต้นใต้ดิน

การผลิตต้นพันธุ์พืชโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้เพื่อการผลิตต้นพันธุ์พืชที่มีคุณภาพ โดยต้นพันธุ์พืชที่ได้มีลักษณะที่ดีตรงตามต้นแม่พันธุ์ มีความปลอดโรคและสามารถผลิตต้นพันธุ์ได้เป็นจำนวนมาก ในระยะเวลาอันสั้น ในการศึกษานี้ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นชันโดยใช้การเพาะเลี้ยง 2 ระบบ คือ การเพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลวสูตร MS และศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของซูโครส และสารควบคุมการเจริญเติบโต 6-benzylaminopurine (BAP) ที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณยอด และการเจริญเติบโตของต้นอ่อนขมิ้นชันในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตต้นพันธุ์ขมิ้นชันในเชิงธุรกิจต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

พืชทดลอง ได้แก่ ขมิ้นชัน ซึ่งมีแหล่งปลูกที่อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยมีช่วงในการเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม 2557 นำยอดอ่อนจากเหง้าขมิ้นชันมาล้างด้วยน้ำสะอาด และทำการฟอกฆ่าเชื้อ จากนั้นนำชิ้นส่วนพืชที่ปลอดเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมซูโครส 30 กรัมต่อลิตร, BAP 3 มิลลิกรัมต่อลิตร, $NaH_2PO_4$ 170 มิลลิกรัมต่อลิตร และ KELCOGEL® 3 กรัมต่อลิตร (ดัดแปลงจาก Srirat และคณะ, 2009; 2013) ทำการย้ายเปลี่ยนอาหารใหม่ทุก 4 สัปดาห์ โดยก่อนเริ่มทำการทดลองทำการย้ายต้นอ่อนขมิ้นชันที่ได้มาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาพต้นอ่อนและเพื่อลดปริมาณของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่อาจมีสะสมอยู่ในต้นอ่อน นำต้นอ่อนของขมิ้นชันที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ มาตัดส่วนใบ กาบใบ และรากออก ให้เหลือเฉพาะส่วนลำต้นอ่อน ที่มีความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร นำมาเพาะเลี้ยงในอาหารเพาะเลี้ยงสูตรต่างๆ โดยในการศึกษาผลของความเข้มข้นของซูโครสต่อการเพิ่มปริมาณยอดและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนขมิ้นชัน ทำการเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS หรือ อาหารเหลวสูตร MS ที่เติม BAP 3 มิลลิกรัมต่อลิตร, $NaH_2PO_4$ 170 มิลลิกรัมต่อลิตร และเติมซูโครสที่ความเข้มข้น 15, 30, 60 และ 90 กรัมต่อลิตร และในการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต BAP ต่อการเพิ่มปริมาณยอดและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนขมิ้นชัน โดยทำการเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS หรือ อาหารเหลวสูตร MS ที่มีซูโครส 30 กรัมต่อลิตร, $NaH_2PO_4$ 170 มิลลิกรัมต่อลิตร และเติม BAP ที่ความเข้มข้น 0, 1, 3, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารให้เท่ากับ 5.7 และเฉพาะในการเตรียมอาหารกึ่งแข็งให้เติมสารที่ทำให้อาหารแข็งตัว KELCOGEL® 3 กรัมต่อลิตร จากนั้นนำอาหารไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ในการเพาะเลี้ยงพืชทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 24±2 องศาเซลเซียส อัตราการให้แสงที่ 16 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มของแสง 1,800-2,000 lux โดยในชุดทดลองที่ใช้อาหารกึ่งแข็งวางขวดเพาะเลี้ยงไว้บนชั้นวางและในชุดทดลองที่ใช้อาหารเหลววางขวดเพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่า (Shaker) ที่มีความเร็วรอบการเขย่า 100±10 รอบต่อนาที ทำการย้ายเปลี่ยนอาหารใหม่ทุกๆ 4 สัปดาห์ ในแต่ละชุดทดลองทำซ้ำ 20 ซ้ำ ให้ 1 ซ้ำ คือ 1 ชิ้นส่วนพืชต่อขวดทดลอง บันทึกจำนวนยอด ความยาวยอดและการเกิดราก โดยทำการตรวจนับเฉพาะยอดที่มีความยาวตั้งแต่ 2 เซนติเมตร และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### ผลของซูโครสต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นชันในระบบการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลว

เมื่อทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นชันในระบบที่ใช้อาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลวสูตร MS ที่เติมซูโครส 15 – 60 กรัมต่อลิตร พบว่า ชิ้นส่วนขมิ้นชันมีการพัฒนาและสามารถเจริญเป็นยอดได้ 100% ภายในสัปดาห์ที่ 4 ของการเพาะเลี้ยง

ในขณะที่การเพาะเลี้ยงในอาหารที่เติมซูโครส 90 กรัมต่อลิตร มีชิ้นส่วนพืชที่เจริญเป็นยอดได้เพียง 60 และ 45 % เมื่อใช้อาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลว ตามลำดับ โดยในระบบการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารเหลว เริ่มสังเกตเห็นการพัฒนาของเนื้อเยื่อไปเป็นยอดและยอดมีการเจริญเพิ่มความยาวขึ้น ตั้งแต่ช่วง 2 สัปดาห์แรกของการเพาะเลี้ยง

ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นชันในระบบที่ใช้อาหารกึ่งแข็ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า อาหารเพาะเลี้ยงที่เติมซูโครส 30 กรัมต่อลิตร เป็นอาหารสูตรที่ทำให้ได้จำนวนยอดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 4.37 ยอด และ ยอดมีความยาวเฉลี่ย 7.56 เซนติเมตร โดยยอดที่ได้ทั้งหมดมีการเกิดรากได้เอง ในขณะที่การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระบบที่ใช้อาหารเหลว พบว่า เมื่อทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารเหลวที่เติมซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ทำให้ได้จำนวนยอดเฉลี่ย 4.15 ยอด และยอดมีความยาวเฉลี่ย 6.47 เซนติเมตร โดยยอดที่ได้จำนวน 80 % มีการเกิดรากได้เอง (Table 1, Figure 1) ซึ่งเมื่อทำการเพาะเลี้ยงต่อ พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนยอดไม่มากนัก (น้อยกว่า 25 %) แต่มีการเจริญของความยาวยอดและขนาดของใบที่สังเกตได้ชัดเจน โดยหลังจากสัปดาห์ที่ 8 ของการเพาะเลี้ยง ยอดที่ได้มีความยาวเฉลี่ยมากกว่า 12 เซนติเมตร ซึ่งมีความยาวของยอดมากกว่าความสูงของขวดเพาะเลี้ยงโดยยอดที่ได้ทั้งหมดมีการเกิดราก ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ข้อมูลของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระบบที่ใช้อาหารเหลวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารกึ่งแข็ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์

จากผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของซูโครสมีผลต่อการพัฒนาและการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อขมิ้นชัน โดยในการเพาะเลี้ยงที่ใช้ซูโครสที่ความเข้มข้นสูง จะทำให้ได้จำนวนยอดที่เกิดใหม่และความยาวของยอดที่มีแนวโน้มลดลง (Table 1, Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของอนุพันธ์ และวีรชน (2548) ที่รายงานว่า การเพาะเลี้ยงขมิ้นชันบนอาหารกึ่งแข็งที่เติมซูโครสที่ความเข้มข้นสูง (90 และ 120 กรัมต่อลิตร) ทำให้การชักนำให้เกิดยอดใหม่มีแนวโน้มลดลง และในการเพาะเลี้ยงในระบบที่ใช้อาหารเหลว พบว่า เนื้อเยื่อมีการพัฒนาเป็นยอดและมีการเจริญของยอดได้เร็วกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็ง

**ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต BAP ต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นชันในระบบการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลว**

จากผลการทดลองพบว่า ในการเพาะเลี้ยงทั้งในระบบที่ใช้อาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลว ชิ้นส่วนของขมิ้นชันมีการพัฒนาและสามารถเจริญเป็นยอดได้ 100 % ภายในสัปดาห์ที่ 4 ของการเพาะเลี้ยง โดยในการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารเหลว สามารถสังเกตเห็นการพัฒนาของเนื้อเยื่อไปเป็นยอดและยอดมีการเจริญเพิ่มความยาวขึ้น ตั้งแต่ในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการเพาะเลี้ยง ความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต BAP ที่ทำให้มีการเพิ่มปริมาณยอดและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนขมิ้นชันที่ดี คือ ที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารกึ่งแข็ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ให้จำนวนยอดเฉลี่ยสูงสุด 3.81 ยอด ความยาวยอดเฉลี่ย 8.02 เซนติเมตร และ ยอดทั้งหมดที่ได้มีการเกิดราก ในขณะที่การเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ให้จำนวนยอดเฉลี่ยสูงสุด 3.73 ยอดและมีความยาวยอดเฉลี่ย 6.22 เซนติเมตร โดยยอดที่ได้จำนวน 85% มีการเกิดราก ในการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนขมิ้นชันในอาหารที่เติม BAP ที่ความเข้มข้นสูง (5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร) พบว่า มีแนวโน้มในการลดลงของจำนวนยอดที่เกิดใหม่และความยอด (Table 2, Figure 2)

## สรุปผล

ความเข้มข้นของซูโครสและสารควบคุมการเจริญเติบโต BAP มีผลต่อการพัฒนาและการเจริญของเนื้อเยื่อขมิ้นชันที่เพาะเลี้ยงในระบบการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารกึ่งแข็งและอาหารเหลว โดยความเข้มข้นของซูโครสที่ 30 กรัมต่อลิตร และ BAP ที่ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระดับความเข้มข้นที่ทำให้มีการเพิ่มปริมาณยอดที่เกิดขึ้นใหม่ที่สูงที่สุด ยอดที่ได้มีการเจริญเพิ่มความยาวยอดและมีการเกิดราก ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นชันในระบบที่ใช้อาหารเหลว มีการพัฒนาเป็นยอดและมีการเจริญของยอดได้เร็วกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็ง โดยในการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณยอดที่เกิดขึ้นใหม่ และความยาวยอดที่ใกล้เคียงกับการเพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็งเป็นเวลา 8 สัปดาห์

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบการทำปัญหาพิเศษของนิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ประจำปี 2557 และ งบวิจัยจากหน่วยวิจัยจุลินทรีย์เพื่อการเกษตร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## เอกสารอ้างอิง


อนุพันธ์ กงบังเกิด และวีรชน ยาฝั่น, 2548, ผลของแสง น้ำตาล และสารชะลอการเจริญเติบโตต่อการชักนำให้เกิดเหง้าจิ๋วของขมิ้นชันในหลอดทดลอง, NU Science Journal, 2 (1): 73-86.

Srirat, P., Sirisansaneeyakul, S., Parakulsuksatid, P., Prammanee, S. and Vanichsriratana, W., 2009, *In vitro* Shoot Propagation of *Curcuma longa* L. from Rhizome Bud Explants, pp 1-5 (Fer4P13). *In* The 3rd International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products. Thailand.

Srirat, P., Adelberg, J., Prammanee, S., Sirisansaneeyakul, S., Parakulsuksatid, P. and Vanichsriratana, W., 2013, Effect of Methyl Jasmonate and Chitosan on the Microrhizomes Cultivation of *Curcuma longa* L., pp 399-405. *In* The 25th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conference. Thailand.


Table 1 The effects of sucrose contents on *in vitro* propagation of *C. longa* L. by using semi-solid and liquid culture systems.

| Sucrose contents (g/L) | Mean of shoot numbers | Mean of shoot length (cm.) | % of explant forming roots |
|---|---|---|---|
| Semi-solid culture system* | | | |
| 15 | 2.53±0.52$^{b}$ | 8.16±1.75$^{a}$ | 100 |
| 30 | 4.37±0.55$^{a}$ | 7.56±2.19$^{ab}$ | 100 |
| 60 | 3.20±0.43$^{ab}$ | 6.74±1.05$^{b}$ | 80 |
| 90 | 1.25±0.27$^{c}$ | 3.37±1.14$^{c}$ | 65 |
| Liquid culture system** | | | |
| 15 | 3.10±0.91$^{a}$ | 6.08±1.54$^{a}$ | 65 |
| 30 | 4.15±0.63$^{a}$ | 6.47±0.87$^{a}$ | 80 |
| 60 | 2.80±1.21$^{ab}$ | 5.69±1.20$^{a}$ | 40 |
| 90 | 1.14±0.32$^{c}$ | 2.74±0.53$^{b}$ | 20 |

Means ± SD with the same letter within columns are not significantly different according to Duncan's multiple range at P< 0.05 (N=20 for each treatment).

* Data of treatments were collect after 8 weeks of cultivation.

** Data of treatments were collect after 4 weeks of cultivation.

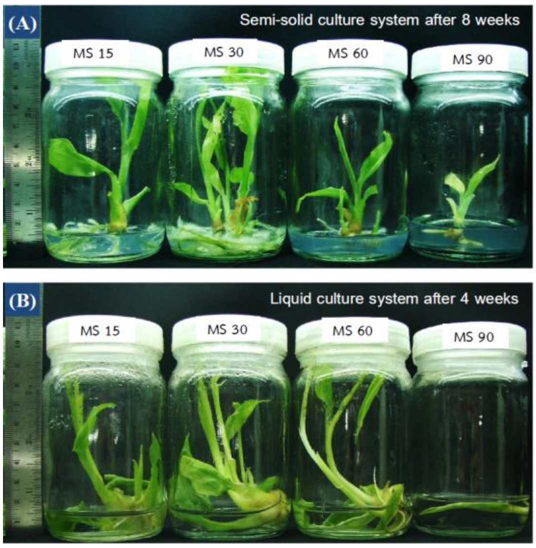



Figure 1 *In vitro* propagation of *C. longa* L. on MS medium containing different concentration of sucrose by using semi-solid culture system (A), and liquid culture system (B).

Table 2 The effects of BAP contents on *in vitro* propagation of *C. longa* L. by using semi-solid and liquid culture systems.

| BAP contents (mg/L) | Mean of shoot numbers | Mean of shoot length (cm.) | % of explant forming roots |
|---|---|---|---|
| Semi-solid culture system* | | | |
| 0 | 1.47±0.36$^{c}$ | 8.30±0.67$^{a}$ | 100 |
| 1 | 2.27±0.68$^{b}$ | 6.70±1.16$^{b}$ | 100 |
| 3 | 3.81±0.74$^{a}$ | 8.02±1.20$^{a}$ | 100 |
| 5 | 1.33±0.49$^{c}$ | 6.97±0.62$^{b}$ | 100 |
| 10 | 1.14±0.38$^{c}$ | 6.14±0.43$^{c}$ | 100 |
| Liquid culture system** | | | |
| 0 | 1.27±0.59$^{c}$ | 8.12±0.32$^{a}$ | 65 |
| 1 | 2.13±0.74$^{b}$ | 5.40±0.88$^{b}$ | 60 |
| 3 | 3.73±0.95$^{a}$ | 6.22±1.24$^{b}$ | 85 |
| 5 | 1.93±0.70$^{b}$ | 3.41±1.23$^{c}$ | 50 |
| 10 | 2.07±0.58$^{b}$ | 4.10±0.82$^{c}$ | 40 |

Means ± SD with the same letter within columns are not significantly different according to Duncan's multiple range at P< 0.05 (N=20 for each treatment).

* Data of treatments were collect after 8 weeks of cultivation.

** Data of treatments were collect after 4 weeks of cultivation.

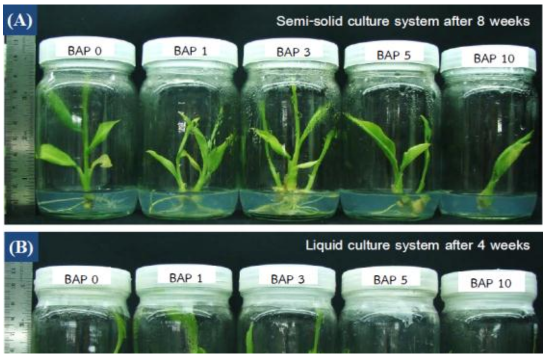



Figure 2 *In vitro* propagation of *C. longa* L. on MS medium containing different concentration of BAP by using semi-solid culture system (A), and liquid culture system (B).

# ผลของซูโครสและไซโตไคนินต่อการเพิ่มปริมาณยอดของขมิ้นอ้อย

# Effect of Sucrose and Cytokinin on *In Vitro* Shoot Multiplication of *Curcuma zedoaria*

**ธนิดา แซ่ลิ้ม**[1] **และ ปิยะมาศ ศรีรัตน์**[2]

Saelim, T.[1] and Srirat, P.[2]

## Abstract

The aim of study was to investigate the effects of sucrose and cytokinin contents on *in vitro* shoot multiplication of *Curcuma zedoaria*. Sterilized rhizome bud explants were cultured on semi-solid Murashige and Skoog (MS) medium containing different concentrations of sucrose (30 - 90 g/L) for 8 weeks. The results showed that MS medium containing 60 g/L sucrose gave the highest shoot number of 2.00±0.76 shoots; however, there was no significant difference in all treatments. While sucrose at 30 g/L gave the highest shoot length of 7.16±1.51 cm. The effects of cytokinin on shoot multiplication were also studied. Bud explants were cultured on MS medium containing 30 g/L sucrose and either individually or in combination with various concentrations of BAP and TDZ for 8 weeks. It was found that the combination of BAP at 0.5 mg/L and TDZ at 0.5 mg/L treatments gave the shoot number of 3.80 ±1.26 shoots. There was no significant difference in the treatment of TDZ at 10 mg/L (4.00±1.51 shoots). While the highest shoot length was observed in the treatment without cytokinin.

**Keywords:** *in vitro* shoot multiplication, *Curcuma zedoaria*, sucrose, cytokinin

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณซูโครสและสารควบคุมการเจริญเติบโตไซไคนินต่อการเพิ่มปริมาณยอดของขมิ้นอ้อยในสภาพปลอดเชื้อ โดยนำเนื้อเยื่อส่วนตาที่ปลอดเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมซูโครสที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (30-90 กรัมต่อลิตร) เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าอาหารสูตร MS ที่เติมซูโครส 60 กรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอดสูงสุด 2.00±0.76 ยอด อย่างไรก็ตามในทุกชุดการทดลองมีจำนวนยอดที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ซูโครสที่ 30 กรัมต่อลิตร ให้ความยาวยอดสูงสุด 7.16±1.51 เซนติเมตร ในการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตไซโตไคนินต่อการเพิ่มปริมาณยอด โดยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนตาบนอาหารสูตร MS ที่เติมซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และเติม BAP หรือ TDZ อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเติมร่วมกัน ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า การเติม BAP ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ TDZ ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอด 3.80 ±1.26 ยอด ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับการเติม TDZ ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ทำให้ได้จำนวนยอดสูงสุด 4.00±1.51 ยอด ในขณะที่ชุดทดลองที่ไม่เติมไซโตไคนิน มีความยาวยอดสูงสุด

**คำสำคัญ:** การเพิ่มปริมาณยอดในสภาพปลอดเชื้อ ขมิ้นอ้อย ซูโครส ไซโตไคนิน

## คำนำ

ขมิ้นอ้อย (*Curcuma zedoaria* Rosc.) มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นพืชสมุนไพรหนึ่งที่สำคัญในวงศ์ Zingiberaceae มีลำต้นใต้ดินแบบเหง้า เนื้อในของเหง้ามีสีเหลือง มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ขมิ้นอ้อยมีฤทธิ์ทางเภสัชกรรม ต้านแบคทีเรียและรา และต้านอนุมูลอิสระ ขมิ้นอ้อยมีประโยชน์โดยใช้เป็นเครื่องเทศ สีผสมในอาหาร และสีสำหรับใช้ย้อมผ้า และใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง (วุฒิ, 2540; Lobo, 2009) การปลูกขมิ้นอ้อยจะใช้ส่วนเหง้าเป็นท่อนพันธุ์ ดังนั้นในแต่ละรอบของการเก็บเกี่ยวผลผลิตจึงต้องเก็บเหง้าส่วนหนึ่งไว้เพื่อใช้ปลูกในฤดูกาลถัดไป การเพาะปลูกใช้ระยะเวลา 8-9 เดือน โดยจะเริ่มในช่วงต้นฤดูฝนประมาณเดือนพฤษภาคม และทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนมกราคม ปัญหาหนึ่งที่พบในการปลูกขมิ้นอ้อย คือ การหาท่อนพันธุ์ที่มีลักษณะที่ดีและมีปริมาณมากพอสำหรับใช้ใน

[1] **หลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140**

[1] Bioscience Program, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphang Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] **สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140**

[2] Division of Biology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

การปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ รวมถึงการรักษาท่อนพันธุ์ในช่วงที่รอปลูก ซึ่งหากเกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น มีน้ำท่วมขังหรือมีโรคและแมลงระบาด อาจจะทำให้คุณภาพของท่อนพันธุ์ด้อยลง การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้เพื่อผลิตต้นพันธุ์พืช เนื่องจากเมื่อทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาวะที่เหมาะสมจะสามารถผลิตต้นพันธุ์พืชได้เป็นจำนวนมาก โดยต้นพันธุ์พืชที่ได้มีลักษณะเหมือนต้นแม่พันธุ์ และมีความปลอดโรค การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของซูโครสและสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณยอดของขมิ้นอ้อยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อการผลิตต้นพันธุ์ขมิ้นอ้อยที่มีคุณภาพต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

พืชทดลอง ได้แก่ ขมิ้นอ้อย ซึ่งมีแหล่งปลูกที่อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยมีช่วงในการเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม 2557 นำยอดอ่อนจากเหง้าของขมิ้นอ้อยมาล้างด้วยน้ำสะอาด และทำการฟอกฆ่าเชื้อ จากนั้นนำชิ้นส่วนพืชที่ปลอดเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมซูโครส 60 กรัมต่อลิตร, 6-benzylaminopurine (BAP) 3 มิลลิกรัมต่อลิตร, $NaH_2PO_4$ 170 มิลลิกรัมต่อลิตร และ KELCOGEL® 3 กรัมต่อลิตร (ดัดแปลงจาก Srirat และคณะ, 2009, 2013) ทำการย้ายเปลี่ยนอาหารใหม่ทุก 4 สัปดาห์ โดยก่อนเริ่มทำการทดลองทำการย้ายต้นอ่อนที่ได้มาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาพต้นอ่อนและเพื่อลดปริมาณของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่อาจมีสะสมอยู่ในต้นอ่อน นำต้นอ่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ มาตัดแต่งโดยตัดส่วนใบ กาบใบ และรากออก ให้เหลือเฉพาะส่วนลำต้นอ่อน ที่มีความยาวประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร นำมาเพาะเลี้ยงในอาหารเพาะเลี้ยงสูตรต่างๆ โดยในการศึกษาผลของความเข้มข้นของซูโครสต่อการเพิ่มปริมาณยอดของขมิ้นอ้อย ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นอ้อยบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม $NaH_2PO_4$ 170 มิลลิกรัมต่อลิตร KELCOGEL® 3 กรัมต่อลิตร และซูโครสที่ความเข้มข้น 30,45, 60 และ 90 กรัมต่อลิตร และในการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตไซโตไคนินต่อการเพิ่มปริมาณยอดของขมิ้นอ้อย ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นอ้อยบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมซูโครสที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม $NaH_2PO_4$ 170 มิลลิกรัมต่อลิตร KELCOGEL® 3 กรัมต่อลิตร และ มีการเติม BAP เพียงอย่างเดียว ที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน คือ 0-10 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ เติม thidiazuron (TDZ) เพียงอย่างเดียว ที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน คือ 0-10 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ เติม BAP ที่ความเข้มข้น 0-3 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ TDZ ที่ความเข้มข้น 0-2 มิลลิกรัมต่อลิตร

โดยอาหารเพาะเลี้ยงในทุกชุดทดลอง จะทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เท่ากับ 5.7 ก่อนทำการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ในการเพาะเลี้ยงพืชทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 24±2 องศาเซลเซียส อัตราการให้แสงที่ 16 ชั่วโมงต่อวัน และความเข้มของแสง 1,800-2,000 lux ในแต่ละชุดทดลองทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละครั้งทำซ้ำ 5 ซ้ำ ให้ 1 ซ้ำ คือ 1 ชิ้นส่วนพืชต่อขวดทดลอง ทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยย้ายเปลี่ยนอาหารใหม่ทุกๆ 4 สัปดาห์ บันทึกผลจำนวนยอด ความยาวยอด และจำนวนยอดที่มีการเกิดราก โดยทำการตรวจนับเฉพาะยอดที่มีความยาวตั้งแต่ 2 เซนติเมตร และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### ผลของซูโครสต่อการเพิ่มปริมาณยอดของขมิ้นอ้อยในการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ

ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นอ้อยบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่มีการเติมซูโครสที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน พบว่าการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติมซูโครส 60 กรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณยอดได้สูงสุด 2.00±0.76 ยอด แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่เติมซูโครส 30, 45 และ 90 กรัมต่อลิตร โดยยอดที่เกิดขึ้นทั้งหมดมีการเกิดรากได้เอง ภายใน 8 สัปดาห์ของการเพาะเลี้ยง ในการเพาะเลี้ยงขมิ้นอ้อยบนอาหารสูตร MS ที่เติมซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ให้ผลดีต่อการเจริญเติบโตของยอด โดยยอดที่ได้มีลำต้นที่อวบใหญ่ มีใบสีเขียวขนาดใหญ่กว่ายอดที่ได้จากชุดทดลองอื่นๆ และมีความยาวยอดสูงที่สุด 7.61±1.51เซนติเมตร (Table 1, Figure 1)

### ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตไซโตไคนินต่อการเพิ่มปริมาณยอดของขมิ้นอ้อยในการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ

ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นอ้อยบนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ที่เติมซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการเพาะเลี้ยงแสดงดัง Figure 2 และ

Figure 3 โดยในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นอ้อยบนอาหารที่ไม่เติมไซโตไคนิน (ชุดควบคุม) พบว่า เนื้อเยื่อมีการพัฒนาไปเป็นยอดได้ แต่ไม่มีการเพิ่มปริมาณยอดใหม่ ยอดที่ได้มีการเจริญโดยมีความยาวของยอดสูงกว่าชุดทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญและยอดที่เกิดขึ้นมีการเกิดรากขึ้นได้เองโดยไม่ต้องได้รับการกระตุ้นเพิ่มเติม ในขณะที่การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นอ้อยบนอาหารที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ BAP และ TDZ พบว่า เนื้อเยื่อขมิ้นอ้อยสามารถพัฒนาไปเป็นยอดและมีการเพิ่มปริมาณยอดได้ โดยเมื่อใช้ไซโตไคนินที่ความเข้มข้นสูงขึ้นทำให้ได้จำนวนยอดที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นด้วย แต่ยอดที่ได้มีความยาวยอดลดต่ำลง

ผลจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นอ้อยบนอาหารที่เติม TDZ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้สูงสุด 4.00±1.51 ยอด แต่ยอดที่ได้มีความยาวยอดเฉลี่ยน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองอื่นๆ คือ มีความยาวยอด 1.88±0.60 เซนติเมตร และมียอด 73.33% ที่มีการเกิดราก และในการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม BAP ที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ 2.33±1.05 ยอด ยอดมีความยาว 3.97±1.17 เซนติเมตร และยอดอ่อนเกือบทั้งหมดมีการเกิดราก ในขณะที่การเพาะเลี้ยงบนอาหารเติม BAP ร่วมกับ TDZ ที่ความเข้มข้นรวมที่ต่ำกว่าการเติม BAP หรือ TDZ เพียงชนิดเดียว สามารถชักนำให้เกิดยอดได้จำนวนมาก ตัวอย่างเช่น การเติม BAP 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ 3.80±1.26 ยอด ซึ่งจำนวนยอดที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับการเติม TDZ ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

BAP เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มของไซโตไคนินชนิดแรกที่ได้จากวิธีการสังเคราะห์ นิยมใช้ในการกระตุ้นและชักนำให้มีการเพิ่มปริมาณยอดในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ในรายงานของ Loc และคณะ (2005) พบว่า การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นอ้อยบนอาหารสูตร MS ที่เติมน้ำมะพร้าว 20% โดยปริมาตร BAP 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารควบคุมการเจริญเติบโตออกซิน indole-3-butyric acid (IBA) 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 30 วัน สามารถชักนำยอดได้สูงสุด 5.6 ยอดต่อ 1 ชิ้นส่วนเนื้อเยื่อเริ่มต้น TDZ เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มของไซโตไคนินที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นให้ชิ้นส่วนตาข้างมีการพัฒนาเป็นยอด จากรายงานของ Srirat และคณะ (2009) พบว่า การใช้ TDZ สามารถส่งเสริมให้มีการเพิ่มปริมาณยอดของขมิ้นชันได้ดีกว่าการใช้ BAP โดยในการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมซูโครส 60 กรัมต่อลิตรและ TDZ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ สามารถชักนำยอดได้สูงสุด 5.6 ยอดต่อ 1 ชิ้นส่วนเนื้อเยื่อเริ่มต้น

## สรุปผล

ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นอ้อยบนอาหารสูตร MS ที่เติมซูโครส ที่ 30 – 90 กรัมต่อลิตร ให้ผลในการเพิ่มปริมาณยอดได้ใกล้เคียงกัน โดยในอาหารที่เติมซูโครส 60 กรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณยอดได้สูงสุด ในขณะที่การเติมซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ให้ผลดีต่อการเจริญเติบโตของยอด ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขมิ้นอ้อยบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินสามารถชักนำให้มีการเพิ่มปริมาณยอดได้ โดยในการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม BAP ร่วมกับ TDZ ที่ความเข้มข้นรวมที่ต่ำกว่าการเติม BAP หรือ TDZ เพียงชนิดเดียว สามารถชักนำให้เกิดยอดได้จำนวนมากเช่นเดียวกับการเติม BAP หรือ TDZ เพียงชนิดเดียว ที่ความเข้มข้นสูง ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารที่เติมไซโตไคนินแม้ว่าสามารถชักนำให้มีการเพิ่มปริมาณยอดได้แต่ยอดที่ได้มีความยาวน้อย ดังนั้นเมื่อเพาะเลี้ยงจนได้จำนวนยอดที่มากเพียงพอแล้ว สามารถนำยอดที่ได้ไปเพาะเลี้ยงต่อบนอาหารที่เติมซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต เพื่อให้ต้นขมิ้นอ้อยมีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์มากขึ้น และมีความสูงเพิ่มมากขึ้น

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบการทำปัญหาพิเศษของนิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ประจำปี 2557 และ งบวิจัยจากหน่วยวิจัยจุลินทรีย์เพื่อการเกษตร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## เอกสารอ้างอิง

วุฒิ วุฒิธรรมเวช, 2540, สารานุกรมสมุนไพร: รวมหลักเภสัชกรรมไทย, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

Lobo, R., Prabhu, K.S., Shirwaikar, A. and Shirwaikar, A., 2009, *Curcuma zedoaria* Rose. (white turmeric): a Review of its Chemical, Pharmacological and Ethnomedicinal Properties, Journal of Pharmacy and Pharmacology, 61: 13-21.

Loc, N.H., Duc, D.T., Kwon, T.H. and Yang, M.S., 2005, Micropropagation of Zedoary (*Curcuma zedoaria*

Roscoe) – a Valuable Medicinal Plant, Plant Cell, Tissue Organ Culture, 81: 119–122.

Srirat, P., Sirisansaneeyakul, S., Parakulsuksatid, P., Prammanee, S. and Vanichsriratana, W., 2009, *In vitro* Shoot Propagation of *Curcuma longa* L. from Rhizome Bud Explants, pp 1-5 (Fer4P13). *In* The 3rd International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products. Thailand.

Srirat, P., Adelberg, J., Prammanee, S., Sirisansaneeyakul, S., Parakulsuksatid, P. and Vanichsriratana, W., 2013, Effect of Methyl Jasmonate and Chitosan on the Microrhizomes Cultivation of *Curcuma longa* L., pp 399-405. *In* The 25th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conference. Thailand.

Table 1 The effects of sucrose contents on shoot multiplication of *C. zedoaria*

| Sucrose contents (g/L) | Mean of shoot numbers | Mean of shoot length (cm.) | % of explant forming roots |
|---|---|---|---|
| 30 | 1.47±0.64[a] | 7.16±1.51[a] | 100 |
| 45 | 1.53±0.64[a] | 4.08±0.93[b] | 100 |
| 60 | 2.00±0.76[a] | 3.71±0.94[b] | 100 |
| 90 | 1.67±0.82[a] | 2.25±0.86[c] | 100 |

Means ± SD with the same letter within columns are not significantly different according to Duncan's multiple range at P< 0.05 (N=15 for each treatment).

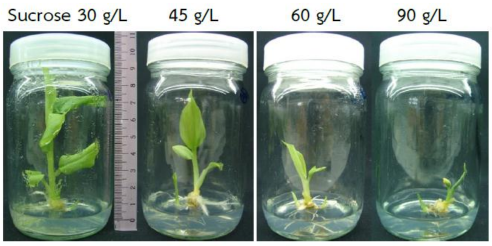



Figure 1 *In vitro* shoot multiplication of *C. zedoaria* on MS medium containing different concentration of sucrose

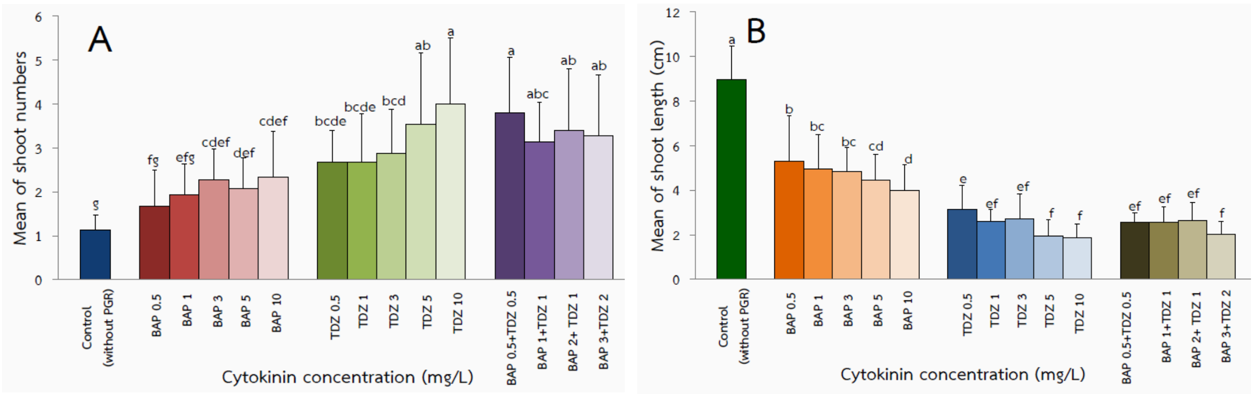



Figure 2 The effects of cytokinin on shoot multiplication of *C. zedoaria*: (A) mean of shoot numbers and (B) mean of shoot length. Each data is the mean ± SD (N=15 for each treatment).

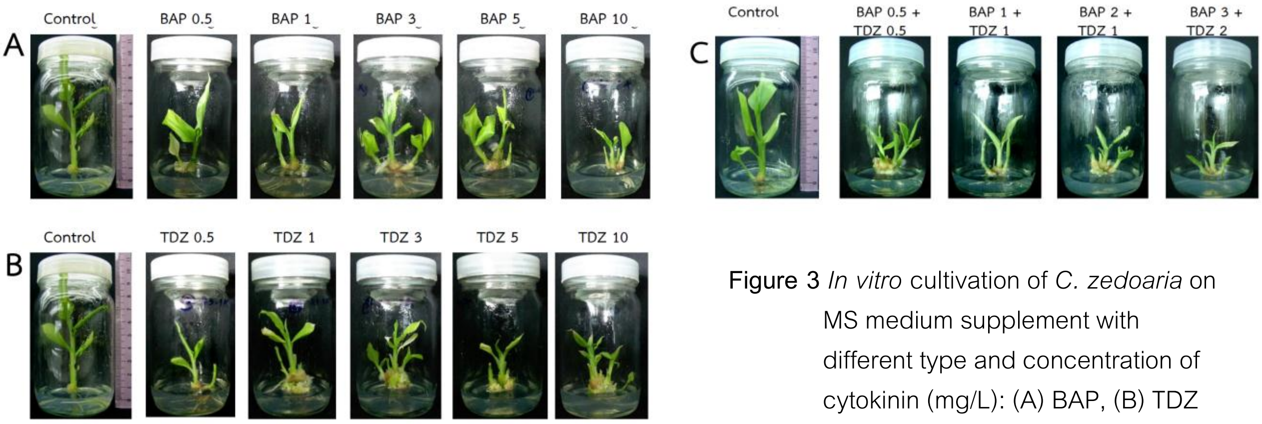



Figure 3 *In vitro* cultivation of *C. zedoaria* on MS medium supplement with different type and concentration of cytokinin (mg/L): (A) BAP, (B) TDZ and (C) BAP + TDZ.

# Characterization of Endocellulase family 9 from *Paenibacillus curdlanolyticus* B6 for Cellulose Degradation

Nhim, S.[1], Waeonukul, R.[2], Tachaapaikoon, C[2]. , Ratanakhanokchai, K.[1] and Pason, P.[2]

## Abstract

The endocellulase family 9, *Cel*9, produced from *Paenibacillus curdlanolyticus* B6, was cloned and expressed in *Escherichia coli* BL21. Sequence analysis of the gene revealed that the encoded product (555 amino acid residues) of the gene shared less than 52% identity to any cellulase in the databases. Domain analysis predicted that the enzyme conformed to a catalytic domain of a glycoside hydrolase family 9 (GH9) at the N-terminal and Ig-like domain at C-terminal. Sodium dodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis and zymogram analysis revealed that the purified recombinant Cel9 had a molecular mass of 60 kDa with cellulase activity. The recombinant Cel9 exhibited high activity towards carboxymethylcellulose (CMC), phosphoric acid swollen cellulose (PASC) and a slow activity of Avicel. The hydrolysis products of Cel9 were series of cello-oligosaccharide within the cellobiose as the major product. However, Cel9 has no activity against xylan and lignocellulose. These properties suggested that Cel9 can be used for cellulose degradation.
**Keywords:** endoglucanase, *Paenibacillus curdlanolyticus* B6, glycoside hydrolase family 9 and cellulose degradation

## Introduction

Bioconversion of renewable lignocellulose biomass to biofuel and value added products are globally gaining significant prominence (Vishnu *et al*., 2012). The rigid structure of lignocellulose consists of cellulose, hemicellulose and lignin and other extractable compounds (Knauf *et al*., 2004). Cellulose is a linear and crystalline compound of repeating units of glucose linked by β-1, 4 glycosidic bonds (Ratanakhanochai *et al*., 2013). It is very difficult to degrade crystalline cellulose because it is insoluble, highly ordered, and is extremely recalcitrant to depolymerization, thus limiting the effective enzyme hydrolysis of cellulose components for cellulosic ethanol and production of chemicals. Complete cellulose degradation requires cellulolytic enzyme system especially, endo cellulase, exo cellulase and β-Glucosidase.

Glycoside hydrolase family 9 (GH9) is one of important member in cellulolytic systems because it can hydrolyzed glycosidic bonds in oligo or polymers of cellulose. GH9 degrade not only soluble carboxymethyl cellulose (CMC) and cellodextrins but also amorphous cellulose and crystalline cellulose (Zhang *et al*., 2010). In this study cel9 from *P. curdlanolyticus* B6 was cloned and characterized for cellulose degradation.

## Materials and Methods

**Strains and plasmids;** *P. curdlanolyticus* B6 was grown on Berg's mineral salt medium (Pason *et al*., 2006b) and used as a source of genomic DNA. *E. coli* DH5α, pGEM-T easy vector were used in construction system while *E. coli* BL21 (DE3) and pET-28a were used in expression system.

**Cloning, screening and sequence analysis;** Cel9 was synthesized by PCR using the following oligonucleotide primers with comprised restriction sites as *Bam*HI (B6-GH9-FBam for forward primer: 5'GGG<u>GGATCC</u>ATGACTACACGGAAACAGTGGAAC3′) and *Sal*I (B6-GH9-RSalI for reverse primer: 5'GGG<u>GTCGAC</u>TTATGCCTGATGCTGCATATCGAG3). Cel9 was ligated into the pGEM-T easy vector (Promega) and transformed to *E. coli* DH5α and then expressed by a vector (pET-28a) before transforming to *E. coli* BL21 (DE3). LB agar plates with 0.1% carboxymethyl cellulose (CMC, sodium salt, Sigma) was used for selected positive colonies (Kim *et al*., 2008). The sequenced gene was compared to available sequences from GenBank using the BLAST programs (http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast/), deduced amino acid by EXPASY

[1] Department of Biochemical Technology, Faculty of School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150
[2] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

tools (http://expasy.org/) and conserved domain analysis was conducted by Pfam (http://pfam.wustl.edu/hmmsearch.shtml).

**Expression and purification of recombinant cellulase;** Expression of recombinant Cel9 proteins was induced through the addition of a final concentration of 0.5mM of isopropyl-β-D-thiogalactopyranoside (IPTG). After break cells by sonication, supernatants were purified by affinity column a His-Trap™ (GE Healthcare Life Sciences, Germany). The proteins were examined by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (10 % SDS-PAGE). Protein concentration was determined by the Lowry method (Lowry *et al.*, 1951) using bovine serum albumin as a standard.

**Biochemical characterizations;** Determination of the reducing sugar released from 1% carboxymethyl cellulose (CMC), phosphoric acid swollen cellulose (PASC), Avicel, xylan, *p*-Nitrophenyl Cellobioside (pNPC) and rice straw. The reaction mixtures containing 0.5% (w/v) carboxymethyl cellulose sodium (CMC; Sigma, USA), PASC, xylan and pNPC were incubated at 50ºC for 10 min. Whereas Avicel and rice straws were incubated at 50 ºC for 16h. The amount of reducing sugar released from each substrate was determined using the Somogyi- Nelson (Somogyi, 1952) protocol with glucose, xylose and *p*-Nitrophenol as a standard. One unit of the enzyme activity was defined as the amount of enzyme that released 1 mole of reducing sugars in 1 min under the above mentioned conditions.

**Analysis of cellulose hydrolysis products;** Enzymatic hydrolysis products of CMC, PASC and Avicel were determined by thin-layer chromatography on silica gel 60 F272 plates (Merck 1.05572) (Ratanakhanokchai *et al*., 1999). Cello-oligosaccharides were used as standard.

## Results and Discussion

**Sequence Analysis;** The Open reading frame of Cel9 gene consists of 1,668 bp encoding a protein of 555 amino acid residues. The Cel9 amino acids sequence consisted of a glycoside hydrolase family 9 domain and Immunoglobulin-like domain (Ig-like) domain (at its N terminus). Multiple sequence alignment showed that Cel9 is low similarity of 52% with *Paenibacillus provencensis* (*Cel9P*)*,* 46% with *Alicyclobacillus sp.A4* (*Agl9A*) and 42% with *Alicyclobacillus acidocaldarius* (*AaCel9A*) indicated that Cel9 from *P. curdlanolyticus* B6 was cloned and exhibited new cellulase with low sequence similarity to any glycoside hydrolase family from the data-base. The highest similarity with other cellulases was only 52%.

**Protein purification and zymogram analysis;** The SDS-PAGE estimated molecular mass of 60 kDa and zymogram of cellulase activity was performed with 0.5% CMC (Figure 1).

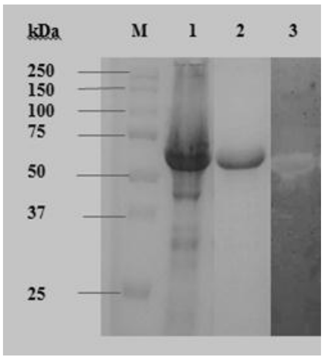



**Figure 1** SDS-PAGE and zymogram analysis. Lane M: protein molecular weight marker; lane 1: total protein from crude enzyme; lane 2: purified recombinant protein (60 kDa); lane 3 is the zymogram of cellulase from purified recombinant protein supplemented with 1% CMC.

**Properties of cel9;** Specific activity Cel9 on the various substrates was showed in Table 1. The enzyme showed the highest activities against CMC and PASC and showed low activity against substrates pNPC and

Avicel substrate; however, it did not have any activity on xylan form birch wood and rice straw. CMC is a soluble substrate that endoglucanase Cel9 degrades. PASC is produced by swelling microcrystalline cellulose in concentrated phosphoric acid providing amorphous structure (Stålbrand *et al*., 1998). Therefore, it is much easier for an enzyme to bind a single chain of PASC into its catalytic sites (Yongchao *et al*., 2007). On the other hand, this enzyme could hydrolyze *p*NPC that is the substrate for measuring exoglucanase activity from the previous study by cleaving a glycosidic bond producing cellobiose and *p*-Nitrophenol (Sang *et al*., 1995). Our data showed that *Cel9* could hydrolyze pNPC, suggesting that *Cel9* is an endoglucanase function. Cel9 had a slight ability to degrade Avicel by hydrolyzing showing significantly lower activities against microcrystalline cellulose because of the absent of cellulose-binding domain (CBM), which enhances the association of the catalytic modules to insoluble carbohydrates (Amar, 2012). In addition, Cel9 had no hydrolytic activities against xylan from birch wood and rice straw, lignocellulose substrate complex. Results of the specificity of Cel9; clearly reveal that Cel9 represents a classical endoglucanase of GH9 of group C, which is consistent with the prediction by Pfam which prefers to degrade substrates that contain hexose polymers and amorphous region of crystalline. Those actions could suggest that the enzyme had endo-β-1, 4 glucanase activity.

**Table 1** Substrate specificity of recombinant protein Cel9, ND: Could not detected

| Substrate | Specific activity (U/g protein) |
|---|---|
| Carboxyl methyl cellulose (CMC) | 91.67 |
| Phosphoric acids swollen cellulose (PASC) | 38.91 |
| Avicel | 0.11 |
| *p*-Nitrophenyl Cellobioside (pNPC) | 25.55 |
| Xylan from birch wood | ND |
| Rice straw | ND |

**TLC Analysis**; TLC analysis of the soluble sugars released from CMC, PASC and Avicel indicated that the main product was cellobiose with the series of oligosaccharides, suggesting that this enzyme was endo acting (Figure 2). The hydrolysis of CMC by Cel9 leading to very few short-chain products as well as the open active-site cleft that could accommodate a long sugar chain is typical for an endo acting enzyme (Schmidt,1998); however, glycosyl hydrolases with a closed cleft, such Cbh9A, typically display an exo-type action (Schubot, 2004). PASC were hydrolyzed into G2 as a dominant product and G1 with G3 as minor products. This enzyme; prefers amorphous cellulose PASC; functioning as an endoglucanase. However, the specific activity toward Avicel was much lower than that of soluble substrate and needed more time for degrading. According to the result Cel9 cleft avicel into cellobiose and glucose, serial of oligosaccharides, suggesting that *Cel9* is an endoglucanase.

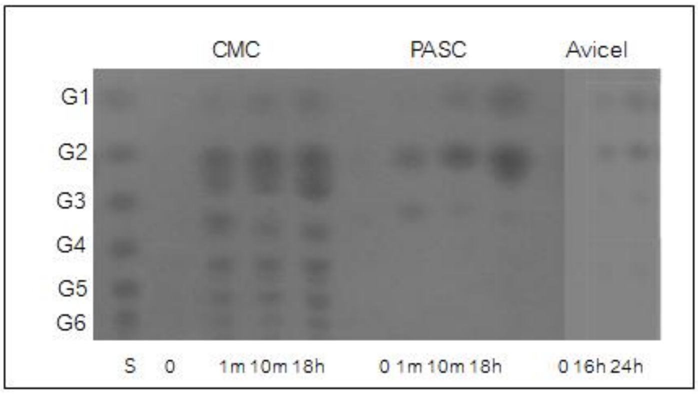



**Figure 2** Thin-layer chromatography of hydrolysis degradation products of CMC, PASC and Avicel; Lane S: standard of cellodextrin, glucose (G1), Cellobiose (G2), Cellotriose (G3), Cellotetraoase (G4), Cellopentaose (G5) and Cellohextaose (G6).

### Summary

The recombinant Cel9 is an endoglucanase that hydrolyzed both soluble carboxymethylcellulose (CMC) and cellodextrins and insoluble amorphous cellulose (PASC). The Cel9 was an endoglucanase that possibly plays an important role in the efficiency hydrolysis of soluble cellulose substrates.



### Acknowledgements

This research was supported by grants from the UNESCO Biotechnology School in Asia and the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission and King Mongkut's University of Technology Thonburi (2014-2015) for supporting.


### Literature cited


Amore, A., Pepe, O., Ventorino, V., Birolo, L., Giangrande, C. and Faraco, V., 2012, Cloning, Recombinant and Expression of a Cellulase from the Cellulolytic Strain *Streptomyces Sp*. G12 Isolated from Compost, Microbial Cell Factories, 11: 164.

Stålbrand, H., Mansfield, S.D., Saddler, J.N., Kilburn, D.G., Warren, R.A.J. and Gilkes, N.R., 1998, Analysis of Molecular Size Distributions of Cellulose Molecules enduring Hydrolysis of Cellulose by Recombinant *Cellulomonas fimi* b-1,4-Glucanases, Applied and environment microbiology, 64: 2374–2379.

Kim, S.J., Lee, C.M., Han, B.R., Kim, M.Y., Yeo, Y.S., Yoon, S.H., Koo, B.S. and Jun, H.K., 2008, Characterization of a Gene Encoding Cellulase from Uncultured Soil Bacteria, FEMS microbiology letters, 282(1): 44-51.

Knauf, M. and Moniruzzaman, M., 2004, Lignocellulosic Biomass Processing: a Perspective, International Sugar Journal, 106(1263): 147-150.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, Journal of Biological Chemistry, 193(1): 265-275.

Pason, P., Kyu, K.L. and Ratanakhanokchai, K., 2006b, *Paenibacillus curdlanolyticus* Strain B6 Xylanolytic-cellulolytic Enzyme System that Degrades Insoluble Polysaccharides, Applied and Environmental Microbiology, 72: 2483-2490.

Ratanakhanokchai, K., Waeonukul, R., Sakka, K., Kosugi, A. and Mori, Y., 2013, Chapter16. In "Biomass Now-Cultivation and Ustilization" Miodrag Darko Matovic (eds.): InTech

Sang, J.H., Yong, J.Y. and Hyen, S.K., 1995, Characterization of a Bifunctional Cellullase and Its Strucutural Gene: the Cel gene of *Bacillus sp*.D04 has exo and Endoglucanase Activity, Biological Chemistry, 270: 26012-26019.

Schmidt, A., Schlacher, A., Steiner, W., Schwab, H. and Kratky, C., 1998, Structure of the Xylanase from *Penicillium simplicissimum*, Protein Science, 7(10): 2081–2088.

Schubot, F.D., Kataeva, I.A., Chang, J., Shah, A.K., Ljungdahl, L.G., Rose, J.P. and Wang, B.C., 2004, Structural Basis for the Exocellulase Activity of the Cellobiohydrolase CbhA from *Clostridium thermocellum*, Biochemistry, 43(5): 1163-1170.

Somogyi, M., 1952, Note in Suger Determination, Journal of Biological Chemistry, 195: 19-23.

Vishnu, M. and Mala, R., 2012, Trends in Bioconversion of Lignocellulose: Biofuels, Platform Chemicals and Biorefinery Concept, Progress in Energy and Combustion Science, 38: 522-550.

Yongchao, L., Diana, C.I. and David, B.W., 2007, Processivity, Substrate Binding, and Mechanism of Cellulose Hydrolysis by *Thermobifida fusca* Cel9A, Applied and environment microbiology, 73: 3165-3172.

Zhang, X.Z., Sathitsuksanoh, N. and Zhang, Y.H., 2010, Glycoside Hydrolase Family 9 Processive Endoglucanase from *Clostridium phytofermentans*: Heterologous Expression, Characterization, and Synergy with Family 48 Cellobiohydrolase, Bioresource technology, 101(14): 5534-5538.

# ผลของ acidified sodium chlorite ต่อการลดการเกิดสีน้ำตาล และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค

# Effect of Acidified Sodium Chlorite on Reduce Browning and Microbial Population of Fresh-cut Cos

**ดณียา เห่งพุ่ม[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2,*]**

Hengphum, D.[1], Uthiaratanakij, A.[1,2] and Jitareerat, P.[1,2,*]

## Abstract

The aim of this study was to investigate effects of acidified sodium chlorite on reduce browning and microbial population of fresh-cut cos was investigated. Cos was washed with tap water before cutting into 3 cm of length. The samples were immediately immersed with filtered water (control), 50 ppm sodium hypochlorite and 200 ppm acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min. The excess solution was removed by hand spindle. The treated samples were packed in polypropylene tray, top heated seal with polypropylene film, and then kept at 4 °C for 10 days. Results showed that 200 ppm ASC was the best treatment to increase shear force. It was retard browning and L* value, a* and ΔE was not significantly different when compared with the control. Total aerobe bacteria, fungi populations and *E.coli* and Coliform populations on 6 day of storage were reduced, whereas it could not delay weight loss in fresh-cut cos.

**Keywords:** acidified sodium chlorite, browning, fresh-cut salad, microbial population

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของ acidified sodium chlorite ในการลดการเกิดสีน้ำตาล และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำผักคอสมาทำการล้างด้วยน้ำประปา จากนั้นตัดผักออกเป็นชิ้นๆ ขนาด 3 เซนติเมตร แล้วนำไปแช่ในน้ำต้มสุก (ชุดควบคุม) แช่ในสารละลาย sodium hypochlorite ความเข้มข้น 50 ppm และ acidified sodium chlorite (ASC) ความเข้มข้น 200 ppm นาน 5 นาที ทำการสลัดน้ำด้วย hand spindle ก่อนบรรจุลงในถาดพลาสติกพอลิโพรพิลีนจำนวน 80 กรัมต่อถาด และปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิโพรพิลีนชนิด Anti-fog เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน ผลการทดลองพบว่า acidified sodium chlorite ความเข้มข้น 200 ppm นาน 5 นาที มีค่าแรงเฉือนเพิ่มมากที่สุด สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล ชะลอค่าสี (L*) ได้ โดยที่ค่า a* และ ΔE ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม สามารถลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อรา และเชื้อ *E.coli* และ Coliform ได้ถึง 6 วันของการเก็บรักษา แต่ไม่สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดได้

**คำสำคัญ**: การเกิดสีน้ำตาล ผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค

## คำนำ

ปัจจุบันผักตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นผลิตภัณฑ์ได้รับความนิยมเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้นจึงนิยมบริโภคผักและผลไม้มากขึ้น แต่ด้วยการดำรงชีวิตที่เร่งรีบของผู้คนในปัจจุบัน ซึ่งต้องทำงานแข่งกับเวลา จึงต้องการผักที่สามารถบริโภคได้ทันที อย่างไรก็ตามผู้ผลิตมักประสบปัญหาด้านผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นซึ่งจะมีอายุการเก็บรักษาเพียง 4 ถึง 7 วัน (Lopez-Galvez และคณะ, 1996; Vhvenainen, 1996) Zagory (1999) กล่าวว่าในขั้นตอนการผลิตผักดังกล่าวทำให้สารต่างๆ จากภายในเซลล์ออกมาบริเวณรอยตัด ส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดและอ่อนนิ่ม ตลอดจนง่ายต่อการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ การลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคนั้นนิยมใช้คลอรีน แต่การใช้สารเหล่านี้มักไม่

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien) 49 Soi Tientalay 25, Thakam, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400

ค่อยประสบความสำเร็จในการควบคุม food borne pathogens มีรายงานระบุว่าโซเดียมคลอไรท์ (sodium chlorite) เป็นสารออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าเชื้อโรค มีความปลอดภัยสูงต่อผู้บริโภค และได้รับการยอมรับจาก FDA ให้ใช้ในอาหารและผลิตผลตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ รวมทั้งมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ในสภาวะที่สารละลายเป็นโซเดียมคลอไรท์จะสลายตัวเป็นกรดคลอรัส กรดชนิดนี้เป็นสารออกฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ โดยจะเข้าไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง และเกิดการออกซิเดชันขององค์ประกอบภายในเซลล์จุลินทรีย์ อีกทั้งยังเป็นสารที่มีคุณสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล (PPO) (He และคณะ, 2008) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ acidified sodium chlorite ในการลดการเกิดสีน้ำตาล และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำคอสจากบริษัท อดัมส์ เอ็นเตอร์ไพรเซส จำกัด มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาเพื่อล้างฝุ่นผงต่างๆ จากนั้นตัดผักขนาด 3 เซนติเมตร ด้วยมีดที่คม แล้วนำไปแช่ในน้ำต้มสุก แช่ในสารละลาย sodium hypochlorite (NaOCl) ความเข้มข้น 50 ppm และแช่ในสารละลาย acidified sodium chlorite (ASC) ความเข้มข้น 200 ppm นาน 5 นาที หลังจากนั้นสลัดน้ำส่วนเกินออกด้วย hand spindle ก่อนบรรจุลงในถาดพลาสติกพอลิโพรพิลีนขนาด 14x19x5 เซนติเมตร แบบสุ่มจำนวน 80 กรัมต่อถาด และปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิโพรพิลีนชนิด Anti-fog เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน โดยทุกๆ 2 วัน บันทึกข้อมูล ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ค่าแรงเฉือน การเปลี่ยนแปลงของสีของใบ ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อรา และ *E. coli* และ Coliforms (โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) Potato Dextrose Agar (PDA) และ Eosin Methylene Blue Agar (EMB) ตามลำดับ) การเกิดสีน้ำตาล (คะแนน) และการยอมรับโดยรวม (คะแนน) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าสารละลาย ASC ความเข้มข้น 200 ppm มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อรา และเชื้อ *E. coli* และ Coliforms ได้ โดยพบว่าคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลาย ASC มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่าเกณฑ์คุณภาพทางชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (6 log CFU/g FW) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดต่ำกว่าคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในน้ำต้มสุก (Control) และที่แช่ในสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 50 ppm (ประมาณ 1-2 log CFU/g FW) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลา 6 วันของการเก็บรักษา (Figure 1) และเริ่มพบเชื้อราหลังจากเก็บรักษาได้ 6 วัน โดยคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลาย NaOCl เริ่มพบเชื้อราในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามพบว่าทุกทรีตเมนต์มีปริมาณเชื้อรามากกว่าเกณฑ์คุณภาพทางชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2.70 log CFU/g FW) ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา นอกจากนี้พบปริมาณเชื้อ *E. coli* และ Coliforms ต่ำกว่าเกณฑ์ที่สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติยอมรับได้ (3 log CFU/g FW) ในวันแรกของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณเชื้อ *E. coli* และ Coliforms ต่ำกว่าที่แช่ในน้ำต้มสุก (Control) และที่แช่ในสารละลาย NaOCl ประมาณ 1 log CFU/g FW อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับรายงานของ Guan และ Fan (2010) ที่พบว่าโซเดียมคลอไรท์ (NaOCl) สามารถลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ในแอปเปิลตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ ทั้งนี้เนื่องจากในสภาวะที่สารละลายเป็น NaOCl จะสลายตัวเป็นกรดคลอรัส กรดชนิดนี้เป็นสารออกฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ นอกจากนี้คลอไรท์ไอออนยังแตกตัวเป็นสารประกอบออกซีคลอรีน โดยปฏิกิริยาการยับยั้งจุลินทรีย์เกิดเมื่อกรดคลอรัสเริ่มมีปริมาณลดลง คลอไรท์ที่เหลือจะผลิตกรดคลอรัสมาทดแทน ซึ่งยังคงความรุนแรงของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมีผลทำลายจุลินทรีย์อย่างต่อเนื่อง (Gordon และคณะ, 1972) และยังสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่แช่ในสารละลาย NaOCl สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้โดยไปออกซิไดซ์โคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ PPO คือทองแดง ทำให้เอนไซม์เปลี่ยนจากสภาพ active form ไปเป็น inactive form ส่งผลให้เอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาต่อไปได้จึงไม่เกิดสีน้ำตาลขึ้น นอกจากนี้ NaOCl ยังสามารถไปออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ PPO และ peroxidase (POD) ให้เปลี่ยนเป็นสารประกอบฟีนอลชนิดอื่นหรือสารประกอบอื่นๆ จึงมีผลทำให้การเกิดสีน้ำตาลลดลงเช่นกัน (Whitaker, 1972; He และคณะ, 2008) ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* และ b* มีการเพิ่มขึ้นซึ่งหมายถึงมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวกลายเป็นสีเหลือง

โดยคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลาย ASC มีค่า L* และ b* ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ในขณะที่ค่า a* และ ΔE ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 2) อย่างไรก็ตามพบค่าแรงเฉือนมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้พบว่าการแช่คอสตัดแต่งพร้อมบริโภคใน NaOCl หรือ ASC ไม่มีผลในการชะลอการสูญเสียน้ำหนัก (Figure 3) สำหรับการยอมรับโดยรวมของคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคทุกทรีตเมนต์พบความแตกต่างทางสถิติในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา (Table 1)

## สรุปผล

การใช้ acidified sodium chlorite ความเข้มข้น 200 ppm นาน 5 นาที สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล ชะลอค่าสี (L* และ b*) ของคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ โดยที่ค่า a* และ ΔE ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม สามารถลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด เชื้อรา และเชื้อ *E.coli* และ Coliform ได้ถึง 6 วันของการเก็บรักษา และมีค่าแรงเฉือนมากที่สุด อย่างไรก็ตามไม่สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดได้

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม-พวอ. บริษัท อดัมส์ เอ็นเตอร์ไพรเซส จำกัด และโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ได้สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

Gordon, G., Kieffer, R.G. and Rosenblatt, D.H., 1972, The Chemistry of Chlorine Dioxide, In Progress in Inorganic Chemistry, Lippard, S.J. Ed., Vol. 15. Wiley Interscience. New York. 201-286.

Guan, W.Q. and Fan, X.T., 2010, Combination of Sodium Chlorite and Calcium Propionate Reduces Enzymatic Browning and Microbial Population of Fresh-cut Granny Smith apples, Journal of Food Science, 75: 72-77.

He, Q., Luo, Y. and Chen, P., 2008, Elucidation of the Mechanism of Enzymatic Browning Inhibition by sodium Chlorite, Food Chemistry, 110: 847-851.

Lopez-Galvez, G., Saltveit, M. and Cantwell, M., 1996, Wound Induced Phenylalanine Ammonia Lyase Activity: Factors Affecting Its Induction and Correlation with the Quality of Minimally Processed Lettuces, Postharvest Biology and Technology, 9: 223–233.

Vhvenainen, R., 1996, New Approaches in Improving the Shelf Life of Minimally Processed Fruit and Vegetable, Journal of Trends in Food Science and Technology, 7: 179-187.

Whitaker, J.R., 1972, Polyphenol Oxidase, In Whitaker J. R. Ed. Principles of Enzymology for the Food Sciences. New York. 571-582.

Zagory, D., 1999, Effects of Post-processing Handling and Packaging on Microbial Populations, Postharvest Biology and Technology, 15: 313–321.

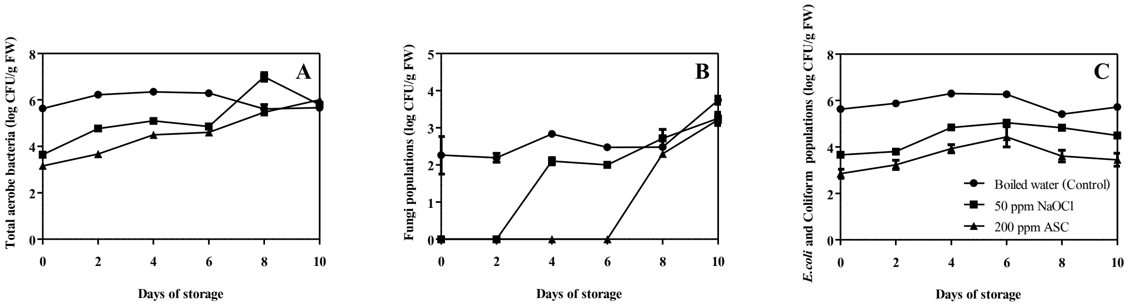



**Figure 1** Total aerobe bacteria (A), fungi populations (B) and *E. coli* and Coliform populations (C) of fresh-cut cos, immersed in the boiled water, 50 ppm sodium hypochlorite (NaOCl) and 200 ppm acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min and storage at 4 °C for 10 days.

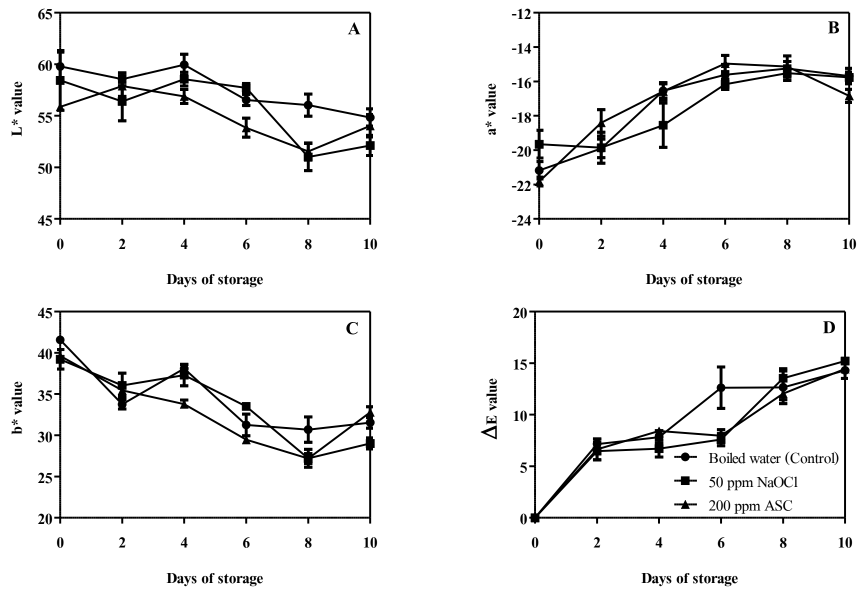



**Figure 2** L* value (A), a* value (B), b* value (C) and ΔE (D) of fresh-cut cos, immersed in the boiled water, 50 ppm sodium hypochlorite (NaOCl) and 200 ppm acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min and storage at 4 °C for 10 days.

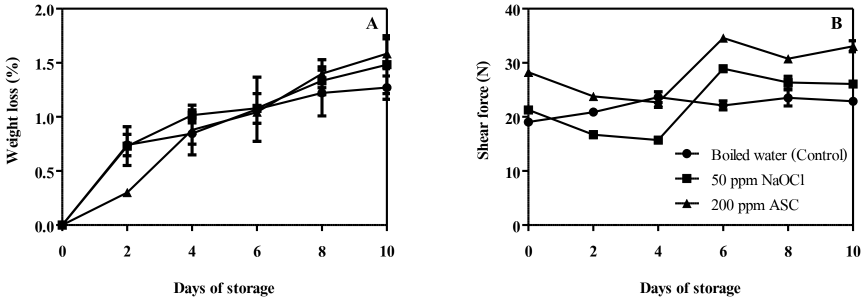



**Figure 3** Weight loss (A) and shear force (B) of fresh-cut cos, immersed in the boiled water, 50 ppm sodium hypochlorite (NaOCl) and 200 ppm acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min and storage at 4°C for 10 days.

**Table 1** Browning (score) and overall acceptance (score) of fresh-cut cos, immersed in the boiled water, 50 ppm sodium hypochlorite (NaOCl) and 200 ppm acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min and storage at 4 °C for 10 days.

| | | Days of storage[1/] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parameters | Treatments | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Browning (score)[2/] | Boiled water (Control) | 0 | 0.69[a] | 1.19 | 1.94[a] | 2.44[a] | 3.13 |
| | 50 ppm NaOCl | 0 | 0.13[b] | 0.31 | 0.75[b] | 1.31[b] | 2.50 |
| | 200 ppm ASC | 0 | 0.56[a] | 0.94 | 1.38[a] | 1.50[b] | 2.31 |
| | F-test | - | * | NS | * | * | NS |
| Overall acceptance (score)[3/] | Boiled water (Control) | 5 | 4.00 | 3.75 | 2.69 | 2.63 | 1.75[c] |
| | 50 ppm NaOCl | 5 | 4.50 | 3.50 | 3.50 | 3.06 | 2.25[a] |
| | 200 ppm ASC | 5 | 4.00 | 3.63 | 3.25 | 2.88 | 2.00[b] |
| | F-test | - | NS | NS | NS | NS | ** |

[1/]Means within column followed by different letter are significantly different by using Duncan's multiple range test (DMRT)

NS = not significant, * = significantly different at 95 % and ** = significantly different at 99 %.

[2/]The browning (score) on the cut surface of lettuce was assessed as the following; where 0 = non-browning, 1 = browning less than 10% of overall (midrib and leave area), 2 = browning less than 25% of overall (midrib and leave area), 3 = browning less than 50% of overall (midrib and leave area) and 4 = browning less than 75% of overall (midrib and leave area).

[3/]Overall acceptance was assessed as the following; where 5 = extreme, 4= severe, 3 = moderate (limit of acceptance), 2 = slight and 1= none.

# The Integral Effect of Seed Priming Technology and System of Rice Intensification for Sustainability of Rice Production under Acid Sulfate Soil

Mgaya A.M.[1], Thobunluepop, P.[1,*], Sriwongchai .T[1], Sarobol.E.[1], Onwimol. D.[1]

## Abstract

The sustainability of rice production in central Thailand. This study aimed to determine alternative ways of growing rice under acid sulfate soils (ASS) by integrating seed treatment technologies and a system of rice intensification, SRI, organic to eliminate the negative effect of ASS on germination, growth, and yield. Seed priming and germination tests were conducted using completely randomized design (CRD) with four replications. Rice seed (*Oryza sativa* L. var. *indica* cv Pathumthani1) was primed by three osmoticants; polyethylene glycol 6000, potassium nitrate and deionized water (hydropriming). Non-primed seed was used as the control. Treated seeds were grown by SRI organic in pots in the greenhouse in ASS. Results revealed that priming treatments had a significant ($p$<0.05) effect on germination percentage, number of leaves, tillers and yield compared to the control. Hydropriming resulted in the best germination indices and growth parameters.

**Keywords:** rice, seed priming, sustainable rice production, seed germination, acid sulfate soil

## Introduction

Rice is a staple food in Thailand, about 91 % of people in Thailand eat rice two or three times every day (Walker, 1996). Central Thailand is the important area for rice production used for food and export purpose, but large part of central Thailand were affected by acid sulfate soils (ASS) (Attanandana and Vacharotayan, 1986). Acid sulfate soil delay seed onset, reduce the rate of seed germination and even leading to poor crop health and finally low crop yield (Ashraf and Foolad, 2005). Because of its important and high demand of rice production in central Thailand, Phatumthani Research Institute has developed a hybrid rice variety which tolerate ASS (Sangwijit *et al*., 2012).

In order to obtain better yield, the use of hybrid seeds need to be incorporated with large quantity of inorganic fertilizer frequently (Attanandana and Vacharotayan, 1986), the practice which again contribute to the development of acidity in the soil (Cakmak, 2002). Under such condition, liming is normally used to enhance seeds germination by raising the soil pH. This practice is very expensive and, therefore, it increases the costs of production whereas the farm get price of rice remains unchanged. So, the sustainability of rice production was become questionable. Therefore, the aim of this study was to determine alternative ways of growing rice under acid sulfate soil by integrating the seed treatment technology and SRI organic to improve soil quality (Shamshuddin *et al*., 2004), seed germination, seedling growth rate and yield productivity.

## Materials and Methods

The experiment was conducted in the green house condition at department of agronomy, Kasetsart University. Rice seeds (*Oryza sativa* L. var. *indica* cv Pathumthani1) variety was primed by using three osmoticants; polyethylene glycol (PEG) 6000 of 10%, 2% Potassium Nitrate ($KNO_3$) and deionized water (Hydropriming). Non–primed seeds were used as a control. Seed initial moisture content (SMC) was determined using high constant temperature oven method at 130°C before soaking (Association, 2003), and found to be 12%, then the moisture was equilibrated to 20%. Equilibration of SMC to 20 %, was done by using the following equation;

$$\text{Weight of subsample at 20\% MC} = [\text{initial weight}] \times [(100 - \text{Initial SMC}) / (100 - \text{desired SMC})]$$

Then 60g of rice seed, at ~ 20 %SMC, was soaked in 600 ml of deionized water for 24 hours. Another 60g rice seed was soaked in (PEG) 6000 and $KNO_3$, respectively. The soaked seeds were pushed into the germinator, Seed buro Achieva Precision Table Top Germinator, SEEDBURO Equipment Company, Illinois, USA, with oxygen provider at 25°C for 48 hours. After stop soaking, primed seeds were dried to initial SMC then stored for six day before exposure to germination and growth experiment.

**Germination test, field emergence test, growth and yield experiment**; the standard germination test, and field germination test using primed and control seeds were carried out simultaneously. Top of Paper methods (TP) was applied in standard germination test (Association, 2003) then seeds were placed in the germinator that set at 25°C. In the green house, ASS was used as growing media, four replicates of 100 seeds each were done. After that, 14 days old seedling was transplanted into the pots arranged in CRD with three replications. Before transplanting, 5 cm of water was added in the experimental pot filled with AAS and mixed with cow manure at the rate of 12 $tonne{\cdot}ha^{-1}$ and left to stand for 14 days to allow release of nutrient from organic. Then single seedling was transplanted per pot, while the soil was moisture wet.

**Water and nutrient management**; the drying was done to allow the crakes in the soil just 1.0-2.0 cm below the soil and then watering. About 800 ml (4 cm) of water was added at every drying point and therefore makes the interval of 7 day watering and 7 day drying. Before and after experiment, the soil sample was taken to soil lab for analysis of soil nutrient including soil pH before adding/mixed with organic and after mixed with organic.

**Data collection procedure**; For germination data, radical emergence, about 2 mm in length, and germination (normal seedling) were determined at 24 hour intervals for 14 days in the laboratory and 28 days in the field. Normal seedling was evaluated in accordance with the ISTA rules for seed testing (ISTA, 2013) GERMINATOR software. curve-fitting program designed for the analysis of radical emergence data from a four-parameter Hill function by iteration, was used to calculate radical emergence, or germination–normal seedling, indices including maximum radical emergence (MaxRE, %), mean radical emergence time (MRET; hours), radical emergence time (T50, hours) (Association, 2003; Joosen *et al*., 2010). Shoot and root of 100 representative seedling selected randomly and plant heights were recorded in centimeter, number of leaf and number of tillers was counted at the 39, 49 and 69 days after planting (DAP), respectively. Number of panicles, filled and unfilled grain in panicle was determined then the percentage of filled grain was computed to obtain total yield per treatment per hector.

## Results and Discussion

Primed seeds had a significantly ($p<0.05$) effect on germination percentage (maximum germination), the speed of seed germination, seedling growth rate (germination energy), mean emergence time (T50), number of leave, tillers, filled grain percentage and total rice yield per hector in kilogram (kg) over control (non-primed seeds).The maximum germination in laboratory and field test noted in hydropriming which was 97 and 94% followed by osmopriming using PEG 6000, which was 94% and 92% (Figure 1). Primed seeds showed higher germination rate compare to non-primed seed (Meysam *et al*., 2012). However, the germination percentage for primed seed with $KNO_3$ was 77% and control seed was 80% but statistically showed no significant difference (Table 1). Furthermore, the hydropriming technique saves time because it needs only 24 hours whereas the other two methods require 48 hours to complete treatment.

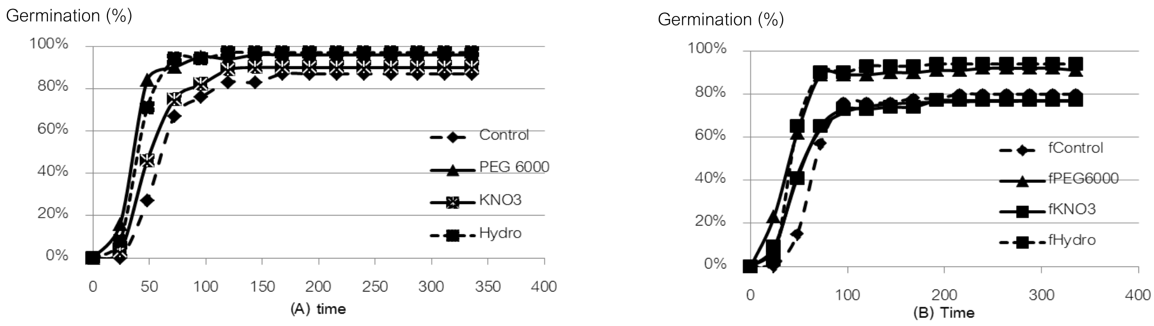



**Figure 1** Cumulative germination percentage in the (A) laboratory and (B) field test for different priming methods

**Table 1** Effect of priming treatments on germination percentage, speed and mean germination time.

| Treatments | MaxG (%) | T50 (days) | Germination energy | Germination speed (%) |
|---|---|---|---|---|
| Control | 80 c | 2.50 a | 61c | 71c |
| PEG6000 | 92 ab | 1.58 c | 92a | 94ab |
| $KNO_3$ | 77 bc | 1.90 b | 79b | 87b |
| Hydropriming | 96 a | 1.83b | 96a | 98a |

Mean with the same later (s) in the same column are not significantly difference from one another at $p<0.05$

There was no significant different in germination percentage between hydroprimng and PEG 6000 (Table 1). This indicated that two techniques responded similarly to acid sulfate soil but preference is highly given to hydropriming as it is cheap, easy to process and it consume less time in preparation.

Primed rice seeds for 24 and 48 hours using water and (PEG) 6000 reduced MGT from 2.5 days to 1.5 and 1.8, respectively, compared to control (Table 1). Shoter time for germination indicates better perfomance for primed seed to escape acidity stress including to fast germination and developed to heathly and vigorous seedling(Habib *et al.*, 2010). This implies that the primed seed increase the speed of seedling growth with healthy seedling to be able to tolerate the stress condition.

Highly significant different effect was observed on number of leaves, productive panicles and total yield per hector between primed seeds and non-primed seed. Within treatment the hydropriming technique were the best with average of 15 tillers followed by PEG 6000 with 14 tillers per plant and 5,425.8 kg to 3,264.3 kg of rice per hector for non-primed seed. The statistically significant different between primed and non-primed seed is the indicator that even though SRI methods did better in yield but the yield in the integration between SRI with primed seed did much better in comparison to the integrations of SRI with non-primed seeds for more than 25%. The best yield of 5,425.8 kg of rice per hector in hydropriming suggests that this technique could be more sustainable way of rice production under ASS (Table 2)

**Table 2** Effect of priming treatments on plant growth characteristic and final yield.

| Treatments | no. of leaves/plant at 69 DAP | no. of productive (panicle) | no. of (seeds/panicle) | 1000 weight (g) | Yield (kg/ha) | Filled grain ( %) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | 53.3c | 9.6d | 129a | 22.66a | 3264.3c | 78.68ab |
| PEG600 | 81.6a | 14.0b | 125a | 22.59a | 4906.8a | 77.74b |
| $KNO_3$ | 65.3b | 12.3c | 118a | 23.15a | 4128.9b | 76.42b |
| Hydropriming | 77.6a | 15.0d | 124a | 22.38a | 5425.8a | 81.24a |

*Mean with the same later (s) in the same column are not significantly difference from one another at $p<0.05$

## Summary

The integration of primed seeds with SRI organic increase rice yield under ASS significantly compared with non-treated seeds. The additional of organic to acid sulfate soil plus treated seeds increase ability of seed germination, speed of seedling growth and better yield. For the selected variety (Phatumthani 1), hydropriming is recommended as the best alternative methods as the practice is simple, save time and cheap.



## Acknowledgments

The acknowledge is made to the collaboration of Thailand and Tanzanian Government for awarding my scholarship and research fund for this study, the CRDC for accepting my participation and Also sincere appreciation should go to Assoc. Prof. Dr. R. Kaveeta for assist on statistics work and finally to all seed technology and renewable energy laboratory members for their strong corporation during this research work.


## Literature cited


Ashraf, M. and Foolad, M., 2005, Pre-sowing Seed Treatment—A Shotgun Approach to Improve Germination, Plant Growth, and Crop Yield under Saline and Non-saline Conditions, Advances in Agronomy, 88: 223-271.

Association, I.S.T., 2003, International rules for seed testing:. edition 2003.

Attanandana, T. and Vacharotayan, S., 1986, Acid Sulfate Sous: Their Characteristics, Genesis, Amelioration and Utilization, Southeast Asian Studies, 24(2).

Cakmak, I., 2002, Plant Nutrition Research: Priorities to Meet Human Needs for Food in Sustainable Ways, Paper Presented at the Progress in Plant Nutrition: Plenary Lectures of the XIV International Plant Nutrition Colloquium.

Habib, N., Ashraf, M. and Ahmad, M.S.A., 2010, Enhancement in Seed Germinability of Rice (*Oryza sativa* L.) by Pre-sowing Seed Treatment with Nitric Oxide (NO) under Salt Stress, Pakistan Journal of Botany, 42: 4071-4078.

Joosen, R.V., Kodde, J., Willems, L.A., Ligterink, W., van der Plas, L.H. and Hilhorst, H.W., 2010, Germinator: a Software Package for High-throughput Scoring and Curve Fitting of Arabidopsis Seed Germination, The Plant Journal, 62(1): 148-159.

Meysam, G.K., Daneshmand, A., Jamkhaneh, A.B. and Moradpoor, S., 2012, Determination of the Influences of Different Osmopriming Treatment over Tara Has hemi Brand Rice Sprout Germination Indexes, International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4(10): 591-595.

Sangwijit, K., Thangsunan, P., Cutler, R. and Anuntalabhochai, S., 2012, Development of SCAR Marker for Thai Fragrant Rice (*Oryza sativa* L. var. Indica cv. Pathumthani 1) Mutants Induced by Low Energy Ion Beam, Chiang Mai Journal of Science, 39: 1-9.

Shamshuddin, J., Muhrizal, S., Fauziah, I. and Husni, M.H., 2004, Effects of adding Organic Materials to an Acid Sulfate Soil on the Growth of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Seedlings, Science of the Total Environment, 323(1-3): 33-45.

Walker, M., 1996, A Survey of Food Consumption in Thailand: UVic Centre for Asia-Pacific Initiatives, University of Victoria.

# การเปรียบเทียบสารสกัดจากพืชเพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสในพริก

## Comparison of Plant Extract for Inhibiting Anthracnose Disease in Chilli

**สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ[1] กนกวรรณ เยี่ยมรัมย์[1] และ อัญชัน ไตรธิเลน[1]**

Sriphadet, S.[1], Yaimram, K.[1] and Traithilen, U.[1]

### Abstract

The objective of this research was to compare plant extracts on inhibiting *Colletotrichum* spp. at Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus during May to June 2015. The experiment consisted of six treatments such as Citronella grass oil, Citronella grass crude extract, Singapore daisy oil, Turmeric oil, *Trichoderma* and water (control). The experimental design was CRD in laboratory and RCBD in field. The treatments were only significant difference in the laboratory test. Citronella grass oil was the most effective inhibitor to *Colletotrichum* spp. based on a clear zone 4.77 mm. *Trichoderma*, Citronella grass crude extract and Turmeric oil produced 4.07, 1.13 and 1.08 mm. clear zones, respectively. The extract of Singapore daisy oil and the control did not inhibit *Colletotrichum* spp. mycelium. Whereas, Turmeric oil, *Trichoderma*, Singapore daisy oil and Citronella grass crude extract tended to inhibit the disease in the field.

Keywords: *Colletotrichum* spp., Anthracnose, chilli, Plant extracts

### บทคัดย่อ

จากการเปรียบเทียบสารสกัดจากพืชที่มีประสิทธิภาพควบคุม เชื้อรา *Colletotrichum* spp. ในพริก ทดลองที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน 2558 การทดลองมี 6 กรรมวิธี ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม, สารสกัดหยาบตะไคร้หอม, น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย, น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน, เชื้อราไตรโคเดอร์มา และ น้ำกลั่น ในห้องปฏิบัติการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และในแปลงทดลองวางแผน Randomized Complete Block Design (RCBD) พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติเฉพาะในห้องปฏิบัติการ โดยน้ำมันระเหยตะไคร้หอมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. มากที่สุด โดยมี Clear zone 4.77 มิลลิเมตร สำหรับเชื้อราไตรโคเดอร์มา, สารสกัดหยาบตะไคร้หอม และน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน มี Clear zone 4.07, 1.13 และ 1.08 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่การทดลองในสภาพแปลงทดลอง น้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน, เชื้อราไตรโดเดอร์มา, น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย และสารกัดหยาบตะไคร้หอม มีแนวโน้มในการควบคุมโรคได้

**คำสำคัญ**: *Colltotrichum* spp. โรคแอนแทรคโนส พริก สารสกัดจากพืช

### คำนำ

พริก (Chilli) เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งปี 2556 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกพริก 348,539 ไร่ และมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) ปี 2557 ไทยส่งออกพริกไปประเทศต่างๆ ทั่วโลกทั้งพริกสด พริกแห้ง ซอสพริก เครื่องแกงปรุงสำเร็จ ซึ่งมีการส่งออกมูลค่าสูง ถึงปีละเกือบ 2,000 ล้านบาท ปัจจุบันไทยต้องนำเข้าพริกจากต่างประเทศปีละเกือบ 1,000 ล้านบาท (ดุจเดือน, 2558) ยังมีความต้องการพริกในปริมาณที่มาก จำเป็นต้องมีการเพิ่มการผลิตให้เพียงพอกับความต้องการ แต่ประสบปัญหาโรคแอนแทรคโนสก่อให้เกิดความเสียหายทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ โดยเชื้อเข้าทำลายพริกในระยะที่ผลพริกกำลังเจริญเติบโต หากเกิดโรคขณะที่พริกยังอ่อนอยู่ เซลล์บริเวณแผลเกิดอาการโค้งงอ ลักษณะมีแผลเป็นรูปไข่หรือกลม สีน้ำตาลขนาดของแผลไม่จำกัด ทำให้ผลพริกเน่าติดต่อกันอย่างรวดเร็ว ผลผลิตเกิดความเสียหายเป็นจำนวนมาก ระบาดมากในเขตที่มีความชื้นหรือฝนตกชุก (ศุภลักษณ์, 2536) ซึ่งปัจจุบันเกษตรกร

---

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร, ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-industry, Kasetsart university, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Tambon Chiang Khrua, Muang district, Sakon Nakhon Province, 47000

นิยมใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชทำให้ต้นทุนสูงและเป็นอันตรายต่อเกษตรกรอีกด้วย อีกทั้งการใช้สารเคมีเป็นระยะเวลานาน ๆ ทำให้เชื้อโรคเกิดการดื้อยา จึงจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณการใช้สารเคมีซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ผลิตและผู้บริโภคด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการลดปัญหาการใช้สารเคมีกำจัดโรคพืช จึงทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชบางชนิด ได้แก่ ตะไคร้หอม, ขมิ้นชัน, ใบกระดุมทอง และเชื้อราไตรโคเดอร์มา สำหรับควบคุมโรคแอนแทรคโนสในพริก มีการทดสอบระดับห้องปฏิบัติการและแปลงเพื่อการพัฒนาสารสกัดจากพืชให้เป็นสารควบคุมโรคแอนแทรคโนสในเชิงพาณิชย์ เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรในการปราบศัตรูพืชที่ไม่ใช้สารเคมี ไม่เป็นพิษต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดมลภาวะในสิ่งแวดล้อม

## อุปกรณ์และวิธีการ

### วิธีการ

สกัดสารจากตะไคร้หอม 2 วิธี ได้แก่ 1) การหมักด้วยเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:10 (w/v) นาน 7 วัน ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง (rotary vacuum evaporator) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ศศิธร, 2547) และ 2) กลั่นด้วยน้ำ (Hydrodistillation) อัตราส่วนน้ำหนักแห้ง 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 23 ลิตร ดัดแปลงจาก Caichompoo (1999)
สกัดสารจากกระดุมทองเลื้อยและขมิ้น กลั่นด้วยน้ำ (Hydrodistillation) อัตราส่วนน้ำหนักแห้ง 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 23 ลิตร ดัดแปลงจาก Caichompoo (1999)
เชื้อราไตรโคเดอร์มา นำสปอร์บริสุทธิ์ของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ใส่ไปเลี้ยงบนอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar)
การแยกเชื้อราในผลพริก ตัดบริเวณแผลที่แสดงอาการโรคไปแช่เอทานอล 75% นาน 5 นาที ล้างน้ำกลั่น 2 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที นำไปวางบนอาหาร PDA เก็บที่อุณหภูมิ 30 องซาเซลเซียส

### แผนการทดลอง

1. ห้องปฏิบัติการ วางแผนการทดลอง CRD มี 6 treatment ดังนี้ สารสกัดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม, สารสกัดหยาบตะไคร้หอม, สารสกัดจากกระดุมทองเลื้อย, สารสกัดจากขมิ้นชัน, เชื้อราไตรโคเดอร์มา และ น้ำกลั่น แต่ละ treatment ทำ 10 ซ้ำ โดยนำอาหาร PDA เจาะหลุมด้วย cork borer เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร หลุมแรกใส่เชื้อรา *Colletotrichum* spp. ส่วนหลุมที่สองใส่สารสกัด โดยการวัด clear zone บนอาหารเลี้ยงเชื้อ (บริเวณใสขอบสารสกัดจนถึงบริเวณที่เชื้อเจริญ) (มิลลิเมตร)
2. แปลงทดสอบ วางแผนการทดลอง RCBD มี 6 treatment แต่ละ treatment ทำ 10 ซ้ำ เมื่อต้นพริกอายุครบหนึ่งเดือนหรือมีใบจริง 2-3 ใบ ทำการฉีดพ่นผสมสารสกัดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม, สารสกัดหยาบตะไคร้หอม, กระดุมทองเลื้อย, ขมิ้นชัน และเชื้อราไตรโคเดอร์มากับน้ำในอัตราส่วน 1:5 มิลลิลิตร หลังจากฉีดพ่นสารสกัด 7 วัน ฉีดพ่นเชื้อ *Colletotrichum* spp. ปริมาณ 180 มิลลิลิตรต่อกรรมวิธี หลังจากฉีดพ่น 14 วัน บันทึกการเกิดโรคแอนแทรคโนส

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**1. ห้องปฏิบัติการ**: ประสิทธิภาพสารสกัดมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำมันระเหยตะไคร้หอมสามารถยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ดีที่สุด มี Clear zone 4.77 มิลลิเมตร ส่วนเชื้อราไตรโคเดอร์มา สารสกัดหยาบตะไคร้หอม และขมิ้นชัน มี Clear zone 4.07, 1.13 และ 1.08 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย และน้ำกลั่นไม่สามารถยับยั้งการเจริญเส้นใยราของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ได้ (Table 1 และ Figure 1) เนื่องจากการสกัดตะไคร้หอมแบบน้ำมันหอมระเหย มีองค์ประกอบของสาร citral ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียได้ดี (วรีวรรณ, 2546) อีกทั้งสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. coccodes*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium herbarum*, *Rhizopus stolonifer* และ *Aspergillus niger* ได้ (Tzortzakis และ Economakis, 2007) สำหรับเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถยับยั้งเส้นใยรา *Colletotrichum* spp ได้ดี เนื่องจากเชื้อราไตรโคเดอร์มามีกลไกในการควบคุมเชื้อราโดยการเบียดเบียน หรือเป็นปรสิต และแข่งขันหรือแย่งใช้อาหารที่เชื้อโรคต้องการ (จิระเดช, 2546) สำหรับสารสกัดจากขมิ้นชันสามารถควบคุมการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้ เนื่องจากสาร ar-Tumerone, Alpha-Atlantone, Zingiberene, Borneol มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550; สุภัทรา และคณะ, 2547) สำหรับการทดลองส่วนใบเท่านั้นจึงทำให้สารสกัดมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ได้น้อย ซึ่ง อาภา (2538) พบว่า น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อยเฉพาะส่วนของต้นและดอก มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides*.

2. **แปลงทดสอบ**: น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม และน้ำกลั่น เกิดโรคแอนแทรคโนส 4 ต้น ส่วนน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน, เชื้อราไตรโดเดอร์มา, น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย และ สารสกัดหยาบตะไคร้หอม ไม่พบต้นพริกแสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส (Table 1 และ Figure 2) เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชัน เชื้อราไตรโคเดอร์มา น้ำมันหอมระเหยกระดุมทองเลื้อย สารสกัดหยาบตะไคร้หอม มีแนวโน้มควบคุมโรคแอนแทรคโนสได้ดี เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยขมิ้นชันสามารถควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ที่ก่อให้เกิดโรคแอนแทรคโนสในพริกได้ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm. (กัลทิมา, 2554) สำหรับเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถผลิตปฏิชีวนสาร และสารพิษ ตลอดจนน้ำย่อยหรือเอนไซม์สำหรับช่วยละลายผนังเส้นใยของเชื้อโรคพืช คุณสมบัติพิเศษของเชื้อราไตรโคเดอร์มาคือสามารถช่วยละลายแร่ธาตุให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จึงช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและชักนำให้ต้นพืชมีความต้านทานต่อเชื้อโรคพืชทั้งเชื้อราและแบคทีเรียสาเหตุโรค (จิระเดช, 2546) ส่วนสารสกัดจากดอกกระดุมทองเลื้อยมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* (อาภา, 2538) สำหรับสารสกัดจากตะไคร้หอมมีองค์ประกอบของสาร citral มีฤทธิ์สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยราได้ดี (วรีวรรณ, 2546)

## สรุปผล

สารสกัดจากขมิ้นชันมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ได้ดีที่สุด

## เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556, รายงานข้อมูลภาวการณ์ผลิตพืช แบบรายปี 2556/2557 [สืบค้น], http://prodution doae.go.th/report_main2.php?report_type=1 [23/ June/ 15].

กัลทิมา พิชัย, 2554, การศึกษาการใช้สารสกัดพืชสมุนไพรบางชนิดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืชที่สำคัญในพื้นที่สะลวง อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา , ชลบุรี, 117 หน้า.

จิระเดช แจ่มสว่าง, 2546, การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี, โครงการเกษตรกู้ชาติ โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีชีวภาพและชีวภัณฑ์ในการจัดการศัตรูพืชเพื่อทดแทนสารเคมีสังเคราะห์, ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 206 หน้า.

รวีวรรณ เดื่อมขันมณี, 2456, การใช้น้ำมันหอมระเหยจากพืชบางชนิดในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส ของมะม่วง ระยะหลังการเก็บเกี่ยว, ในการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติครั้งที่ 6, “หนึ่งทศวรรษแห่งการอารักขาพืชในประเทศไทย”,24-27 พฤศจิกายน 2546, สมาคมกีฏและสัตววิทยาแห่งประเทศไทยโรงแรมโซฟิเทล ราชาออคิด, ขอนแก่น, หน้า 379-390.

ศศิธร วุฒิวณิชย์, 2545, โรคของผักและการควบคุมโรค, พิมพ์ครั้งที่1, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 175 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550, การศึกษาวิจัยเศรษฐกิจสมุนไพรไทย, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ,

อาภา หวังเกียรติ, 2538, ผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืช, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 109 หน้า.

Caichompoo, W., 1999, Antimicrobial Activities of Volatile oil and Curcuminoids from *Curcuma longa* L. Thesis, Mahidol University Bangkok, Thailand. 99 p.

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้งบประมาณสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

**Table 1** Clear zone and percentage of plant disease caused of *Colletotrichum* spp.

| Treatment | Clear zone | number of plant disease |
|---|---|---|
| Citronella grass oil | 4.77[a] | 0 |
| *Trichoderma*, | 4.07[b] | 0 |
| Citronella grass crude extract | 1.13[c] | 0 |
| Turmeric oil | 1.08[c] | 4 |
| Singapore daisy oil | 0.00[d] | 0 |
| Water (control) | 0.00[d] | 4 |
| Mean | 1.84 | 1.33 |
| F-test | ** | ns |

** = significantly different at 0.01 level of probability and ns = not significantly different

The same letter within the columns are not singnificantly different.

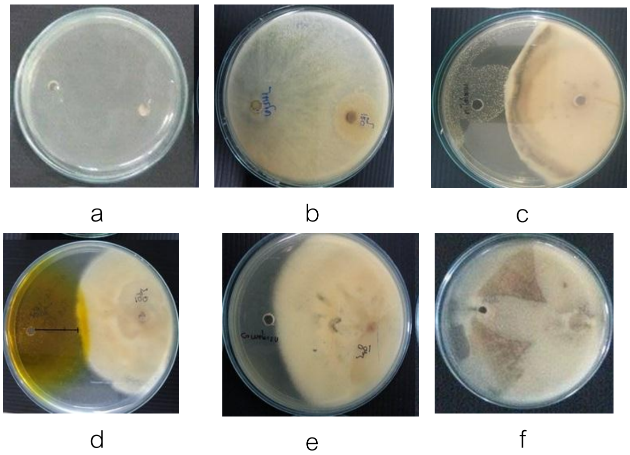



**Figure 1** clear zone of plant disease caused of *Colletotrichum* spp. (a) Citronella grass oil, (b) *Trichoderma*, (c) Citronella grass crude extract, (d) Turmeric oil, (e) Singapore daisy oil and (f) water

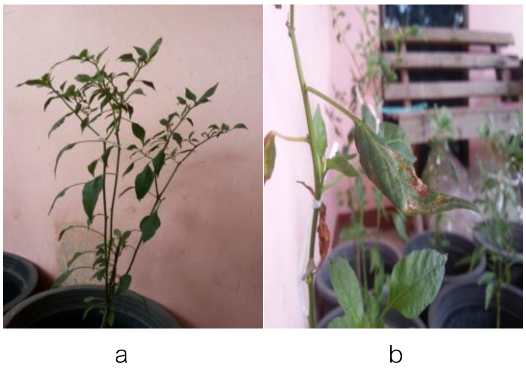



**Figure 2** The chili is not showing symptoms (a) and The Chilli is showing symptoms of anthracnosei (b)

# การมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนาของเกษตรกรในอำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

Farmers' Participation of Farmer School project in Prothong District, Angthong Province.

ณัฐวุฒิ จั่นทอง[1] และ พหล ศักดิ์คะทัศน์[2]

Janthong, N.[1] and Sakkatat, P.[2]


## Abstract

The objective of this research was to study farmer's participation in the Farmer School project in Prothong district, Angthong province. Data were obtained by interviewing from 240 farmers. Results revealed that 1) most farmers were male (67.9%). Their average age was 51 years old, 56.7% graduated from primary education, and 86.7% were married. Average income, plantation area, and rice growing experience were 321,654 baht/year, 19 Rais, 5 laborers, and 17 years, respectively. Moreover, 60.8% of the farmers were members of agricultural institutions and 62.9% of farmers were trained 1 time/year and 54.6% 2 time/year consulted with agriculturists, and 93.3% received rice information 30 times/year. 2) Farmer's participation in the Farmer School project was high averaging 3.79. 3) Factors relating to the participation in the Farmer School project were age, education, income, and received information on rice. The correlation between factors and participation was significant at the 0.05 level.


**Keywords:** participation, Farmer School Project, Prothong district


## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนาของเกษตรกร ในอำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 240 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า 1)เกษตรกรเป็นเพศชาย (ร้อยละ 67.9) อายุเฉลี่ย 51 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 56.7) มีสถานภาพสมรส (ร้อยละ 86.7) มีรายได้เฉลี่ย 321,654 บาท/ปี มีพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 19 ไร่ มีแรงงานเฉลี่ย 5 คน มีประสบการณ์ในปลูกข้าวเฉลี่ย 17 ปี เป็นสมาชิกกลุ่มสถาบันทางการเกษตร (ร้อยละ 60.8) ได้รับการฝึกอบรมเฉลี่ย 1 ครั้ง/ปี (ร้อยละ 62.9) เคยติดต่อกับเจ้าหน้าที่เฉลี่ย 2 ครั้ง/ปี (ร้อยละ 54.6) และได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกข้าวเฉลี่ย 30 ครั้ง/ปี (ร้อยละ 93.3) 2)การมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนาอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.79) 3)ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ และการรับข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกข้าว มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05


**คำสำคัญ:** การมีส่วนร่วม โครงการโรงเรียนชาวนา อำเภอโพธิ์ทอง

## คำนำ

โรงเรียนชาวนาเป็นศูนย์การเรียนรู้ด้านข้าวและการพัฒนาชาวนาอย่างครบวงจร สำหรับชาวนา เจ้าหน้าที่ ผู้ประกอบการ เยาวชน นักเรียน นักศึกษา ประชาชน ผู้สนใจทั่วไป และโดยเฉพาะชาวนารุ่นใหม่ ใช้เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้และพัฒนาบุคลากรด้านข้าว ให้เป็นทรัพยากรบุคคลที่จะเป็นกำลังสำคัญในการสืบสานภูมิปัญญา เอกลักษณ์ วัฒนธรรมข้าวไทย รวมถึงการส่งเสริมพัฒนาชาวนาให้มีองค์ความรู้ความชำนาญในการผลิตข้าวไทย ให้มีคุณภาพ มีความยั่งยืน เป็นแหล่งอาหารของโลก นอกจากนี้โรงเรียนชาวนายังเป็นศูนย์กลางในการรวบรวมข้อมูลองค์ความรู้ ภูมิปัญญา วัฒนธรรม ประวัติศาสตร์ข้าวของไทย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เป็นศูนย์กลางการให้บริการ และการเรียนรู้เรื่องข้าวอย่างครบวงจร (โรงเรียนข้าวและชาวนา, 2558ก) ในปี 2556 รัฐบาลจึงได้จะเร่งขยายโครงการโรงเรียนชาวนาในพื้นที่ภูมิภาคอื่น ๆ ให้มากขึ้น โดยบูรณาการการทำงานร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างชาวนาที่เข้มแข็ง พึ่งพาตนเองได้ และจะขยาย

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Plant Production Technology Program, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University 13000, Thailand

[2] สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรชนบท คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2] Rural Development Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University 50290, Thailand

โครงการฯ ไปยังพื้นที่ภาคต่าง ๆ ด้วยการนำองค์ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดให้แก่เกษตรกร และข้าวที่ได้ยังสามารถนำมาบริโภคภายในครัวเรือนได้ ถือเป็นการพัฒนาเกษตรกรแบบยั่งยืน ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และสนับสนุนการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างคุ้มค่า (คมชัดลึกออนไลน์, 2558) การดำเนินงานของโรงเรียนชาวนาจะมีเจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐและเกษตรกรบริหารโครงการร่วมกัน โดยมีโครงสร้างดังนี้ 1)คณะกรรมการบริหารโรงเรียนชาวนา 2)ผู้อำนวยการโรงเรียนชาวนา 3)ฝ่ายบริหารทั่วไป 4)กลุ่มงานพัฒนาหลักสูตรและฝึกอบรม และ 5)กลุ่มงานเรียนรู้และแปลงนาสาธิต ซึ่งในแต่ละกลุ่มงานจะมีเจ้าหน้าที่ภาครัฐคอยดูแลและให้เกษตรกรเข้าไปมีส่วนร่วมในการบริหารงานด้านต่าง ๆ โดยเกษตรกรผู้ที่ได้รับการคัดเลือกให้เข้าไปบริหารโครงการต้องประสานงานระหว่างกลุ่มเกษตรกรกับเจ้าหน้าภาครัฐที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็น อบต. อบจ. เกษตรอำเภอ เกษตรจังหวัด ฯลฯ โดยการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนามีขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้ การมีส่วนร่วมในการวางแผน การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน การมีส่วนร่วมในการติดตามประเมินผล และการมีส่วนร่วมในการได้รับผลประโยชน์ (โรงเรียนข้าวและชาวนา, 2558ข) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา ซึ่งในอำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง ได้มีการก่อตั้งโรงเรียนชาวนาขึ้นมาประมาณเกือบ 5 ปีแล้ว โดยการบริหารงานงานในโครงการส่วนใหญ่เป็นการบริหารงานโดยหน่วยงานของเกษตรอำเภอและเกษตรจังหวัด ทั้งนี้ผู้วิจัยอยากทราบว่าในโครงการโรงเรียนชาวนา เกษตรกรมีส่วนร่วมอย่างไรและในขั้นตอนใดบ้างของการดำเนินโครงการ หรือเกษตรกรมีส่วนเข้าไปช่วยบริหารจัดการภายในโครงการนี้หรือไม่ เพื่อให้ผลการวิจัยที่ได้นำใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานด้านการส่งเสริมการเกษตรที่มีคุณภาพ และก่อให้เกิดประโยชน์กับชุมชน บ้านเมือง และประเทศชาติมากที่สุด

## อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสัมภาษณ์ ประกอบไปด้วย คำถามเป็นปลายเปิด (open-ended questions) และคำถามแบบปิด (close-ended questions) โดยแบ่งแบบทดสอบเป็น 3 ตอนดังนี้ ตอนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคม ตอนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา ตอนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคในการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา โดยแต่ละข้อของตอนที่ 2 และ 3 มีคำตอบให้เลือก 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2536) ตอนที่ 4 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม กับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา ใช้การวิเคราะห์การถด ถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนาของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์เกษตรกรในปี พ.ศ.2558 จำนวน 240 ราย วิเคราะห์โดยใช้สถิติพรรณนา (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าสูงสุด-ต่ำสุด (Maximum-Minimum)

## ผลการทดลอง

ปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคม ของเกษตรกร ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 67.9) มีอายุเฉลี่ย 51 ปี ส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับประถมศึกษาขั้นบังคับ (ร้อยละ 56.7) มีสถานภาพสมรส (ร้อยละ 86.7) มีรายได้ต่อปีเฉลี่ย 321,654 บาท มีขนาดพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 19 ไร่ มีแรงงานเฉลี่ย 5 คน มีประสบการณ์ในปลูกข้าวเฉลี่ย 17 ปี เกษตรกรส่วนใหญ่(ร้อยละ 60.8)เป็นสมาชิกกลุ่มสถาบันทางการเกษตร ได้รับการฝึกอบรมเฉลี่ย 1 ครั้ง/ปี (ร้อยละ 62.9) เคยติดต่อกับเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชนเฉลี่ย 2 ครั้ง/ปี (ร้อยละ 54.6) และมีการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกข้าวเฉลี่ย 30 ครั้ง/ปี (ร้อยละ 93.3) การมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา พบว่า เกษตรกรมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนาอยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดคือ 3.79 โดยที่ ด้านการมีส่วนร่วมในการวางแผน มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.06) รองลงมาคือ ด้านการมีส่วนร่วมในการได้รับผลประโยชน์ ด้านการมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน และด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล (ที่ค่าเฉลี่ย 3.99, 3.81 และ3.31 ตามลำดับ) (Table 1) ผลการศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา พบว่า มีปัญหาและอุปสรรคในการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนาอยู่ในระดับน้อย ที่ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดคือ 2.25 โดยสรุปได้ว่า ปัญหาส่วนใหญ่เกิดมาจาก ขาดความรู้และความเข้าใจในการดำเนินโครงการฯ ครอบครัวไม่ให้การสนับสนุนให้เข้าร่วมโครงการฯ และมีความรู้ในการเข้าร่วมโครงการฯ น้อย และในด้านผลการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมกับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา มีดังนี้ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ และการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกข้าว มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนตัวแปรอื่นๆ พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา (Table 2)

**Table1** Participation of farmer school project.

| Participation | $\bar{x}$ | SD | Level |
|---|---|---|---|
| 1. Planning | 4.06 | 0.18 | High |
| 2. Operating | 3.81 | 0.18 | High |
| 3. Tracking and evaluation | 3.31 | 0.39 | Moderate |
| 4. Beneficiaries | 3.99 | 0.04 | High |
| **Total** | **3.79** | **0.12** | **High** |

## วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ กับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนาของเกษตรกรในอำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง ผลการวิจัยพบว่า อายุ ระดับการศึกษา รายได้ และการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกข้าว มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา เนื่องจาก

1. อายุมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา โดยพบว่า ส่วนใหญ่เกษตรกรที่เข้าร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนามีอายุเฉลี่ยค่อนข้างสูง การเข้าร่วมโครงการทำให้เกษตรกรได้มีส่วนร่วมในหลายๆ ขั้นตอน โดยได้ใช้ความรู้และความสามารถที่สะสมมาเป็นเวลานานในการเข้าไปบริหารจัดการภายในโครงการ ซึ่งสอดคล้องกับ อินทร์โพธิ์ (2539) ที่พบว่า อายุมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการปรับโครงสร้างและระบบการผลิตการเกษตรของเกษตรกร (Table 2)

2. ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา โดยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาในระดับประถมศึกษาภาคบังคับ เกษตรกรจึงพอมีความรู้ติดตัวในด้านการอ่าน การเขียน และการพูด ซึ่งการศึกษาทำให้มีความรู้เพิ่มมากขึ้น สามารถทำความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ได้มากขึ้นส่งผลให้เกษตรกรเหล่านี้เข้ามามีส่วนร่วมมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ ประเสริฐ (2543) ที่พบว่า ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการปรับโครงสร้างและระบบการผลิตการเกษตรกรของเกษตรกร (Table 2)

3. รายได้มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา โดยพบว่า เกษตรกรที่เข้าไปมีส่วนร่วมในโครงการมีฐานะทางเศรษฐกิจค่อนข้างมั่นคง และเกษตรกรรู้ว่าเมื่อเข้าร่วมโครงการแล้วทำให้มีรายได้ที่แน่นอน เกษตรกรจึงยอมรับและเข้าร่วมในโครงการ ทำให้แนวโน้มที่เกษตรกรเข้าไปมีส่วนร่วมในด้านต่างๆ ของโครงการ ซึ่งสอดคล้องกับ สถาพร (2541) ที่พบว่า รายได้รวมของครัวเรือนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการมีส่วนร่วมของประชาชนในโครงการนำร่องปลูกป่าพัฒนาชุมชน เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ที่เข้าร่วมโครงการจะมีฐานะทางเศรษฐกิจครอบครัวมั่นคง แต่ประชาชนที่มีปัญหาทางเศรษฐกิจในครัวเรือนจะเข้าร่วมโครงการน้อย เพราะต้องคอยทำงานเพื่อยกฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัว (Table 2)

4. การรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกข้าวมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนา โดยพบว่า การรับรู้ข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัยเกี่ยวกับการปลูกข้าวทำให้เกษตรได้รับความรู้ใหม่เพิ่มมากขึ้น ได้เห็นภาพและความเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่พัฒนามากกว่าเดิม จึงทำให้เกษตรกรมีแนวโน้มเข้าไปมีส่วนร่วมกับโครงการเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ประเสริฐ (2543) ที่พบว่า การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านต่าง ๆ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการอนุรักษ์และพัฒนาป่าชุมชน (Table 2)

## สรุปผล

เกษตรกรในอำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง ส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนาอยู่ในระดับที่มาก เนื่องจาก ขั้นตอนการมีส่วนร่วมไม่ว่าจะเป็นการมีส่วนร่วมในการวางแผน การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน การมีส่วนร่วมในการติดตามประเมินผล และการมีส่วนร่วมในการได้รับผลประโยชน์ ซึ่งทุกด้านที่กล่าวมาเกษตรกรได้เข้าไปมีส่วนร่วม ไม่ขั้นตอนใดก็ขั้นตอนหนึ่ง เพื่อให้โครงการโรงเรียนชาวนาประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์และบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ การเข้าไปมีส่วนร่วมในขั้นตอนต่างๆ ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ตนเองหรือส่วนรวมทั้งสิ้น การมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียน

ชาวนา ยังช่วยพัฒนาทักษะในด้านต่างๆ เกี่ยวกับการบริหารจัดการโครงการให้แก่เกษตรกร และเกษตรกรได้ใช้เวลาที่ว่างเว้นจากการทำนามาทำประโยชน์เพื่อส่วนรวมมากขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนหรือประเทศชาติได้มากที่สุด ปัญหาและอุปสรรค ส่วนใหญ่เกิดมาจาก ขาดความรู้และความเข้าใจในการดำเนินโครงการโรงเรียนชาวนา ทั้งนี้เกษตรกรต้องมีการรวมกลุ่มกันเพื่อช่วยกันแก้ไขปัญหาและขอความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องให้ช่วยเหลือดูแลต่อไป และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในโครงการโรงเรียนชาวนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ คือ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ และการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกข้าว

Table 2 Multiple regression analysis of factors related to participation of farmer school project.

| Variables | Coefficient (b) | t | *P*-value |
|---|---|---|---|
| 1. Sex | -0.099 | -1.486 | 0.139 |
| 2. Age (year) | 0.019 | 2.608 | 0.010* |
| 3. Education | 0.021 | 2.077 | 0.039* |
| 4. Marital status | 0.041 | 0.449 | 0.654 |
| 5. Income (Baht) | 0.002 | 2.147 | 0.033* |
| 6. Size of land holding (rai) | 0.001 | 0.142 | 0.887 |
| 7. Labor (number) | -0.002 | -0.458 | 0.647 |
| 8. Experience in growing rice (year) | -0.003 | -0.575 | 0.566 |
| 9. Membership of agricultural institutions | -0.129 | -1.784 | 0.076 |
| 10. Training in the past 1 years (time) | -0.115 | -1.728 | 0.085 |
| 11. Contact with the government officials and private sectors (time) | 0.013 | 1.398 | 0.163 |
| 12. Perception of information on rice (time) | 0.024 | 2.113 | 0.022* |
| Constant | 2.765 | 18.178 | 0.000 |
| $R^2$ | | 0.353 | (35.3%) |
| F | | 2.434 | |
| Sig. F | | 0.000 | |

** Correlation showed significant at the 0.05 level.

## เอกสารอ้างอิง

คมชัดลึกออนไลน์, 2558, หลักสูตรโรงเรียนชาวนาต้นแบบสู่เป้าหมายผลิตเมล็ดข้าวพันธุ์ดี [สืบค้น], http://www.komchadluek.net/detail/20130730/164565/%E0 %E0%B8%A5%.html [30/ March/ 15].

ประเสริฐ บัวคลี่ใบ, 2543, การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการอนุรักษ์และพัฒนาป่าชุมชน บ้านป่าสักงาม ตำบลลวงเหนือ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่, เชียงใหม่: การค้นคว้าแบบอิสระ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 69.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2536, วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร: ฟิงเกอร์ปริ้นแอนด์ มีเดีย.

โรงเรียนข้าวและชาวนา, 2558ก, โรงเรียนข้าวและชาวนา (school of rice and farmers) [สืบค้น], http://riceschool.ricethailand.go.th/ [3/ April/ 15].

โรงเรียนข้าวและชาวนา, 2558ข, โครงสร้างโรงเรียนข้าวและชาวนา [สืบค้น], http://riceschool.ricethailand.go.th/index.php/2013-04-26-07-02-26 [5/ April/ 15].

สถาพร สมศักดิ์, 2541, การมีส่วนร่วมของประชาชนในโครงการนำร่องปลูกป่าพัฒนาชุมชน มูลนิธิ วันพฤกษ์เฉลิมพระเกียรติ ร.9 อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน, เชียงใหม่: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 75

อินทร์โพธิ์ สิงหล, 2539, ปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมที่มีผลต่อการตัดสินใจร่วมโครงการปรับโครงสร้างและระบบการผลิตการเกษตรของเกษตรกร บ้านแสนคันธา ตำบลทุ่งรวงทองกิ่งอำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่, เชียงใหม่: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 84

# ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชน จังหวัดอุทัยธานี

## Opinion of Farmers toward Implementation of Community Rice Center, Uthaithani Province

**เนตรชนก เส็งสุข**[1] **และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ**[2]

Sengsook, N.[1] and Srisuwan, S.[2]

### Abstract

The objectives of this study were: 1) to study personal and economic basic factors and agricultural information. 2) to study the opinion of farmers toward Implementation of Community Rice Center, Uthaithani. 3) to study problems and suggestions of Community Rice Center, Uthaithani. 213 farmers, the members of Community Rice Center, Uthaithani, were used as samples. The data were recorded by questionnaire. The results were found that 1) most farmers were male, average age of 51.4 years, elementary education background, planting area of 25.53 rais and production cost and income of 120,990.96 and 270.793.57 baht/year respectively. Most information was obtained from Community Rice Center staff, group activity and meeting and television as well. 2) farmer opinion to rice production, distribution and Community Rice Center management was quite high. 3) problems of Community Rice Center operation were to get some officials to suggest and inform new knowledge about good seed production and technology to the farmers.

**Keywords:** farmer'opinion, Community Rice Center, Uthaithani Province

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยพื้นฐานทางด้านเศรษฐกิจ และการเปิดรับข่าวสารของเกษตรกร 2) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชนจังหวัดอุทัยธานี 3) เพื่อศึกษาปัญหา และข้อเสนอแนะในการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชน จังหวัดอุทัยธานี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่เป็นสมาชิกของศูนย์ข้าวชุมชน จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 213 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า 1) เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 51.14 ปี จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา ขนาดพื้นที่เพาะปลูกข้าวเฉลี่ย 25.53 ไร่ รายได้จากการเพาะปลูกข้าวเฉลี่ย 270,793.57 บาท/ปี รายจ่ายในการเพาะปลูกข้าวเฉลี่ย 120,990.96 บาท/ปี การเปิดรับข่าวสารจากสื่อบุคคลมากที่สุด ได้แก่ เจ้าหน้าที่ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว สื่อกิจกรรมจากการจัดประชุม และสื่อมวลชน จากโทรทัศน์ 2) เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อด้านการผลิตและกระจายพันธุ์ข้าว และด้านการบริหารจัดการศูนย์ข้าวชุมชน โดยรวมอยู่ในระดับมาก 3)ปัญหาในการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชน คือ เกษตรกรต้องการให้มีการจัดเจ้าหน้าที่ หรือวิทยากรมาให้ความรู้ในเรื่องของกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ดี และความรู้ใหม่ๆ เกี่ยวกับพันธุ์ข้าว หรือเทคโนโลยีการผลิตข้าวต่างๆ ข้อเสนอแนะ ควรมีการสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ในการผลิตเมล็ดพันธุ์

**คำสำคัญ**: ความคิดเห็นของเกษตรกร ศูนย์ข้าวชุมชน จังหวัดอุทัยธานี

### คำนำ

ข้าวเป็นอาหารหลัก และเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ประเทศไทยมีประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำนา มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งประเทศ 80.40 ล้าน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 567 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,2556) การใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพต่ำ เป็นปัจจัยหนึ่งปัจจัยที่มีผลทำให้ผลผลิตต่อไร่ของไทยตกต่ำ ดังนั้นการกระจายเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีไปสู่เกษตรกรจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

[1] **ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 149 หมู่ 4 ตำบลหางน้ำสาคร อำเภอมโนรมย์ จังหวัดชัยนาท 17170**

[1] Seed Chainat Center 149 Moo 4, Hang Nam Sakhon, Manoron, Chainat 17170, Thailand

[2] **ภาคส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900**

[2] Department of Agriculture Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Jatujak District, Bangkok 10900, Thailand

เมล็ดพันธุ์ข้าว ที่มีคุณภาพดีเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในการเพาะปลูก ช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น ผลผลิตข้าวมีความบริสุทธิ์ตรงตามสายพันธุ์ เป็นการผลิตที่ลงทุนน้อยแต่สามารถ เพิ่มผลผลิตและสามารถยกระดับคุณภาพข้าวให้สูงขึ้นได้ (สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว, 2557)

ศูนย์ข้าวชุมชน เป็นกลุ่มเกษตรกรที่รวมตัวกันเพื่อผลิตและกระจายเมล็ดพันธุ์ข้าวให้กับชุมชนและพื้นที่ใกล้เคียง โดยได้รับคำแนะนำ และการสนับสนุนจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และกรมการข้าวในพื้นที่ มีเป้าหมายในการดำเนินการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวแล้ว ยังมีเป้าหมายให้เกษตรกรในชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการบริหารจัดการองค์กรศูนย์ข้าวชุมชนด้วยตนเอง (สำนักส่งเสริมการผลิตข้าว, 2553)

ศูนย์ข้าวชุมชนจังหวัดอุทัยธานี ซึ่งเป็นศูนย์ข้าวชุมชนที่อยู่ในความดูแลของกรมการข้าว โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด 886,020 ไร่ (สำนักงานเกษตรจังหวัดอุทัยธานี, 2557) แต่การปลูกข้าวของเกษตรกรต้องประสบปัญหาในการผลิตข้าวที่สำคัญ คือ เกษตรกรส่วนใหญ่ขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ดีในการเพาะปลูก ทำให้ต้นทุนการผลิตข้าวสูงและผลิตข้าวคุณภาพต่ำ เกษตรกรขาดการรวมกลุ่มที่เข้มแข็ง ขาดเงินทุน ทำให้ไม่สามารถพัฒนาการผลิตข้าวได้อย่างเป็นระบบ จากปัญหาดังกล่าว กรมการข้าว ในฐานหน่วยงานภาครัฐ สังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งมีหน้าที่ในการรับผิดชอบดูแลการผลิตและกระจายเมล็ดพันธุ์ข้าว ของประเทศไทย ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ข้าว จึงส่งเสริมและสนับสนุนให้กลุ่มเกษตรกรดำเนินการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีเพื่อใช้ในชุมชน และพื้นที่ใกล้เคียง ภายใต้ชื่อ“ศูนย์ข้าวชุมชน” โดยเริ่มดำเนินการตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2543 (สำนักส่งเสริมการผลิตข้าว, 2553)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่จะศึกษาความคิดเห็นของเกษตรที่มีต่อการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชนจังหวัดอุทัยธานี โดยศึกษาแนวทางการดำเนินงานหลัก 2 ด้าน ได้แก่การดำเนินงานการผลิตและกระจายพันธุ์ข้าวและการบริหารจัดการศูนย์ข้าวชุมชน ผลการวิจัยที่ได้ทำให้เกิดประโยชน์ต่อการกำหนดวิธีการและทิศทางในการปรับปรุงและวางแผนการพัฒนาการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานของกลุ่มเกษตรกรอื่นๆ ได้อีกด้วย

## อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เกษตรกรที่เป็นสมาชิกของศูนย์ข้าวชุมชน จังหวัดอุทัยธานี ที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกรมการข้าว ปี 2556 จำนวน 17 แห่ง ในอำเภอทัพทัน ลานสัก สว่างอารมณ์ หนองขาหย่าง หนองฉาง และห้วยคต จำนวน 473 คน (ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท, 2556) คำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรของ Krejcie & Morgan ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 213 คน วิธีการสุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายโดยวิธีการจับฉลาก (Simple Random Sampling) จากรายชื่อสมาชิกศูนย์ข้าวชุมชนแต่ละศูนย์ ตามขนาดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บและรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสัมภาษณ์ ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายปิดและปลายเปิด แบ่งเป็น 5 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยพื้นฐานทางด้านเศรษฐกิจ ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการเปิดรับข่าวสารของเกษตรกร ตอนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชน จังหวัดอุทัยธานี ตอนที่ 5 ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรที่มีต่อการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชน จังหวัดอุทัยธานี ทดสอบเครื่องมือโดยหาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน และทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) กับเกษตรกรไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ราย โดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ($\alpha$ -Coefficient) ตามวิธีของ Cronbach (Cronbach’s Reliability Coefficient Alpha) มีค่าความเชื่อมั่น 0.892 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปและทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ หาค่าความถี่(Frequency) ค่าร้อยละ(Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation : S.D.) และค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล พบว่า เกษตรกรที่เป็นสมาชิกของศูนย์ข้าวชุมชน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 54.5) อายุ 56-75 ปีจบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 66.7) จากผลการวิจัยจะเห็นว่าเกษตรกร มีอายุเฉลี่ยค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะคนรุ่นใหม่ ในปัจจุบันกำลังอยู่ในวัยเรียน และมีระดับการศึกษาที่สูงขึ้น สามารถหางานในแหล่งอุตสาหกรรมหรืออาชีพอื่นได้ง่ายขึ้น ซึ่งเป็นอาชีพที่ไม่ต้องใช้แรงงานมาก ประกอบกับค่านิยมของเกษตรกร ที่ไม่ส่งเสริมให้ลูกหลานประกอบอาชีพทางการเกษตร ส่งผลให้เกษตรกรรุ่นใหม่เข้ามาประกอบอาชีพทางการเกษตรจำนวนน้อย สอดคล้องกับ ชลธิ

ชา (2555) ได้ศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชนจังหวัดราชบุรี พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชายอายุเฉลี่ย 49.61 ปี จบการศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าหรือเทียบเท่ากับประถมศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรมีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 1-3 คน ประกอบด้วย พ่อ แม่ ลูก จัดได้ว่ามีลักษณะครอบครัวเดี่ยว

ปัจจัยพื้นฐานทางด้านเศรษฐกิจ พบว่า เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 25.53 ไร่ พื้นที่ปลูกข้าวโดยเกษตรกรเป็นเจ้าของเองเฉลี่ย 18.04 ไร่ และพื้นที่ปลูกข้าวโดยเกษตรกรเช่าเฉลี่ย 7.58 ไร่ มีพื้นที่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเฉลี่ย 14.08 ไร่ โดยมีปริมาณเมล็ดพันธุ์ดีที่ผลิตได้เฉลี่ย 768.69 กิโลกรัมต่อไร่ การกระจายเมล็ดพันธุ์ข้าว ส่วนใหญ่เกษตรกรใช้เป็นพันธุ์ปลูกในฤดูต่อไป (ร้อยละ 90.6)เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ข้าวในท้องตลาดมีราคาสูง และเป็นการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร แรงงานในการปลูกข้าวเฉลี่ย 4.07 คน แรงงานในการปลูกข้าวที่เป็นแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.28 คน ส่วนแรงงานในการปลูกข้าวที่เป็นแรงงานจ้าง เฉลี่ย 1.84 คน จะเห็นได้ว่าแรงงานในครัวเรือนเพื่อทำการเกษตรเฉลี่ย 2.28 คน ประกอบด้วยสามี ภรรยา ลูก ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อย อาจเป็นเพราะค่านิยมส่งเสริมให้ลูกมีการศึกษาที่สูงขึ้นและสนับสนุนให้ประกอบอาชีพอื่นๆ นอกเหนือจากอาชีพทางการเกษตรสอดคล้องกับ เนตรนภา (2557) ซึ่งได้ศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตและกระจายเมล็ดพันธุ์ข้าวของศูนย์ข้าวชุมชน จังหวัดนครราชสีมา พบว่า เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 25.97 ไร่ และมีแรงงานในครัวเรือนจำนวน 2 คน

รายได้จากการเพาะปลูกข้าวทั้งที่เป็นเมล็ดพันธุ์และข้าวทั่วไปทั้งปีเฉลี่ย 270,793.57 บาท คิดเป็น 10,455.76 บาท ต่อไร และรายจ่ายในการเพาะปลูกข้าวทั้งที่เป็นเมล็ดพันธุ์และข้าวทั่วไปทั้งปีเฉลี่ย 120,990.96 บาท คิดเป็น 4,692.62 บาท อาจเป็นเพราะใน ปี 2556 รัฐบาลมีนโยบายรับจำนำข้าว ทำให้ราคาข้าวสูงขึ้น ส่งผลให้ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร เช่น ปุ๋ยเคมี สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชมีราคาสูงขึ้นตามไปด้วย จากการวิจัยจะเห็นได้ว่าเกษตรกรมีต้นทุนการผลิตในระดับไม่สูงมากเมื่อเทียบกับรายได้จากการเพาะปลูก

การเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรเกี่ยวกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว พบว่า เกษตรกรมีการเปิดรับข่าวสารจากสื่อประเภทต่างๆ ได้แก่ สื่อบุคคล จากเจ้าหน้าที่ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว ร้อยละ 93.4 และสื่อกิจกรรม จากการจัดประชุม ร้อยละ 88.3เนื่องจากในศูนย์ข้าวชุมชนจะมีการจัดประชุม จัดเวทีการเรียนรู้ โดยจะมีเจ้าหน้าที่จากศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรระดับจังหวัด ระดับอำเภอ และระดับตำบล และวิทยากรจากภายนอกมาให้ความรู้แก่เกษตรกร ทำให้เกษตรกรได้รับข่าวสารจากช่องทางนี้เป็นส่วนใหญ่ และสื่อมวลชน จากโทรทัศน์ (ร้อยละ 96.7) เนื่องจากสื่อทางด้านโทรทัศน์เป็นสื่อที่เกษตรกรสามารถเข้าใจได้ง่าย เนื่องจากมีทั้งภาพและเสียงประกอบกัน และมีการเข้าถึงสื่อได้มากกว่าช่องทางอื่น เนื่องจากปัจจุบันโทรทัศน์เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีราคาถูกลง และมักจะพบมีอยู่ในบ้านเกือบทุกหลังคาเรือน สอดคล้องกับชลธิชา (2555) ได้ทำการศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชน จังหวัดราชบุรี พบว่าเกษตรกรมีการเปิดรับข่าวสารประเภทสื่อบุคคล สื่อกิจกรรม และสื่อมวลชล จากเจ้าหน้าที่ของรัฐ การจัดประชุม และโทรทัศน์มากที่สุด

ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชน พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชน โดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.09) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าเกษตรกรมีความคิดเห็นต่อการดำเนินงานศูนย์ข้าวชุมชนในด้านการดำเนินงานผลิตและกระจายพันธุ์ข้าวโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.07) ด้านการบริหารจัดการศูนย์ข้าวชุมชน เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อการดำเนินงานศูนย์ข้าวชุมชน โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.10)

## สรุปผล

ปัจจัยส่วนบุคคลของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกศูนย์ข้าวชุมชน ส่วนมากเป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 51.14 ปี จบการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 66.7) มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน เฉลี่ย 3.63 คน

ปัจจัยพื้นฐานด้านเศรษฐกิจ ของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกศูนย์ข้าวชุมชน มีขนาดพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 25.53 ไร่ มีพื้นที่ปลูกข้าวเป็นของตนเองเฉลี่ย 18.04 มีพื้นที่ปลูกข้าวเป็นเช่าเฉลี่ย 7.58 ไร่ มีพื้นที่ผลิตเมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 14.08 ไร่ มีปริมาณผลิตเมล็ดพันธุ์ดีที่ผลิตได้เฉลี่ย 768.69 กิโลกรัมต่อไร่ การกระจายเมล็ดพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่ใช้เป็นพันธุ์ปลูกในฤดูต่อไป (ร้อยละ 90.6) มีแรงงานในการปลูกข้าวเฉลี่ย 4.07 คน มีแรงงานในการปลูกข้าวเป็นแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.28 คน มีแรงงานในการปลูกข้าวเป็นแรงงานจ้างเฉลี่ย 1.84 คน มีรายได้จากการเพาะปลูกข้าวทั้งที่เป็นเมล็ดพันธุ์และข้าวทั่วไปเฉลี่ย 270,793.57 บาทต่อปี คิดเป็น 10,455.76 บาทต่อไร่ มีรายจ่ายในการเพาะปลูกข้าวทั้งที่เป็นเมล็ดพันธุ์และข้าวทั่วไปทั้งปีเฉลี่ย 120,990.96 บาทต่อปี คิดเป็น 4,692.62 บาทต่อไร่

การเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของศูนย์ข้าวชุมชนจากสื่อประเภทต่างๆ ได้แก่ สื่อบุคคล คือจากเจ้าหน้าที่ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุด (ร้อยละ 93.4) สื่อกิจกรรมจากการจัดประชุมมากที่สุด (ร้อยละ 88.3) และสื่อมวลชนจากโทรทัศน์มากที่สุด (ร้อยละ 96.7)

เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชน โดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (ค่าเฉลี่ย 4.09) และเห็นด้วยในระดับมากทั้ง 2 ด้าน คือ ด้านการผลิตและกระจายพันธุ์ข้าว และด้านการบริหารจัดการศูนย์ข้าวชุมชน

**เอกสารอ้างอิง**


กรมการข้าว, 2555, แนวทางพัฒนาการผลิตข้าวของไทยเพื่อเตรียมความพร้อมเข้าสู่ประชาอาเซียน, กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชลธิชา เชี่ยวชาญ, 2555, ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการดำเนินงานของศูนย์ข้าวชุมชน จังหวัดราชบุรี, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ส่งเสริมการเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เนตรนภา หัตถ์ฐาปนวัฒน์, 2557, ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตและกระจายเมล็ดพันธุ์ข้าวของศูนย์ข้าวชุมชน จังหวัดนครราชสีมา, วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ส่งเริมการเกษตร) สาขาส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท, 2556, รายงานผลการดำเนินงานศูนย์ข้าวชุมชน (อัดสำเนา).

สำนักงานเกษตรจังหวัดอุทัยธานี, 2557, ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดอุทัยธานี ปี 2555 [สืบค้น], http://www.uthaithani.doae.go.th [1/ July/ 14].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556, ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว, 2557, ยุทธศาสตร์การผลิตและกระจายเมล็ดพันธุ์ข้าว 2555-2559, กรุงเทพมหานคร.

สำนักส่งเสริมการผลิตข้าว กรมการข้าว, 2553, ศูนย์ข้าวชุมชน, กรุงเทพมหานคร : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

# อิทธิพลของการอบแห้งที่มีต่อสมบัติของใยอาหารจากกากส้มเขียวหวาน

## Influence of Drying on Properties of Dietary Fiber from Tangerine Pulp

**ศิรดา สังสินชัย[1] และ ชลิดา เนียมนุ้ย[1]**

Sungsinchai, S.[1] and Niamnuy, C.[1]

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of drying methods on dietary fiber content and various properties of dietary fiber from Tangerine pulp, namely, glucose dialysis retardation index, $\alpha$-amylase inhibitory activity and color values. Orange pulp was prepared by washing, blanching and soaking in ethanol solution (95%) before drying with hot air or microwave at temperature of 40, 60 and 80 ºC for the production of dietary fiber powder. Microwave drying resulted in higher drying rate than hot air drying. However, the drying technique and drying temperature had no significant effect on the dietary fiber content. Drying at 60 ºC resulted in the highest glucose dialysis retardation index and $\alpha$-amylase inhibitory activity compared to the other drying temperatures of both hot air drying and microwave drying.

**Keywords:** $\alpha$-amylase inhibitory activity, dietary fiber, glucose dialysis retardation index, orange pulp

**บทคัดย่อ**

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาอิทธิพลของวิธีการอบแห้งที่มีต่อปริมาณใยอาหารและสมบัติด้านต่างๆ ของใยอาหารจากกากส้มเขียวหวาน ได้แก่ ความสามารถในการลดการดูดซึมกลูโคส การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และค่าสี กากส้มเขียวหวานผ่านการเตรียมด้วยวิธีการล้าง ลวก และแช่ในสารละลายเอทานอล ร้อยละ 95 ก่อนนำมาอบแห้งโดยใช้เทคนิคการอบแห้งด้วยลมร้อน และไมโครเวฟ ที่อุณหภูมิ 40 60 และ 80 องศาเซลเซียส เพื่อผลิตเป็นใยอาหารผง พบว่าอัตราการอบแห้งในกรณีการอบแห้งด้วยไมโครเวฟมีค่าสูงกว่าในกรณีการอบแห้งด้วยลมร้อน นอกจากนี้พบว่าเทคนิคและอุณหภูมิการอบแห้งไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณใยอาหาร และการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แสดงค่าความสามารถในการลดการดูดซึมกลูโคสและการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอบแห้งอื่นๆ ทั้งกรณีการอบแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ

**คำสำคัญ**: กากส้มเขียวหวาน การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ความสามารถในการลดการดูดซึมกลูโคส ใยอาหาร

## คำนำ

ส้มเขียวหวานมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulate* Blanco ในระดับอุตสาหกรรมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ หลายชนิด อาทิ น้ำส้มเข้มข้น เป็นต้นโดยเมื่อผ่านกระบวนการคั้นน้ำแล้วพบว่ามีปริมาณของกากเหลือทิ้งจากกระบวนการสูงถึงร้อยละ 50 ของน้ำหนักทั้งผล (Jongaroontaprangsee *et al*., 2007) โดยกากส้มที่เหลือเหล่านี้จะถูกนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ แต่จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าในกากส้มเขียวหวานสดยังมีปริมาณใยอาหารซึ่งถือว่าเป็นสารส่งเสริมสุขภาพที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบันเหลืออยู่ปริมาณสูง การนำกากส้มเขียวหวานมาผลิตเป็นใยอาหารผงถือว่าเป็นการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าอย่างสูงให้แก่วัสดุเหลือทิ้ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการศึกษาอิทธิพลของการอบแห้งที่มีต่อสมบัติเชิงหน้าที่ด้านต่างๆ ของใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตใยอาหารผงคุณภาพสูงที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านการส่งเสริมสุขภาพ

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำส้มเขียวหวานที่ได้จากการซื้อที่ตลาดสี่มุมเมือง (ปทุมธานี, ประเทศไทย) มาล้าง คั้นน้ำ แยกเปลือกและเมล็ดออก นำเฉพาะกากเนื้อส้ม ตัดให้มีขนาด 1×1×0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปบำบัดเบื้องต้นเพื่อกำจัดน้ำตาล สารให้สีและไขมันโดยใช้วิธีการล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วจึงนำไปลวกในน้ำร้อน 95 องศาเซลเซียส (ขั้นตอนละ 5 นาที) และแช่ใน

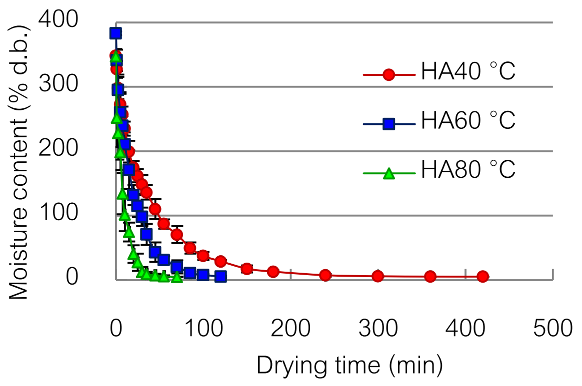
[1] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

สารละลายเอทานอล ร้อยละ 95 (30 นาที) (กุหลาบ และคณะ, 2555; Wuttipalakorn และคณะ, 2009) ชั่งน้ำหนักกากส้ม 200 กรัม นำมาอบแห้งด้วยลมร้อน (HA) (รุ่น RF115, ยี่ห้อ BINDER, ประเทศเยอรมัน) และไมโครเวฟ (MW, 800 W) ที่อุณหภูมิ 40 60 และ 80 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ความชื้นที่เวลาต่างๆ เพื่อหาจลนพลศาสตร์การอบแห้งกระทั่งได้ความชื้นสุดท้าย 5 % (d.b.) จากนั้นบดและร่อนให้ได้ขนาด 150-440 ไมโครเมตร นำไปวัดค่าสี และปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2000) ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการลดการดูดซึมกลูโคส (GDRI) (ดัดแปลงจากวิธีของ Chau และคณะ, 2003) โดยนำใยอาหารผง 0.5 กรัม และสารละลายกลูโคส (50 mM) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร บรรจุในเมมเบรนไดอะไลซิส (12,000-14,000 MWCO., Membrane Filtration Products, USA) แช่ในน้ำ 80 มิลลิลตร ที่ 37 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างหลังการไดอะไลซิสที่เวลา 30 90 และ 150 นาที วิเคราะห์ปริมาณกลูโคสด้วยเครื่อง HPLC with RID คอลัมน์ Rezex RCM-Monosaccharide Ca+2 (8%) (300×7.80 mm) อุณหภูมิคอลัมน์ 60 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ (น้ำ) 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรการฉีดตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการใส่ใยอาหารผง (control) สำหรับการวิเคราะห์การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (ดัดแปลงจากวิธีของ Chau และคณะ, 2003) โดยนำใยอาหารผง 0.5 กรัม และเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส 2 มิลลิกรัม ผสมกับสารละลายสตาร์ชมันฝรั่ง (4 %, w/ v) ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 6.5, 0.05 M) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0.1 M) ปริมาตร 40 มิลลิลิตรเพื่อหยุดปฏิกิริยา วิเคราะห์ปริมาณมอลโทสด้วยเครื่อง HPLC with RID คอลัมน์ Platisil NH2 (5μ, 250×4.60 mm) อุณหภูมิคอลัมน์ 40 องศาเซลเซียส มีเฟสเคลื่อนที่เป็นอะซิโตไนไตรล์และน้ำ (อัตราส่วน 55: 45) อัตราการไหลเท่ากับ 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรการฉีดเท่ากับ 20 ไมโครลิตร เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการใส่ใยอาหารผง(control) ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS statistics, versions 22)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาจลนพลศาสตร์การอบแห้งใน Figure 1 โดยมีความชื้นเริ่มต้นของกากส้มเขียวหวานประมาณ 330-380 % (d.b.) อบแห้งจนกระทั่งมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 5 % (d.b.) พบว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 60 และ องศาเซลเซียส (Figure 1a) ใช้เวลา 420 120 และ 60 นาที ตามลำดับ ส่วนการอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 40 60 และ 80 องศาเซลเซียส (Figure 1b) ใช้เวลา 120 60 และ 40 นาที ตามลำดับ เนื่องจากไมโครเวฟเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีที่มีคลื่นความถี่ต่ำจึงสามารถส่งผ่านและกระจายความร้อนได้อย่างรวดเร็ว จึงเพิ่มอัตราการอบแห้งได้เมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนที่เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการพาแบบบังคับและการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งให้สูงขึ้นจะใช้เวลาในการอบแห้งลดลงเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนและการระเหยของน้ำเกิดได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ



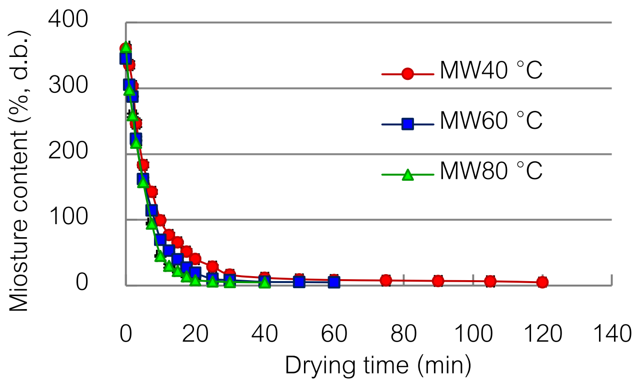




**Figure 1** Drying kinetics of orange pulp during (a) hot air drying and (b) microwave drying at temperatures 40, 60 and 80°C

จาก Table 1 พบว่าปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ และใยอาหารทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วง 29.48-34.53 7.80-8.48 และ 37.86-42.76 % (d.b.) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Garau และคณะ (2007) ที่รายงานเกี่ยวกับปริมาณใยอาหารทั้งหมดของกากส้มมีค่า 25-60 % (d.b.) เมื่อพิจารณาความสามารถในการลดการดูดซึมกลูโคส (GDRI) พบว่าการใส่ใยอาหารผงสามารถต้านทานการดูดซึมกลูโคสได้เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ใส่ใยอาหารผง เนื่องจากใยอาหารผงมีลักษณะโครงสร้างที่เป็นรูพรุนจึงสามารถขัดขวางและดักจับโมเลกุลกลูโคสเอาไว้ภายในโครงสร้างได้ ทำให้การดูดซึมกลูโคสเกิดได้ช้าลง(Chau และคณะ, 2003) โดยเวลาในการไดอะไลซิสที่ 30 นาที ให้ค่า GDRI มากที่สุด และมีค่าลดลงเมื่อใช้เวลาไดอะไลซิสนานขึ้น สำหรับค่าการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส พบว่าใยอาหารผงสามารถยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสได้เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ใส่ใยอาหารผง ทั้งนี้เนื่องจากใยอาหารผงจะดูดซับสตาร์ชและเอนไซม์เข้าไปอยู่ในโครงสร้างที่เป็นรูพรุน ทำให้การเกิดปฏิกิริยาการย่อยสตาร์ชโดยการเร่งด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสเป็นไปได้ช้าลง จึงสามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและภาวะอ้วนได้ (Chau และคณะ, 2003) และยังพบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ค่า GDRI และการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสสูงกว่าที่อุณหภูมิอบแห้งอื่นๆ เนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น หรืออุณหภูมิต่ำเวลานานอาจทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างของใยอาหารผง โดยอาจทำให้เกิดการยุบตัวของรูพรุน หรือสูญเสียสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารผงในระหว่างการอบแห้งได้ (Jongaroontaprangsee และคณะ, 2007)

**Table 1** Influence of drying on functional properties of dietary fiber from orange pulp

| Condition | Dietary fiber (%, dry basis)$^{ns}$ | | | GDRI (%) | | | $\alpha$-amylase inhibitory activity |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Insoluble | Soluble | Total | 30 min | 90 min | 150 min | |
| Control | - | - | - | 0.00±0.00$^{c}$ | 0.00±0.00$^{d}$ | 0.00±0.00$^{b}$ | 0.00 ± 0.00$^{e}$ |
| HA 40ºC | 29.48±0.00 | 8.37±0.53 | 37.86±0.52 | 15.14±0.47$^{b}$ | 9.55±1.42$^{c}$ | 5.69±3.33$^{b}$ | 10.68 ± 0.07$^{cd}$ |
| HA60ºC | 34.53±0.18 | 8.23±0.08 | 42.76±0.11 | 23.30±1.13$^{a}$ | 22.40±0.10$^{a}$ | 16.11±0.70$^{a}$ | 13.55 ± 0.51$^{ab}$ |
| HA 80ºC | 31.13±2.30 | 8.23±2.00 | 39.36±4.28 | 18.87±1.03$^{ab}$ | 15.40±0.31$^{b}$ | 13.98±0.26$^{a}$ | 9.76 ± 0.02$^{d}$ |
| MW 40ºC | 31.33±1.44 | 8.15±1.51 | 39.94±2.95 | 20.97±2.23$^{ab}$ | 15.19±2.23$^{b}$ | 12.66±0.13$^{a}$ | 11.76 ± 1.08$^{bc}$ |
| MW 60ºC | 33.37±1.23 | 8.48±0.44 | 41.84±1.67 | 23.11±0.29$^{a}$ | 21.88±2.06$^{a}$ | 17.15±0.81$^{a}$ | 13.79 ± 0.31$^{a}$ |
| MW80ºC | 32.25±0.72 | 7.80±0.58 | 40.05±0.15 | 18.24±3.39$^{ab}$ | 16.48±0.55$^{b}$ | 12.66±1.73$^{a}$ | 12.53 ± 0.13$^{abc}$ |

Data are means ± SD. GDRI (%) = 100-[((glucose content in dialysate with fiber addition)/ (glucose content in dialysate of control test)) x 100]. $\alpha$-amylase inhibitory activity (%) = [(maltose content from control test – maltose content from fiber addition test)/ maltose content from control test] x 100. Values in the same column with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$). ns was not significantly different ($P > 0.05$).

**Table 2** Influence of drying on color values of dietary fiber from orange pulp

| Condition | Color values | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *L** | *a** | *b** | *ΔE** |
| Fresh orange | 77.56 ± 0.97$^{a}$ | 9.72 ± 0.15$^{d}$ | 39.28 ± 0.54$^{b}$ | - |
| pulp | 70.49 ± 0.73$^{d}$ | 13.20 ± 0.51$^{a}$ | 43.36± 1.54$^{a}$ | 9.00 ± 1.37$^{a}$ |
| HA 40ºC | 72.37 ± 0.51$^{c}$ | 12.14 ± 0.21$^{b}$ | 44.07 ± 0.65$^{a}$ | 7.49 ± 1.41$^{ab}$ |
| HA60ºC | 74.22 ± 0.71$^{b}$ | 11.32 ± 0.66$^{c}$ | 41.61 ± 1.65$^{ab}$ | 4.66 ± 0.82$^{c}$ |
| HA 80ºC | 72.04 ± 0.67$^{c}$ | 11.39 ± 0.14$^{c}$ | 42.71 ± 0.84$^{a}$ | 6.74 ± 0.73$^{b}$ |
| MW 40ºC | 72.72 ± 0.84$^{c}$ | 11.27 ± 0.37$^{c}$ | 42.54 ± 2.36$^{a}$ | 6.27 ± 1.07$^{bc}$ |
| MW 60ºC | 72.96 ± 0.67$^{bc}$ | 11.90 ± 0.23$^{bc}$ | 43.07 ± 1.52$^{a}$ | 6.44 ± 0.71$^{b}$ |
| MW80ºC | | | | |

Data are means ± SD. Values in the same column with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

จาก Table 2 พบว่า ใยอาหารผงที่อบแห้งที่สภาวะต่างๆ มีค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น แต่มีค่าความสว่างลดลงเมื่อเทียบกับกากส้มเขียวหวานสดที่อบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ ได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งจะเกิดกับผักและผลไม้ที่อบแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูง หรืออุณหภูมิต่ำเวลานาน (Garau และคณะ, 2007) อีกทั้งการอบแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำเวลานานทำให้ได้ค่าความสว่างน้อยแต่มีค่าสีแดง สีเหลือง และ $\Delta E^*$ สูงกว่าการใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น ดังเห็นได้ชัดในกรณีอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

## สรุปผล

การอบแห้งด้วยไมโครเวฟให้อัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน และอัตราการอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งให้สูงขึ้น นอกจากนี้ เทคนิคและอุณหภูมิการอบแห้งไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณใยอาหารที่วิเคราะห์ได้ และการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แสดงค่าความสามารถในการลดการดูดซึมกลูโคสและการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอบแห้งอื่นๆ ทั้งกรณีการอบแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ นอกจากนี้การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำส่งผลต่อการลดค่าความสว่าง การเพิ่มค่าสีแดง สีเหลืองและการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมมากกว่าที่สภาวะอื่นๆ

## คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในการวิจัยนี้ผ่านทุนอุดหนุนวิจัย มก. ประจำปีงบประมาณ 2558

## เอกสารอ้างอิง

กุหลาบ สิทธิสวนจิก พีรยา โชติถนอม และขัตติยา ชิณวงษ์, 2555, ผลของวิธีการเตรียมต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารผลจากกากส้มเขียวหวาน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(2)(พิเศษ): 233-236.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC Internatonal, 17th ed., AOAC International, Gaithersburg, Maryland.

Chau, C.F., Huang, Y.L. and Lee, M.H., 2003, *In vitro* Hypoglycemic Effects of Different Insoluble Fiber-rich Fractions Prepared from the Peel of the Peel of *Citrus Sinensis* L. cv. Liucheng, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(22): 6623-6626.

Garau, M.C., Simal, S., Rosselló, C. and Femenia, A., 2007, Effect of Air-drying Temperature on Physic-chemical Properties of Dietary Fibre and Antioxidant Capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) By-products, Food Chemistry, 104(3): 1014-1024.

Jongaroontaprangsee, S., Tritrong, W. and Chokanaporn, W., 2007, Effects of Drying Temperature and Particle Size on Hydration Properties of Dietary Fiber Powder from Lime and Cabbage By-products, International Journal of Food Properties, 10: 887-897.

Wuttipalakorn, P., Srichumpuang, W. and Chiewchan, N., 2009, Effects of Pretreatment and Drying on Composition and Bitterness of High-dietary-fiber Powder from Lime Residues, Drying Technology: An International Journal, 27: 133-142.

# ศึกษาสภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

# Study on Status of Rice Production of Farmers in Sena District, Ayuthaya Province

**ริสา รัตนชัย[1] และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ[2]**

Rattanachai, R.[1], and Srisuwan, S.[2]

## Abstract

The objectives of this study were to 1) study individual factor, economic social factors and information exposure of farmers and 2) study on status of rice production of the farmers. The sample consisted of a total of 348 rice farmers who were member of farmers between 2013/2014 in Sena district, Ayuthaya Province. The interview questionnaire was used to conduct gathering date. Results showed that the majority of farmers were female with an average age 45.9 years old, obtained the high school level, experience the farming was 11.3 years. The average production area was 26.4 rai. Average yield was 836.5 kg/rai. The average income was 5,660.40 Baht/rai. The average cost from cultivating was 4,056.60 Baht/rai. In addition, the major rice cultivar was RD41. The average seed rate was 23.8 kg/rai. Rice stubble and rice straw were burn up after harvesting. The farmers were broadcasting by machinery. Weed control was by plough up and herbicides application. All farmers used a rice combine harvester. Rice was sold immediately after harvesting to Rice Mills.

**Keywords:** rice production, farmer, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคม 2) สภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าว อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 384 คน ใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า 1) เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 45.9 ปี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประสบการณ์การปลูกข้าวเฉลี่ย 11.3 ปี พื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 26.4 ไร่ ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 836.5 กิโลกรัม/ไร่ รายได้จากการปลูกข้าวต่อไร่ เฉลี่ย 5,660.40 บาท/ไร่ รายจ่ายจากการปลูกข้าวต่อไร่เฉลี่ย 4,056.60 บาท/ไร่ 2) สภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร มีการใช้พันธุ์ข้าว กข41 ใช้อัตราเมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 23.8 กิโลกรัม/ไร่ เกษตรกรเผาตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยว และใช้วิธีการปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมด้วยการใช้เครื่องพ่นเมล็ดเป็นเครื่องทุ่นแรง วิธีการป้องกันกำจัดข้าววัชพืชโดยวิธีการล่อให้งอกและไถกลบก่อนปลูกข้าว ใช้เครื่องเก็บเกี่ยว เกษตรกรเก็บเกี่ยวข้าวขายให้กับให้โรงสีทันที

**คำสำคัญ**: การปลูกข้าว เกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

## คำนำ

ข้าวเป็นสินค้าเกษตรส่งออกของประเทศไทยที่ทำรายได้เป็นอันดับต้นๆ และที่สำคัญข้าวยังเป็นพืชที่ช่วยสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารให้กับประเทศ จากการพยากรณ์การผลิตพืชเศรษฐกิจปีเพาะปลูก 2557/58 มีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวนาปี 61,739,500 ไร่ ผลผลิต 27,106,445 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 439 กิโลกรัม/ไร่ และเนื้อที่เพาะปลูกข้าวนาปรัง 12,566,600 ไร่ ผลผลิต 8,411,200 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 669 กิโลกรัม/ไร่ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556) ในช่วงเวลาที่ผ่านมารัฐบาลมีโครงการประกันรายได้เกษตรกร ซึ่งเชื่อว่าจะสามารถสร้างรายได้หรือให้ผลตอบแทนในการทำนาสูงมากขึ้น ซึ่งจากสาเหตุนี้ทำให้เกษตรกรหันมาทำนามากขึ้นจึงมีความต้องการใช้น้ำในการปลูกข้าวมากยิ่งขึ้น ส่งผลกระทบทำให้เกิดสถานการณ์ขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรง ยิ่งไปกว่านั้นการที่เกษตรกรทำการเพาะปลูกโดยไม่ได้มีการพักดินทำการปลูกพืชอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงจนในที่สุดพืชไม่สามารถให้ผลผลิตสูง ซึ่งเกิดจากธาตุอาหารในดินนั้น

[1] กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Plant Standard and Certification Division, Department of Agriculture, Jatujak District, Thailand. 10900

[2] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agricultural, Kasetsart University, Jatujak District, Thailand. 10900

สูญเสียไปกับการเก็บเกี่ยวเนื่องจากผลผลิตที่ถูกนำออกไปจากพื้นที่ย่อมเป็นการนำธาตุอาหารออกจากพื้นที่ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้การปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องนั้นยังทำให้เกิดการระบาดของข้าววัชพืช โรคและแมลงศัตรูพืช เกิดความเสียหายกับผลผลิตข้าวของประเทศไทยเป็นปริมาณมาก

จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีพื้นที่การทำนาทั้งในเขตนาน้ำฝนและเขตชลประทาน มีพื้นที่ปลูกข้าวรวม 979,957 ไร่ (ฤดูเพาะปลูก 2556/2557) มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี 921,440 ไร่ ผลผลิตรวม 615,522 ตัน ข้าวนาปรัง 817,617 ไร่ ผลผลิตรวม 567,302 ตัน สำนักเศรษฐกิจการเกษตร (2556) ซึ่งผลผลิตข้าวที่ได้ไม่สูงเท่าที่ควร เนื่องจากเกษตรกรประสบปัญหาการระบาดของแมลง ข้าววัชพืช และวัชพืช และมีการใช้ปัจจัยการผลิตไม่ถูกต้อง เช่น อัตราเมล็ดพันธุ์ ปุ๋ยเคมี สารเคมีป้องกันกำจัดโรค แมลงและวัชพืช ค่อนข้างสูงโดยไม่คำนึงถึงต้นทุนการผลิต ทำให้เกษตรกรได้ผลผลิตข้าวอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่า

อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีพื้นที่ปลูกข้าวมากที่สุดในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีสภาพพื้นที่เป็นที่ราบเหมาะแก่การทำเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำการเกษตรปลูกข้าว 2557 ถึงแม้ผลผลิตข้าวที่ได้จะอยู่ในเกณฑ์สูงแต่เกษตรกรได้กำไรไม่คุ้มกับการลงทุน เนื่องจากอำเภอเสนามีต้นทุนจากการผลิตสูงที่สุดของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เกษตรกรยังประสบปัญหาดินเสื่อมโทรม พื้นที่นาเป็นทุ่งน้ำลึก เป็นพื้นที่ทิ้งน้ำในฤดูแล้ง และเกษตรกรไม่นิยมขุดบ่อน้ำไว้ใช้เอง จึงไม่มีแหล่งน้ำเป็นของตนเอง ต้องพึ่งพาแหล่งน้ำธรรมชาติคลองชลประทาน ซึ่งมีข้อจำกัดด้านการใช้น้ำชลประทาน พบปัญหาแมลงศัตรูพืชการระบาดมีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่อง ไม่เหมาะสมกับระยะการเจริญเติบโตของข้าว ไม่ตรงกับคำแนะนำของทางราชการ มีการเผาฟางข้าวก่อนการเตรียมดินปลูกข้าว ทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ ส่งผลให้เกษตรมีหนี้สินรายได้ไม่พอใช้จ่ายในครัวเรือน ผู้วิจัยจึงเห็นสมควรที่จะทำการศึกษาสภาพการปลูกข้าวในเขตพื้นที่ อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อรวบรวมและจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่จะทำให้เกษตรกรพัฒนาการผลิตข้าวได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และทรัพยากรธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกร และปัจจัยต่างๆนี้สามารถใช้เป็นคำแนะนำแก่เกษตรกรนำไปใช้พัฒนาการผลิตข้าวของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวปี 2556/57 จำนวน 16 ตำบล ในอำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 3,609 ราย สำนักงานเกษตรอำเภอเสนา (2557) คำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรของ Krejcie และ Morgan ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 348 คน วิธีการสุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายโดยวิธีการจับฉลาก (Simple Random Sampling) จากรายชื่อเกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวปี 2556/57 ของแต่ละตำบลตามขนาดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บและรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสัมภาษณ์ (Interviewing Schedule) ประกอบด้วย คำถามแบบปลายเปิด และคำถามปลายปิด โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคลของเกษตรกร ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการเปิดรับข้อมูลข่าวสารของเกษตรกร ตอนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร และตอนที่ 5 ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของเกษตรกร ทดสอบเครื่องมือโดยหาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยสัมภาษณ์เกษตรกรจำนวน 348 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ประกอบด้วยค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation : S.D.) และค่าสูงสุด (maximum) และค่าต่ำสุด (minimum)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า เกษตรกรเป็นเพศหญิง (ร้อยละ 51.4) มีอายุเฉลี่ย 45.9 ปี จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ร้อยละ 31.6) มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 11.3 ปี จากผลการวิจัยจะเห็นว่าเกษตรกร มีอายุเฉลี่ยค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะคนรุ่นใหม่ในปัจจุบันกำลังอยู่ในวัยเรียน และมีระดับการศึกษาที่สูงขึ้น สามารถประกอบอาชีพอื่นๆได้มากขึ้น จึงมีผู้ปลูกข้าวรุ่นใหม่เข้ามาประกอบอาชีพเกษตรกรรมจำนวนน้อยแรงงานรุ่นใหม่เข้าสู่ภาคเกษตรน้อยลง ส่งผลให้อายุเฉลี่ยของแรงงานภาคเกษตรสูงขึ้น

ปัจจัยด้านทางเศรษฐกิจและสังคม มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 4 คน (ร้อยละ 38.2) มีแรงงานในครัวเรือน 1 คน (ร้อยละ 46.8) แรงงานในครัวเรือนและแรงงานจ้าง (ร้อยละ 69.2) มีพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 26.4 ไร่ มีการถือครองที่ดินโดยการเช่าที่ดินทั้งหมด (ร้อยละ 58.8) มีผลผลิตข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 836.5 กิโลกรัม/ไร่ มีรายได้จากการปลูกข้าวต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 5,660.40 บาท/ไร่ มีรายจ่ายจากการปลูกข้าวต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 4,056.60 บาท/ไร่

การเปิดรับข้อมูลข่าวสาร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อบุคคล ได้แก่ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมากที่สุด (ร้อยละ 43) อาจเนื่องจากเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิด มีการทำกิจกรรมร่วมกัน และมีการประชุมร่วมกันสม่ำเสมอ ทำให้เกษตรกรได้รับข้อมูลข่าวสารทางการเกษตรจากเจ้าหน้าที่ส่ง เสริมการเกษตรโดยตรง การเปิดรับข่าวสารจากสื่อมวลชน ได้แก่ โทรทัศน์มากที่สุด (ร้อยละ 46) อาจเนื่องจากเกษตรกรทุกครอบครัวมีโทรทัศน์อยู่ที่บ้าน สามารถเปิดรับข้อมูลข่าวสารทางการเกษตรได้ในช่วงเวลาว่างจากการทำนา ด้านการเปิดรับข้อมูลข่าวสารจากสื่อกิจกรรมการเปิดรับข่าวสารจากสื่อกิจกรรม ได้แก่ การศึกษาดูงาน (ร้อยละ 46.4) อาจเนื่องจาก การ ศึกษาดูงานทำให้เกษตรกรสามารถเห็นการปฏิบัติจริง เกษตรกรสามารถนำความรู้จากการศึกษาดูงานมาประยุกต์ใช้ในการปลูกข้าวของตนเองได้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น

สภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวพันธุ์ กข41 (ร้อยละ 38.9) อาจเนื่องจากเป็นข้าวพันธุ์ กข41 เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะเด่นของพันธุ์ข้าว คือ ให้ผลผลิตสูง มีเสถียรภาพดี ให้ผลผลิตเฉลี่ย 894 กิโลกรัม/ไร่ ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคไหม้ คุณภาพเมล็ดทางกายภาพดี เป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาว เรียว ท้องไข่น้อย คุณภาพการสีดี สามารถสีเป็นข้าวสาร 100 เปอร์เซ็นต์ได้ เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวปริมาณ 25 กิโลกรัม/ไร่ (ร้อยละ 73.8) ซึ่งสูงกว่าอัตราที่ทางราชการแนะนำ (15-20 กิโลกรัม) ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น อาจเนื่องจากเกษตรกรต้องการลดความเสี่ยงในการสูญเสียจำนวนต้นต่อพื้นที่ ปัญหาการถูกรบกวนจากสัตว์ศัตรูพืช ปัญหาการระบายน้ำออกจากนาไม่สมบูรณ์ จากการแข่งขันกับวัชพืช เกษตรกรส่วนใหญ่มีการจัดการตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยว โดยการเผาตอซังและฟางข้าว (ร้อยละ 87.9) เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็วในการเตรียมแปลงไม่ต้องใช้เวลานาน แต่ทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อข้าวจำนวนมาก เพราะฟางข้าว 1 ตัน จะมีธาตุอาหารไนโตรเจนประมาณ 5.4 กิโลกรัม ธาตุฟอสฟอรัสประมาณ 1.1 กิโลกรัม และธาตุโพแทสเซียมประมาณ 14.5 กิโลกรัม เกษตรกรอาจต้องเสียต้นทุนในการซื้อปุ๋ยเพิ่มขึ้น ข้อจำกัดที่เกษตรกรไม่สามารถหมักตอซังและฟางข้าวได้ เนื่องจากการใช้น้ำชลประทานที่ปล่อยน้ำมาให้เกษตรกรทำนาตามช่วงเวลาที่กำหนดทำให้ไม่สามารถหมักตอซังและฟางข้าวได้ตามคำแนะนำของทางราชการการได้ กรมการข้าว (2557) เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมและใช้เครื่องพ่นเมล็ดเป็นเครื่องทุ่นแรงในการหว่าน (ร้อยละ98.5) อาจเนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายไม่ยุ่งยากใช้เวลาน้อย เสียค่าแรงในการปลูกข้าวต่ำกว่าวิธีอื่นๆ เกษตรกรมีการปลูกข้าวปีละ 2 ครั้ง (ร้อยละ 99.4) ในช่วงฤดูนาปีเดือนพฤศจิกายน–พฤษภาคม และฤดูนาปรังเดือนมิถุนายน–ตุลาคม เกษตรกรมีวิธีการใส่ปุ๋ยตามความต้องการและประสบการณ์ของตนเอง (ร้อยละ 89.7) เกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทหลังเมล็ดวัชพืชงอก 1-7 วัน และใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทหลังเมล็ดวัชพืชงอกฉีดพ้นคุมฆ่าหลังหว่านข้าวอายุ 3-15 วัน (ร้อยละ 60.6) เกษตรกรป้องกันกำจัดข้าววัชพืช โดยวิธีการล่อให้งอกและไถกลบก่อนปลูกข้าว (ร้อยละ 73.1) เกษตรกรพบปัญหาการระบาดของโรคเมล็ดด่าง (ร้อยละ 33.4) เกษตรกรพบปัญหาการระบาดของแมลงศัตรูข้าว ได้แก่ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ซึ่งเท่ากับหนอนกอข้าว (ร้อยละ 30.7) เกษตรกรพบปัญหาการระบาดของสัตว์ศัตรูข้าว หนู (ร้อยละ 87.4) ปัญหาการระบาดของข้าววัชพืชอาจเนื่องมาจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีการจัดการข้าววัชพืชแบบผสมผสาน ไม่รู้จักการใช้สารเคมีหมักขณะทำเทือกเพื่อกำจัดข้าววัชพืช และปัจจุบันมีแนวโน้มการระบาดของข้าววัชพืชเพิ่มมากขึ้น อาจเนื่องมาจากการใช้เมล็ดพันธุ์ไม่บริสุทธิ์รวมทั้งมีเมล็ดข้าววัชพืชติดไปกับเครื่องจักรกลการเกษตรไปตกค้างในนาข้าว เกษตรกรทั้งหมดมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวในแปลงนาโดยวิธีใช้เครื่องเกี่ยวนวด กรมการข้าว (2556) ได้กล่าวถึงการใช้เมล็ดพันธุ์พืชที่เหมาะสม โดยการใช้เมล็ดพันธุ์ที่ต้านทานโรคและแมลง ปราศจากเมล็ดวัชพืชปะปน มีการเตรียมดินและการกำจัดวัชพืชอย่างถูกต้อง ปรับปรุงบำรุงดินให้มีคุณภาพดีขึ้น รักษาระดับน้ำในนาให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม มีการป้องกันกำจัดศัตรูข้าวนอกเหนือจากการใช้สารเคมีเพียงอย่างเดียว จะทำให้ได้ต้นข้าวที่แข็งแรง เกษตรกรมีการขายผลผลิตข้าวทันทีหลังเก็บเกี่ยว (ร้อยละ 96.1) เกษตรกรทั้งหมดมีการขายผลผลิตข้าวเป็นข้าวเปลือกให้โรงสี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุทัตตา (2555) พบว่า เกษตรกรเผาตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยว ไม่มีการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและปรับโครงสร้างของดินก่อนปลูกข้าว ใช้อัตราเมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 27.55 กิโลกรัม/ไร่ ระดับน้ำในแปลงเฉลี่ย 9.61 ซม. ควบคุมวัชพืชโดยปล่อยให้ข้าววัชพืชโดยใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ไม่มีการกำจัดข้าววัชพืชโดยปล่อยให้ข้าววัชพืชสุกแก่ใน

แปลง ป้องกันกำจัดโรค แมลง และสัตว์ศัตรูข้าวโดยใช้สารเคมีฉีดพ่น เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าว จำหน่ายผลผลิตข้าวทันทีหลังการเก็บเกี่ยวนำไปขายที่โรงสีข้าว

## สรุปผล

ปัจจัยส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 45.9 ปี จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ร้อยละ 31.6) มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 11.3 ปี

ปัจจัยด้านทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 4 คน มีแรงงานในครัวเรือน 1 คน แรงงานในครัวเรือนและแรงงานจ้าง (ร้อยละ 69.2) มีพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 26.4 ไร่ มีการถือครองที่ดินโดยการเช่าที่ดินทั้งหมด (ร้อยละ 58.8) มีผลผลิตข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 836.5 กิโลกรัม/ไร่ มีรายได้จากการปลูกข้าวต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 5,660.40 บาท/ไร่ มีรายจ่ายจากการปลูกข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 4,056.60 บาท/ไร่

การเปิดรับข้อมูลข่าวสารของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อบุคคล ได้แก่ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมากที่สุด (ร้อยละ 43) การเปิดรับข่าวสารจากสื่อมวลชน ได้แก่ โทรทัศน์มากที่สุด (ร้อยละ 46) การเปิดรับข่าวสารจากสื่อกิจกรรม ได้แก่ การศึกษาดูงานมากที่สุด (ร้อยละ 46.4)

สภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวพันธุ์ กข41 (ร้อยละ 38.9) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 894 กิโลกรัม/ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่มีการจัดการตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยว โดยการเผาตอซังและฟางข้าว (ร้อยละ 87.9) เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมและใช้เครื่องพ่นเมล็ดเป็นเครื่องทุ่นแรงในการหว่าน (ร้อยละ 98.5) เกษตรกรมีการปลูกข้าวปีละ 2 ครั้ง (ร้อยละ 99.4) เกษตรกรมีวิธีการใส่ปุ๋ยตามความต้องการและประสบการณ์ของตนเอง (ร้อยละ 89.7) เกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทหลังเมล็ดวัชพืชงอก 1-7 วัน และใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทหลังเมล็ดวัชพืชงอกฉีดพ่นคุมฆ่าหลังหว่านข้าวอายุ 3-15 วัน (ร้อยละ 60.6) เกษตรกรป้องกันกำจัดข้าววัชพืช โดยวิธีการล่อให้งอกและไถกลบก่อนปลูกข้าว (ร้อยละ 73.1) เกษตรกรพบปัญหาการระบาดของโรคเมล็ดด่าง (ร้อยละ 33.4) เกษตรกรพบปัญหาการระบาดของแมลงศัตรูข้าว ได้แก่ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ซึ่งเท่ากับหนอนกอข้าว (ร้อยละ 30.7) เกษตรกรพบปัญหาการระบาดของสัตว์ศัตรูข้าว หนู (ร้อยละ 87.4) เกษตรกรทั้งหมดมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวในแปลงนาโดยวิธีใช้เครื่องเกี่ยวนวด เกษตรกรมีการขายผลผลิตข้าวทันทีหลังเก็บเกี่ยว (ร้อยละ 96.1) เกษตรกรทั้งหมดมีการขายผลผลิตข้าวเป็นข้าวเปลือกให้โรงสี การเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวของเกษตรกรโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าว จำหน่ายผลผลิตข้าวทันทีหลังการเก็บเกี่ยว นำไปขายที่โรงสีข้าว

## เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว, 2556, ข้าว เทคโนโลยีการปลูกและจัดการหลังการเก็บเกี่ยว, สำนักส่งเสริมการผลิตข้าว,กรุงเทพ, กรมการข้าว.

กรมการข้าว, 2557, องค์ความรู้เรื่องข้าว [สืบค้น], http:// www.brrd.in.th, [4/ August/ 14].

สุทัตตา ชุมพร, 2555, การศึกษาสภาพการปลูกข้าวของเกษตรกรตำบลจำปา อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเกษตรอำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, 2558, [สืบค้น], http://www.sena.ayutthaya.doae.go, [20 March/ 15].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556, ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2556 [สืบค้น], http://www.oae.go.th, [4/ August/ 14].

# การต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบจากผลมะเขือพวงและมะแว้งต้น

## Antibacterial Activity of Methanolic Crude Extract from Fruit of *Solanumtorvum* Sw. and *Solanumindicum* Linn.

**จาตุรงค์ จงจีน**[1] **และ วิไลย์ ดอกโศก**[1]

Jongjeen, J.[1] and Doksok, W.[1]

Abstract

The research studied the effect of crude extract on the inhibition of bacteria, *Bacillus cereus* ATCC 25923 and *Salmonella typhimerium.* ATCC 13311 Plate brush was harvested from fruits from *Solanumtorvum* Sw. and *Solanumindicum* Linn. Fresh and dried plate brush samples were extracted by methanol concentrations of 100% 75% 50% and 25%. The solvent in the extraction ratio was 1:10 (Herb:Sovent). The crude extracts were used to test for inhibitory effects of bacteria, *Bacillus cereus* ATCC 25923 and *Salmonella typhimerium*ATCC 13311 on nutrient agar by agar diffusion method. The most efficient of the crude extracts of fresh *Solanumtorvum Sw.* dried *Solanumindicum* Linn. was a methanol concentration of 75% which inhibited the growth of bacteria, *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 which had the clearest zone with diameter of 11.5 mm. The efficiency of extracts from fresh *Solanumtorvum* Sw. with a methanol concentration of 50%.and fresh *Solanumindicum* Linn.with a methanol concentration of 25% could inhibit the growth of bacteria*, Bacillus cereus* ATCC 25923 was the bestwith the clearest zone diameter of 11.5 mm. The two bacterias were tested for the MIC by Nutrient Broth (NB) which was incubated at 37$^{o}$C for 24 hours. Then observed by comparing the turbidity to the control. The soluents were found to inhibit the bacteria *Bacillus cereus* ATCC 25923 and *Salmonella typhimurium* ATCC 13311.The extracts showed a MIC value of 0.391 mg/ml

**Keywords:** antibacterial, methanolic, crude extract

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของสารสกัดหยาบต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ATCC 25923 และ *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 โดยใช้มะเขือพวงและมะแว้งต้นมาสกัดจากตัวอย่างสดและแห้ง โดยใช้เมทานอล ( 100% 75% 50% และ 25%) เป็นตัวทำละลายในอัตราส่วนสกัดที่เท่ากัน คือ 1:10 (พืชสมุนไพร:ตัวทำละลาย) จากนั้นนำสารสกัดหยาบมาทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *Bacillus cereus* ATCC 25923 และ *Salmonella typhimurium* ATCC 13311บนอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธีการ Agar diffusion ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากมะเขือพวงแห้งที่สกัดด้วยเมทานอล 75% สามารถยับยั้งการเจริญเติบของเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium*ATCC 13311 ได้ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสเท่ากับ 11.5 มิลลิเมตร และประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากมะเขือพวงสดที่สกัดด้วยเมทานอล 50% และมะแว้งต้นสดที่สกัดด้วยเมทานอล 25% สามารถยับยั้งการเจริญเติบของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ATCC 25923 ได้ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสเท่ากับ 11.5 มิลลิเมตร ได้นำมาทดสอบหาค่า MIC โดยจะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อคือ Nutrient Broth (NB) ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37$^{o}$C นาน 24 ชั่วโมง สังเกตผลโดยการเทียบความขุ่นกับชุดควบคุมพบว่า การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย*Bacillus cereus* ATCC 25923 และ *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 ของสารสกัดหยาบพบว่ามีค่า MIC เท่ากับ 0.391มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

**คำสำคัญ**: การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เมทานอล สารสกัดหยาบ

[1] **สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี**

[1] Division of Biology, Faculty of Science, UbonRatchathaniRajabhat University

## คำนำ

ผักพื้นบ้านมีคุณสมบัติหลายประการที่เหมาะทั้งการป้องกัน รักษาโรคความเสื่อมของร่างกายได้ ทั้งนี้เพราะคุณสมบัติอันโดดเด่นของผักพื้นบ้านซึ่งอุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นแหล่งของสารพฤกษเคมี (Phytonutrient) สารสมุนไพรรักษาโรค และเป็นแหล่งของเส้นใย (พรรณรัตน์ และคณะ, 2548)

มะเขือพวงเป็นพืชที่มีประโยชน์อย่างมาก เนื่องจากมีฤทธิ์ช่วยลดอนุมูลอิสระ ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน (เถลิงศักดิ์ และคณะ, 2555; Gousset และคณะ, 2005) มีเส้นใยที่ช่วยดูดซับไขมันส่วนเกินได้ดีเยี่ยม เรียกว่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจสำหรับนักวิจัยและคนไทยทั่วไป เนื่องจากมะเขือพวงเป็นพืชคู่ครัวคนไทยมาช้านาน ในส่วนมะแว้งต้นเป็นทั้งพืชผักที่ใช้เป็นอาหารและยา สมุนไพร ที่รู้จักกันมานานในด้านโภชนาการ เราใช้ผลสดรับประทาน ในผลของมะแว้งจะช่วยบำรุงธาตุทำให้เจริญอาหารสำหรับประโยชน์ทางยา มะแว้งใช้เป็นยาแก้ไอขับเสมหะได้

ดังนั้นในการศึกษานี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชสมุนไพรพื้นบ้านจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ มะเขือพวงและมะแว้งต้น เพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดนำสารสกัดหยาบที่ได้มาทดสอบหาฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียทดสอบ 2 ชนิดซึ่งได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus*ATCC 13311 และ *Salmonella typhimurium* ATCC 25923 เพื่อนำผลการศึกษาไปพัฒนาต่อยอดและใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานพัฒนาตัวยาที่สำคัญจากพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่ออกฤทธิ์ในการรักษาโรคต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

**ขั้นที่ 1 การเก็บตัวอย่างพืช**

ตัวอย่างพืชได้มาจาก 2 แหล่งคือตลาดสดหนองบัวอำเภอเมืองและตลาดสดเทศบาลอำเภอวารินจังหวัดอุบลราชธานี คัดเลือกตัวอย่างที่มีความสดและสมบูรณ์ไม่เป็นโรค

**ขั้นที่ 2 การเตรียมตัวอย่างพืช**

นำพืชตัวอย่างมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด จากนั้นผึ่งไว้ให้พอหมาด ทำการสกัด 2 แบบ คือ แบบสดและแบบแห้ง โดยใช้เมทานอล (Methanol) เป็นตัวทำละลายที่ระดับความเข้มข้น4 ระดับ คือ 100%, 75%, 50%, และ 25% ตามลำดับ เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4ºC เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

**ขั้นที่ 3 การเตรียมเชื้อแบคทีเรียทดสอบ**

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบนอาหาร NB เป็นเวลา 3-5 วันจากนั้นใช้ Micropipette ขนาด 1,000 ไมโครลิตรดูดเอาส่วนที่เป็นของเหลว ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้วจำนวน 5มิลลิลิตรเพื่อปรับความขุ่นของ Inoculums ให้ได้ค่า Optical Density (OD 540) หรือ % Transmittance (%T) เท่ากับ McFarland NO.5

**ขั้นที่ 4 การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งของสารสกัดสมุนไพรต่อเชื้อแบคทีเรียโดยวิธี Agar disc diffusion**

นำแผ่นสารสกัดสมุนไพรในแต่ละความเข้มข้นของวางบนจานอาหารที่ swab เชื้อแต่ละชนิดที่เตรียมไว้จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37ºC เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วบันทึกผลการยับยั้งโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณโซนใส (clear zone) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลาง (Abdel-Aziz และคณะ, 2011)

**ขั้นที่ 5 การหาค่า Minimum Inhibitory concentration (MIC) โดยวิธี Tube dilution method**

โดยนำหลอดทดลองซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 10 หลอดดูดอาหารเลี้ยงเชื้อ (NB) ใส่ลงในหลอดที่ 2-10 หลอดละ 1 มิลลิลิตรดูดสารสกัดที่ต้องการศึกษาลงในหลอดที่ 1 และ 2 หลอดละ 1 มิลลิลิตรดูดสารในหลอดที่ 2 จำนวน 1 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดที่ 3 และทำซ้ำทำนองเดียวกันนี้ไปจนถึงหลอดที่ 9 สำหรับหลอดที่ 9 เมื่อผสมสารสกัดและอาหารเลี้ยงเชื้อเข้ากันได้ดีแล้วดูดสารละลายทิ้งไป 1 มิลลิลิตรส่วนหลอดที่ 10 จะมีแต่อาหารเลี้ยงเชื้อเพียงอย่างเดียวไม่มีสารสกัดจึงใช้เป็น Positive control เติมเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการทดสอบลงไปในทุกหลอดหลอดละ 1 มิลลิลิตรแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 16 - 18 ชั่วโมง สังเกตและบันทึกผลการทดสอบ (Da Silva และคณะ, 2010)

**ขั้นที่ 6 การหาค่า Minimum Bactericidal concentration (MBC)**

จากค่า MIC สามารถนำมาหาค่า MBC ด้วยวิธี Agar dilution technique นำหลอดที่ไม่มีความขุ่นจากการทดสอบหาค่า MIC ไปเทและเกลี่ย (Spread plate) ลงบนอาหาร NA นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C สังเกตและบันทึกผลการทดสอบ

## ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากมะเขือพวงแห้งที่สกัดด้วยเมทานอล 75% สามารถยับยั้งการเจริญเติบของเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 ได้ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสเท่ากับ 11.5 มิลลิเมตรส่วนประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากมะเขือพวงสดที่สกัดด้วยเมทานอล 50% และมะแว้งต้นสดที่สกัดด้วยเมทานอล 25% สามารถยับยั้งการเจริญเติบของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ATCC 25923 ได้ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสเท่ากับ 11.5 มิลลิเมตรมะเขือพวงสดที่สกัดด้วยเมทานอล 50% และมะแว้งต้นสดที่สกัดด้วยเมทานอล 25% สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ATCC 25923 ได้ดีที่สุด จึงได้นำมาทดสอบหาค่า MIC พบว่า การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ATCC 25923 และ *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 ของสารสกัดหยาบที่ดีที่สุดจะมีความเข้มข้นอยู่ที่ 3.125 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร รองลงมาคือ 1.562 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร 0.781 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรและ 0.391 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ และเมื่อนำมาหาค่า MBC พบว่ามีการเจริญของเชื้อแบคทีเรียบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อทุกความเข้มข้น แต่มีปริมาณที่แตกต่าง แสดงว่าความเข้มข้นของสารสกัดหยาบที่นำมาทดสอบไม่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้

## วิจารณ์ผล

เมื่อนำเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด มาทำการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียกับสารสกัดหยาบพืชสมุนไพรพื้นบ้าน 2 ชนิด คือ มะเขือพวงและมะแว้งต้น โดยใช้ตัวอย่างทั้งสดและแห้ง มาทำการสกัดด้วยวิธีการแช่ยุ่ย ในตัวทำละลายเมทานอล (100% 75% 50% และ 25%) แล้วนำสารสกัดที่ได้มาทำการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธีการ Agar disc diffusion โดยใช้ paper disc พบว่า ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากมะเขือพวงแห้งที่สกัดด้วย เมทานอล 75% สามารถยับยั้งการเจริญเติบของเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 ได้ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสเท่ากับ 11.5 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศรัญญา และคณะ (2553) ที่ศึกษาการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคที่พบบ่อยในอาหาร โดยใช้มะเขือพวงที่เก็บเกี่ยวจากแหล่งเดียวกัน คือ แปลงเกษตรกรในเขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร ซึ่งพบว่า มะเขือพวงที่สกัดจากตัวอย่างสดและแห้ง สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่นำมาทดสอบได้ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ชนิด และจากการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากมะเขือพวงสดที่สกัดด้วยเมทานอล 50% และมะแว้งต้นสดที่สกัดด้วยเมทานอล 25% สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ATCC 25923 ได้ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสเท่ากับ 11.5 มิลลิเมตร

จากนั้นเมื่อนำสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรมาทดสอบหาค่าMIC พบว่า การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ATCC 25923 และ *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 จะมีความเข้มข้นอยู่ที่ 3.125 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร รองลงมาคือ 1.562 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร 0.781มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และ 0.391 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิราภรณ์ และเรือนแก้ว (2555) ศึกษาสมุนไพรพื้นบ้านไทยจำนวน 7 ชนิดนำมาสกัดสารโดยใช้น้ำเมทานอล และเอทานอลเป็นตัวทำละลาย ได้นำมาศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค 4 สายพันธุ์พบว่า สารสกัดฟักแม้วที่สกัดด้วยเมทานอลแสดงการยับยั้งเชื้อ *E. coli* และ *S. epidermidis* ได้ดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของฤทธิ์ยับยั้งที่ 20.46 มิลลิเมตร และ 35.23 มิลลิเมตร ตามลำดับจากนั้นนำมาหาค่าMBC พบว่ามีการเจริญของเชื้อแบคทีเรียบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อทุกความเข้มข้นแต่มีปริมาณที่แตกต่างกันแสดงว่าความเข้มข้นของสารสกัดหยาบที่นำมาทดสอบไม่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้

## สรุปผล

1. ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากมะเขือพวงแห้งที่สกัดด้วยเมทานอล 75% สามารถยับยั้งการเจริญเติบของเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 ได้ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสเท่ากับ 11.5 มิลลิเมตร

2. ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากมะเขือพวงสดที่สกัดด้วยเมทานอล 50% และมะแว้งต้นสดที่สกัดด้วยเมทานอล 25% สามารถยับยั้งการเจริญเติบของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ATCC 25923 ได้ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสเท่ากับ 11.5 มิลลิเมตร

3. เมื่อนำมาทดสอบหาค่า MIC พบว่า การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย*Bacillus cereus* ATCC 25923 และ *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 ของสารสกัดหยาบพบว่ามีค่า MIC เท่ากับ 0.390625 และเมื่อนำมาทดสอบหาค่า MBC พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดหยาบที่นำมาทดสอบไม่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้

## เอกสารอ้างอิง


จิราภรณ์ บุราคร และเรือนแก้ว ประพฤติ, 2555, ผลของสารสกัดสมุนไพรพื้นบ้านไทยจำนวน 7 ชนิดต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย, วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกปีที่ 10, ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน.

เถลิงศักดิ์ สมัครสมาน ปัทมา ชัยเลิศวณิชกุล มาลินี เหล่าไพบูลย์ พนิต แก่นทิพย์ ปวีณา ยิ้มอาจ และณัฐพร ชีวคำนวณ, 2555, คุณสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดพรอพอลิสโดยวิธี Agar well diffusion, วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 15(1): 21-28.

พรรณรัตน์ อกนิษฐาภิชาติ อารี วังมณีรัตน์ และนงนิตย์ ธีระวัฒนสุข, 2548, ฤทธิ์ต้าน Herpes Simplex Virus Type 1 ของพืชผักท้องถิ่นในภาคอีสาน, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี.

ศรัญญา พรศักดา มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย กิตติ ศรีสะอาด มัณฑนา นครเรียบ ประชุมพร เลาห์ประเสริฐ ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, 2553, ผลของสารสกัดจากมะเขือพวงในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* และ *Salmonella typhimurium*, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(3/1)(พิเศษ): 573-576.

Abdel-Aziz, H., Fawzy, N., Ismail, A.I. and El-Askary, H., 2011, Toxicological Studies on a Standardized Extract of *Solanum indicum* ssp. Distichum, Food and chemical toxicology, 49(4): 903-909.

Da Silva, R.F., de Almeida Barros, A.C., Pletsch, M., Argolo, A.C.C.M. and de Araujo, B.S., 2010, Study on the Scavenging and Anti-*Staphylococcus aureus* activities of the Extracts, Fractions and Subfractions of Two *Volvariella volvacea* Strains, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 26(10): 1761-1767.

Gousset, C., Collonnier, C., Mulya, K., Mariska, I., Rotino, G.L., Besse, P., Servaes, A. and Sihachakr, D., 2005, *Solanum torvum*, as a Useful Source of Resistance against Bacterial and Fungal Diseases for Improvement of Eggplant (*S. melongena* L.), Plant Science, 168(2): 319-327.

# ลักษณะทางสรีรวิทยาและกายวิภาคศาสตร์ของคะน้าจีนต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังการเก็บเกี่ยว
# Physiological and Anatomical Characters of Chinese Kale on Postharvest Weight Loss

พัฒน์ สุขมี[1] สมโภชน์ น้อยจินดา[1] และ กิตติ โพธิปัทมะ[1]
Sukmee, P.[1], Noichinda, S.[1] and Bodhipadma, K.[1]

## Abstract

Small and large sizes of harvested Chinese kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* Bailey) were investigated for physiological and anatomical characters such as initial water content, cuticle, epicuticular wax, leaf surface area and stomatal density. The results showed that large size Chinese kale had lower rate of water loss than the small one during storage at 25±2$^{\circ}$C and RH 56% but slightly higher when stored at low temperature (5±2$^{\circ}$C; RH 84.5%). Besides, it was found that young stem Chinese kale contained 4.65± 0.39 mg/cm$^2$ cuticle, 0.31±0.04 mg/cm$^2$ epicuticular wax and leaf surface area from top, middle and bottom 60.94±34.73 cm$^2$, 171.81±73.33 cm$^2$ and 195.03±69.28 cm$^2$, respectively.

**Keywords:** Chinese kale, cuticle, epicuticular wax, stoma

## บทคัดย่อ

ศึกษาสรีรวิทยาและกายวิภาคศาสตร์ของคะน้าจีน (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* Bailey) พันธุ์ก้านเล็กและพันธุ์ก้านใหญ่ จากปริมาณน้ำเริ่มต้น ผิวเคลือบคิวทิน ไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน พื้นที่ผิวของใบ และความหนาแน่นของปากใบ ผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส RH 56% คะน้าก้านใหญ่มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าคะน้าก้านเล็ก แต่ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส RH 84.5% กลับมีค่าสูงกว่าเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าคะน้าก้านเล็กมีปริมาณผิวเคลือบคิวทิน 4.65±0.39 มก/ซม$^2$ ไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน 0.31±0.04 มก/ซม$^2$ และพื้นที่ใบบริเวณส่วนปลาย กลาง และโคน เท่ากับ 60.94±34.73 ซม$^2$ 171.81±73.33 ซม$^2$ และ 195.03±69.28 ซม$^2$ ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: คะน้าจีน ผิวเคลือบคิวทิน ไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน ปากใบ

## คำนำ

คะน้าจีนเป็นพืชผักเศรษฐกิจที่นิยมบริโภคส่วนของใบ และลำต้นกันอย่างแพร่หลาย มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย และปลูกกันมากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทย ชื่อทางวิทยาศาสตร์ของคะน้าจีนคือ *Brassica alboglabra* ถูกจัดอยู่ในวงศ์ Brassicaceae ตามธรรมชาติคะน้ามีอายุประมาณ 2 ปี แต่นิยมปลูกเพียงแค่ปีเดียว โดยมีอายุจากการหว่านเมล็ดจนถึงการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน และสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี โดยช่วงเดือนตุลาคม ถึง เมษายน เป็นช่วงเวลาที่ปลูกได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึง มกราคม จะให้ผลผลิตดีที่สุด แต่ก็เป็นช่วงที่คะน้ามีราคาต่ำสุด (กองบรรณาธิการ ฐานเกษตรกรรม, 2534; วรรณา, 2547)

ในประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนามีอัตราการสูญเสียของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวประมาณ 5-25% และ 20-50% ตามลำดับ สำหรับประเทศไทยพบการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวมากถึง 30-84% ซึ่งปัจจัยภายในที่ส่งผลต่อการสูญเสียผลิตผลทางพืชสวนสดคือ การคายน้ำและการหายใจ โดยมีปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น องค์ประกอบของบรรยากาศ แสง โรคและแมลง เป็นตัวเร่ง (จริงแท้, 2541) ปัญหาดังกล่าวมาแล้วจำเป็นต้องศึกษาถึงลักษณะทางสรีรวิทยาและกายวิภาคศาสตร์ของคะน้าจีนเพื่อให้เกิดองค์ความรู้สำหรับใช้ในการพัฒนาและลดอัตราการสูญเสียผลผลิตต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาปริมาณน้ำภายในโครงสร้างคะน้าจีน (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* Bailey) พันธุ์ก้านเล็กและพันธุ์ก้านใหญ่ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ก้านและใบ ชั่งหาน้ำหนักเริ่มต้น (วันที่ 0) และอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

[1] สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800 ประเทศไทย
[1] Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand

เป็นระยะเวลา 5 วัน บันทึกน้ำหนักหลังการอบ ศึกษาปริมาณของผิวเคลือบคิวทิน (cuticle) ในชิ้นส่วนของคะน้า โดยนำคะน้าทั้ง 2 ชนิด แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ก้านและใบ ตัดแต่งให้มีขนาด 20 ตารางเซนติเมตร ชั่งหาน้ำหนักเริ่มต้น ใช้เอนไซม์ pectinase (2%) และ cellulase (0.2%) เป็นตัวทำให้ผิวเคลือบคิวทินหลุดออกจากผิวใบคะน้า บ่มเป็นระยะเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เมื่อบ่มเสร็จแล้ว นำมากรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ โดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร สำหรับการศึกษาปริมาณของไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน (epicuticular wax) นำคะน้าทั้ง 2 ชนิด แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ก้านและใบ ตัดแต่งก้านและใบให้มีขนาด 100 ตารางเซนติเมตร แล้วแช่ใน chloroform ความเข้มข้น 1 M 50 มิลลิลิตร 1 คืน จากนั้นนำของเหลวมาบรรจุในขวดก้นกลมที่ผ่านการวัดน้ำหนักของขวด แล้วทำให้ chloroform ระเหยด้วยวิธี evaporation ในการศึกษาพื้นที่ของใบคะน้า นำคะน้ามาตัดแต่ง นำแต่ละส่วนของใบมาวางบนกระดาษกราฟ วาดเส้นขอบของชิ้นส่วนต่างๆ ลงบนกระดาษกราฟ พื้นที่แต่ละส่วนคิดเป็นตารางเซนติเมตร สำหรับการหาจำนวนปากใบ นำใบคะน้าตัดแต่งเป็นชิ้นเล็กขนาด 1 ตารางเซนติเมตร แล้วใช้ด้านท้องใบ (abaxial) มาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบประกอบ (compound microscope) นับจำนวนปากใบและคำนวณพื้นที่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วยไมโครมิเตอร์ (micrometer) เพื่อหาจำนวนปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ในส่วนของการศึกษาร้อยละการสูญเสียน้ำ นำคะน้า 2 ชนิด มาชั่ง เพื่อหาน้ำหนักเริ่มต้น (วันที่ 0) ก่อนการเก็บรักษา แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส RH 84.5% กับ 25±2 องศาเซลเซียส RH 56% เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยหาค่าน้ำหนักหลังการเก็บรักษาทุกวันจนถึงวันที่กำหนด วิธีการทั้งหมดนี้ดัดแปลงมาจาก Banaras และคณะ (1994)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำภายในใบและก้านของคะน้าจีนก้านใหญ่และก้านเล็ก พบว่าใบและก้านของคะน้าก้านใหญ่มีน้ำเป็นองค์ประกอบร้อยละ 18.25 และ 74.28 ตามลำดับ ส่วนใบและก้านของคะน้าก้านเล็กมีน้ำเป็นองค์ประกอบร้อยละ 35.25 และ 55.17 ตามลำดับ (Table 1) ปริมาณน้ำของคะน้าก้านใหญ่และก้านเล็กในส่วนของใบจะมีปริมาณน้ำที่น้อยกว่าก้านเนื่องจากก้านเป็นส่วนที่พืชใช้เป็นทางลำเลียงน้ำและอาหาร เมื่อเทียบปริมาณของไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน (epicuticular wax) ในส่วนใบจะมีมากกว่าส่วนก้าน โดยใบของคะน้าก้านใหญ่และก้านเล็กมีไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน 0.58 และ 0.31 มก/ซม$^2$ ตามลำดับ ส่วนก้านของคะน้าก้านใหญ่และก้านเล็กมีไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน 0.075 และ 0.083 มก/ซม$^2$ ตามลำดับ (Table 1) เนื่องจากใบของคะน้าก้านใหญ่มีความหนามากกว่าใบของคะน้าก้านเล็ก ซึ่งสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า สำหรับผิวเคลือบคิวทิน (cuticle) ในส่วนใบของคะน้าก้านใหญ่และคะน้าก้านเล็กมีค่าเท่ากับ 9.98 และ 4.65 มก/ซม$^2$ ตามลำดับ (Table 1) โดยใบคะน้าก้านใหญ่จะมีปริมาณผิวเคลือบคิวทินมากกว่าใบคะน้าก้านเล็ก ทั้งนี้เนื่องจากใบคะน้าก้านใหญ่มีพื้นที่มากกว่าใบคะน้าก้านเล็ก (Noichinda และคณะ, 2007) ทั้งนี้ยังพบว่าพื้นที่ใบบริเวณส่วนปลาย กลาง และโคนของคะน้าก้านใหญ่มีค่าเท่ากับ 70.48, 224.33 และ 313.93 ซม$^2$ ตามลำดับ ในขณะที่คะน้าก้านเล็กมีพื้นที่ใบบริเวณส่วนปลาย กลาง และโคนเท่ากับ 60.94, 171.81 และ 195.03 ซม$^2$ ตามลำดับ เนื่องจากใบบริเวณนี้มีระยะเวลาในการเติบโตนานกว่าบริเวณอื่น

ในการศึกษาจำนวนปากใบของคะน้าก้านใหญ่และคะน้าก้านเล็กพื้นที่ พบว่ามีจำนวนปากใบต่อตารางมิลลิเมตรเท่ากับ 231 และ 277 ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งผลดังกล่าวนี้สัมพันธ์กับปริมาณไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน, ปริมาณผิวเคลือบคิวทิน และร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากคะน้าก้านใหญ่มีปริมาณไขด้านบนผิวเคลือบคิวทินกับปริมาณผิวเคลือบคิวทิน (ซึ่งช่วยป้องกันการระเหยของน้ำ) มากกว่าคะน้าก้านเล็ก และที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส RH 56%) คะน้าก้านใหญ่มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 78.05 ซึ่งน้อยกว่าคะน้าก้านเล็กที่มีค่าเป็น 83.81 ทั้งนี้การสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่าในคะน้าก้านเล็กอาจมาจากการมีจำนวนปากใบที่มากกว่าก็เป็นได้ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิก็ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักด้วยเช่นกัน เพราะที่อุณหภูมิห้องเย็น (5 องศาเซลเซียส RH 84.5%) คะน้าก้านใหญ่กับคะน้าก้านเล็กมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับ 37.88 และ 32.93 ตามลำดับ (Figure 1)

เป็นที่ทราบกันดีว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา การหายใจ การเปิดปิดของปากใบ ในการวิจัยครั้งนี้พบว่าสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของคะน้าจีนคือ พื้นที่ใบ เนื่องจากพื้นที่ใบมีความสัมพันธ์กับจำนวนปากใบ ไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน และปริมาณผิวเคลือบคิวทิน หากพื้นที่ใบมากย่อมส่งผลถึงจำนวนปากใบ ไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน และปริมาณผิวเคลือบคิวทิน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ช่วยให้ใบลดอัตราการคายน้ำลง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในสภาพบรรยากาศขณะนั้นจะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งส่งผลต่อการเปิด-ปิดของปากใบ เมื่อปากใบเปิดน้ำภายในจะระเหยออกมาทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก คะน้าก้านใหญ่จึงมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก

น้อยกว่าคะน้าก้านเล็กเพราะคะน้าก้านเล็กมีปริมาณของไขด้านบนผิวเคลือบคิวทินและปริมาณผิวเคลือบคิวทินน้อยกว่าคะน้าก้านเล็กจึงสูญเสียน้ำหนักมากกว่า สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเย็น คะน้าก้านใหญ่กลับมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเพราะว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทำให้การคายน้ำผ่านผิวเคลือบคิวทินมีอัตราสูง ซึ่งเป็นผลให้คะน้าก้านใหญ่เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าคะน้าก้านเล็กที่อุณหภูมิห้องเย็น

## สรุปผล

การสูญเสียน้ำของพืชขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย ทั้งปัจจัยภายใน เช่น ผิวเคลือบคิวทิน (cuticle) ไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน (epicuticular wax) และจำนวนปากใบ เป็นต้น และปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น (จริงแท้, 2541) เมื่อใบมีพื้นที่มาก จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณผิวเคลือบคิวทิน ไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน และจำนวนปากใบ ใบที่มีพื้นที่มากจึงมีอัตราการคายน้ำสูงกว่าใบที่มีพื้นที่น้อยซึ่งส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังการเก็บเกี่ยว

## เอกสารอ้างอิง


กองบรรณาธิการ ฐานเกษตรกรรม, 2534, รวมเรื่องผัก, โรงพิมพ์มิตรสยาม, กรุงเทพมหานคร, 143 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช, 2541, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 408 หน้า.

วรรณา สุริวรรณ์, 2547, การศึกษาเปรียบเทียบการเติบโตของผักคะน้าโดยใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำสกัดชีวภาพจากหอยเชอรี่, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

Banaras, M., Lownds, N.K. and Bosland, P.W., 1994, Relationship of Physical Properties to Postharvest Water Loss in Pepper Fruit (*Capsicum annuum* L.), Pakistan Journal of Botany, 26(2): 321-326.

Noichinda, S., Bodhipadma, K., Mahamontri, C., Narongruk, T. and Ketsa, S., 2007, Light During Storage Prevents Loss of Ascorbic Acid and Increases Glucose and Fructose Levels in Chinese Kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*), Postharvest Biology and Technology, 44: 312-315.

**Table 1** Initial water content, Number of cuticle, epicuticular wax and stomata from small and large sizes of harvested Chinese kale

| Type | Initial water content (%) | | Epicuticular wax (mg/cm$^2$) | | Cuticle (mg/cm$^2$) | | Number of stomata/ mm$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Leaf blade | Shaft | Leaf blade | Shaft | Leaf blade | Shaft | |
| Large size | 18.25 ±1.16 | 74.28 ±5.23 | 0.58 ±0.04 | 0.075 ±0.007 | 9.98 ±0.38 | 2.63 ±0.42 | 231 |
| Small size | 35.25 ±1.77 | 55.17 ±6.39 | 0.317 ±0.037 | 0.083 ±0.013 | 4.65 ±0.39 | 2.03 ±0.38 | 277 |

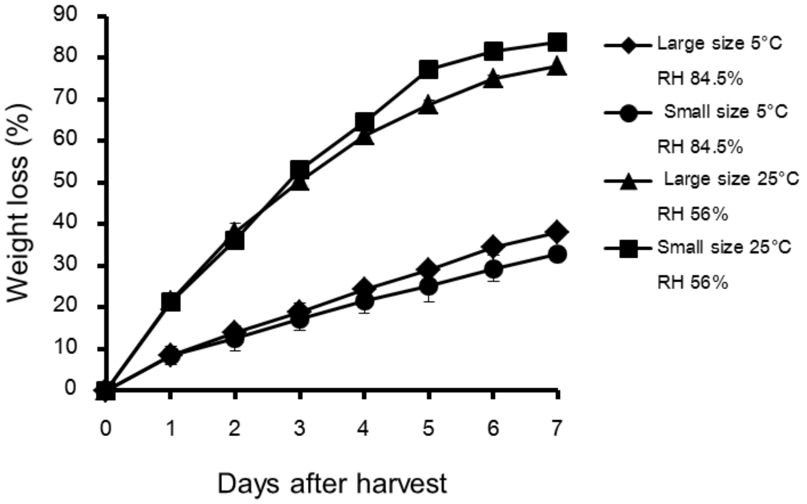



**Figure 1** Percentage of weight loss from small and large sizes of harvested Chinese kale at different temperature and RH after harvest

# ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี

# Rice Famers' Satisfaction on Marl Improving Acid Sulfate Soils, Nongsuea District, Pathum Thani Province.

**สกล ผ่านเมือง**[1] **และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ**[2]

Panmuang, S.[1] and Srisuwan, S.[2]

## Abstract

The objective of this research was to study rice farmers' satisfaction on marl improving acid sulfate soils and problems encountered by farmers and their suggestion. A total of 286 farmers were interviewed. Results revealed that the rice farmers were male (56.64 percent) average age 52.61 years with elementary education. The average of rice plantation was 27.21 rai. The amounts of rice production was 764.11 kg/rai. The average income from planting rice was approximately 8,878.61 baht/rai. The labor force which was deployed in the sow of marl and rice production was around 3-4 persons. The farmers got information from agricultural officer Land Development Department, media, training, seminar, and television. The knowledge of farmers concerning marl was high. The overall farmers' satisfaction was high with officer operations, utilization and beneficiaries. The problems of farmer were an inadequate volume of marl, easily tearing sack and short storage. Their suggestions were that the supplement of marl should be plenty to meet their needs and soil analysis be done before applying marl.

**Keywords:** rice famers' satisfaction, marl, acid sulfate soils improving

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ ความพึงพอใจของเกษตรกร ผู้ปลูกข้าวต่อปูนมาร์ล ปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ปัญหาข้อเสนอแนะ ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว กลุ่มตัวอย่างจำนวน 286 คน ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ เป็นเพศชายร้อยละ 56.64 อายุเฉลี่ย 52.61 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 764.11 กิโลกรัมต่อไร่ รายได้จากการจำหน่ายข้าวเฉลี่ย 8,878.61 บาทต่อไร่ มีขนาดพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 27.21 ไร่ จำนวนแรงงานในการหว่านปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด และปลูกข้าวเฉลี่ย 3-4 คน การเปิดรับข่าวสารการเกษตรเกี่ยวกับเรื่องดินเปรี้ยวจัดและการใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดของเกษตรกร สื่อบุคคลจากเจ้าหน้าที่ กรมพัฒนาที่ดิน สื่อกิจกรรมจากการประชุม อบรม สัมมนา และสื่อมวลชนจากโทรทัศน์ ความรู้ของเกษตรกร เกี่ยวกับเรื่องดินเปรี้ยวจัด และการใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด อยู่ในระดับมาก ความพึงพอใจของเกษตรกร ผู้ปลูกข้าวต่อปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด โดยรวมทุกด้านเกษตรกรมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ได้แก่ ด้านการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ และด้านการได้รับผลประโยชน์ ปัญหาของเกษตรกรคือ ปริมาณปูนมาร์ลที่ได้รับไม่เพียงพอ และกระสอบบรรจุฉีกขาดง่าย เก็บไว้ได้ไม่นาน ข้อเสนอแนะ ต้องการให้กรมพัฒนาที่ดิน สนับสนุนปูนมาร์ล ให้เพียงพอต่อความต้องการ และให้ตรวจวิเคราะห์ดินก่อนให้การสนับสนุนปูนมาร์ลแก่เกษตรกร

**คำสำคัญ**: ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ปูนมาร์ล ปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยว

## คำนำ

ทรัพยากรดิน เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ ที่สามารถพัฒนาเพิ่มศักยภาพในการให้ผลผลิตพืชได้ หากปราศจากดินที่มีความอุดมสมบูรณ์แล้ว การแก้ไขปัญหาความมั่นคง ปลอดภัยทางด้านอาหาร และความยากจนของเกษตรกร คงจะไม่ประสบผลสำเร็จ ดังนั้น ดินจึงเป็นแหล่งของธาตุอาหาร น้ำ เป็นที่ยึดเหนี่ยวของรากพืช และลำต้น ซึ่งดิน

[1] **สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานี 56 หมู่ 2 ทางหลวงสาย 305 (รังสิต-นครนายก) กม.ที่ 17 อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110**

[1] Land Development station Pathum Thani, 56 Moo 2, Highway 305 (Rangsit-Nakhon Nayok) Km. 17, Thanyaburi, Pathum Thani, 12110

[2] **ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900**

[2] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatujak, Bangkok 10900

ในแต่ละพื้นที่ มีคุณสมบัติ แตกต่างกันตามวัตถุต้นกำเนิดดิน สภาพพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ธวัชชัย, 2555) สภาพปัญหาปัจจุบันของทรัพยากรดินที่พบในพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่เป็นดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ เนื่องมาจากการใช้พื้นที่ทำการเกษตรติดต่อกันเป็นเวลานาน การขาดการปรับปรุงบำรุงดินด้วยวิธีที่เหมาะสมรวมถึงการไม่ให้ความสำคัญต่อการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน ซึ่งปัญหาดังกล่าวมิได้รับการแก้ไขอย่างต่อเนื่องและถูกวิธี จึงก่อให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน จากรายงานกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2553 พบว่าดินที่มีปัญหาต่อการใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรกรรมของประเทศรวมเนื้อที่ทั้งหมด 174,937,932 ไร่คิดเป็น (ร้อยละ 54.54) ของพื้นที่ทั้งประเทศ ยกตัวอย่าง เช่น ดินเค็ม 14.39 ล้านไร่ ดินเปรี้ยวจัด 6.24 ล้านไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553 )

อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี มีสภาพดินเป็นดินเปรี้ยวจัด ดินมีความเป็นกรดรุนแรงถึงเป็นกรดจัดมาก อยู่ในกลุ่มดินเปรี้ยวจัดตื้น กลุ่มชุดดินที่ 10 ชุดดินองครักษ์ ประมาณ 3,552 ไร่ หรือร้อยละ 19.50 และ กลุ่มชุดดินเปรี้ยวจัดลึกปานกลาง กลุ่มชุดดินที่ 11 ชุดดินรังสิต ประมาณ 26,627 ไร่ หรือร้อยละ 77.97 (สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1, 2555)

การปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดให้มีศักยภาพเหมาะสม สำหรับการปลูกข้าวให้ผลผลิตสูงดินควรมีค่าเป็นกรดอ่อนถึงเป็นกลาง (pH6.0 -7.0) จากการศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมต่อการพัฒนาพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด พบว่าวิธีที่ง่ายสะดวกและได้ผลเร็วที่สุดคือการใช้ปูนทางการเกษตร เช่น ปูนมาร์ล ปรับปรุงดินก่อนเพื่อลดความเป็นกรดของดิน ทำให้ดินมีความเป็นกรดด่าง อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว (นงคราญ และคณะ, 2544)

กรมพัฒนาที่ดิน สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานี ได้ดำเนินการสนับสนุนปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดให้กับเกษตรกรผู้ปลูกข้าว อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี จำนวนพื้นที่ 2,130 ไร่ เกษตรกรจำนวน 1,001 ราย (สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานี, 2556)

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ในด้านการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ การนำไปใช้ประโยชน์ และการได้รับผลประโยชน์ เพื่อให้ได้ข้อมูล และการพัฒนาแนวทางในการใช้ปูนมาร์ลให้มีความเหมาะสมและส่งเสริมการใช้ปูนมาร์ลในสภาพดินเปรี้ยวจัด เพื่อเพิ่มผลผลิต และเพิ่มรายได้ให้ครอบครัวเกษตรกรได้อย่างยั่งยืน

## อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) โดยการสุ่มแบบจับฉลาก ตามรายชื่อเกษตรกรที่ได้รับการสนับสนุนปูนมาร์ล ปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ปีงบประมาณ 2556 งานส่งเสริมการปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดโดยการใช้ปูนมาร์ล สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานี พื้นที่อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี จำนวน 286 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการวิจัยเป็นแบบสัมภาษณ์คำถามในแบบสัมภาษณ์ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด (open-ended Quesion) และคำถามปลายปิด (close-ended Quesion) การทดสอบเครื่องมือความเที่ยงตรง (content validity) โดยการนำแบบสัมภาษณ์ไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เที่ยงตรง เชิงเนื้อหาและทดสอบความเชื่อมั่น (content Relibility) โดยนำแบบสัมภาษณ์ไปทดสอบกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คนด้านความรู้เรื่องดินเปรี้ยวจัดและการใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น ตามสูตร KR-20 (Kuder Richardson) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.719 และด้านความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด นำมาหาค่าสัมประสิทธิ์ แอลฟ่า (alpha coeffieient) ตามวิธีของ cronbach's alpha ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.94 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ใช้ค่าสถิติพรรณนา ประกอบด้วย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าแจกแจงความถี่ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับ ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ รายได้ รายจ่าย ขนาดพื้นที่ปลูกข้าว แรงงาน การเปิดรับข่าวสาร ความรู้เกี่ยวกับเรื่องดินเปรี้ยวจัด และการใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี

## ผลการทดลอง

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 56.61 อายุเฉลี่ย 52.61 ปี มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 69.2)

ปัจจัยด้านเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว พบว่า เกษตรกรได้ผลผลิตเฉลี่ย 764.11 กิโลกรัมต่อไร่ มีรายได้จากการจำหน่ายข้าวเฉลี่ย 8,878.61 บาทต่อไร่ รายจ่ายจากการปลูกข้าวเฉลี่ย 3,899.06 บาทต่อไร่ ขนาดพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย

27.21 ไร่ แรงงานในการหว่านปูนมาร์ล เฉลี่ย 3.38 คน ส่วนใหญ่หว่านปูนมาร์ลด้วยตัวเองร่วมกับจ้างผู้อื่น (ร้อยละ 57.00) แรงงานในการปลูกข้าวเฉลี่ย 4.05 คน ส่วนใหญ่เป็นลักษณะทำด้วยตัวเองร่วมกับจ้างผู้อื่น (ร้อยละ 65.70)

การเปิดรับข่าวสารของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว พบว่าเกษตรกรส่วนมากเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับเรื่องดินเปรี้ยวจัด และการใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด จากการประชุม อบรม สัมมนา (ร้อยละ 69.90) จากโทรทัศน์ (ร้อยละ 35.81)และเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดิน (ร้อยละ 33.51)

ความรู้เกี่ยวกับเรื่องดินเปรี้ยวจัด และการใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว พบว่าเกษตรกรมีความรู้ในระดับมาก (ร้อยละ 92.00)

ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ต่อปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด โดยรวมทุกด้านเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.79 ทั้งในด้านการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ด้านผลประโยชน์ที่ได้รับค่าเฉลี่ย 3.91,3.44 และ 3.97 ตามลำดับ

## วิจารณ์ผล

ด้านปัจจัยพื้นฐาน ผลวิจัย พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 56.64) ทั้งนี้เนื่องจากส่วนใหญ่แรงงานทางภาคเกษตรกรรมเป็นเพศชาย และเพศชายยังเป็นหัวหน้าครอบครัว เกษตรกรมีอายุเฉลี่ย 52.61 ปีจะเห็นได้ว่าเกษตรกร มีอายุค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเด็กรุ่นใหม่ต้องไปเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้นหรือระดับมหาวิทยาลัย และสนใจอาชีพเกษตรกรรมน้อยลง ซึ่งทำให้เกษตรกรที่มีอยู่ในท้องถิ่นเป็นเกษตรกรที่มีอายุค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จบการศึกษาชั้นประถมศึกษา (ร้อยละ 69.9) ทั้งนี้เนื่องจากหลักสูตรการศึกษาภาคบังคับ กำหนดการศึกษาเพียงแค่ชั้นประถมศึกษาเท่านั้น

ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวได้ผลผลิตเฉลี่ย 764.11 กิโลกรัมต่อไร่ มีรายได้จากการจำหน่ายข้าวที่เพาะปลูกฤดูนาปี 2556 เฉลี่ย 8,878.61 บาทต่อไร่ รายจ่ายเฉลี่ย 3,899.06 บาทต่อไร่ ขนาดพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 27.21 ไร่ จะเห็นได้ว่า ผลผลิตข้าวของแปลงเกษตรกรที่มีการใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด จะมีปริมาณผลผลิตเพิ่มมากกว่าผลผลิตข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดที่ไม่ใช้ปูนมาร์ลปรับปรุง สอดคล้องกับ นงคราญ และจุมพล (2544) ซึ่งกล่าวว่าดินเปรี้ยวจัดมีศักยภาพเหมาะสมสำหรับทำนาปลูกข้าว เนื่องจากสภาพพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มต่ำ น้ำขัง ดินเหนียวจัด อุ้มน้ำได้ดี แต่มีปัญหาดินเป็นกรดจัด ขาดแคลนธาตุอาหาร ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตข้าว ข้าวที่ปลูกจึงไม่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตต่ำมากระหว่าง 200-300 กิโลกรัมต่อไร่ เท่านั้น หลังจากใส่ปูนมาร์ล พบว่า ข้าวให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น จากเดิม 148 กิโลกรัมต่อไร่ เป็น 462 กิโลกรัมต่อไร่ มีการตอบสนองสูงถึงร้อยละ 210

ด้านการเปิดรับข่าวสาร พบว่า เกษตรกรส่วนมากเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับเรื่องดินเปรี้ยวจัดและการใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดจากการประชุมอบรมสัมมนา (ร้อยละ 69.90) สื่อโทรทัศน์ (ร้อยละ 35.81) และจากเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดิน (ร้อยละ 33.15) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ กรมพัฒนาที่ดิน (2555) ซึ่งรายงานว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 71.1) ทราบข้อมูลจากเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดินในการประชุมอบรมสัมมนา รองลงมาทราบข้อมูลจากหมอดินอาสาประจำตำบล, หมู่บ้าน

ความรู้เกี่ยวกับเรื่องดินเปรี้ยวจัดและการใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด พบว่า เกษตรกรส่วนมากมีระดับความรู้อยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากเกษตรกรได้รับคำแนะนำจากเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดิน และหมอดินอาสาเป็นอย่างดี สอดคล้องกับรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน (2555) ซึ่งรายงานว่า ผลการวัดความรู้ในเรื่องการปรับปรุงคุณภาพดินในพื้นที่ดินเปรี้ยว พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการเกี่ยวกับลักษณะของดินเปรี้ยวจัด มีความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับวิธีการใส่และระยะเวลาการใส่ปูนมาร์ลวัสดุปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด

ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดพบว่า ความพึงพอใจของเกษตรกรในด้านการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ ให้ความรู้ คำแนะนำ การสนับสนุนปูนมาร์ลทันฤดูทำนา การบริการและติดต่อประสานงาน และการติดตามการใช้ประโยชน์ โดยมีความพึงพอใจเฉลี่ยในระดับมาก ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ เกษตรกรมีความพึงพอใจในด้านของ คุณภาพปูนมาร์ล ขั้นตอนการใช้ ปูนมาร์ลที่ได้รับตรงกับความต้องการ และปริมาณปูนมาร์ลที่ได้รับ โดยมีความพอใจเฉลี่ยในระดับมาก และสำหรับด้านผลประโยชน์ที่ได้รับ เกษตรกรมีความพึงพอใจ ในด้านปูนมาร์ลสามารถลดความเป็นกรดของดินได้ เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโตของพืชหลังใช้ปูนมาร์ล ผลผลิตที่ได้รับหลังจากใช้ปูนมาร์ลโดยมีความพอใจเฉลี่ยในระดับมาก และเมื่อเฉลี่ยความพึงพอใจทุกด้านพบว่าอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับ นพรัตน์ (2544) ซึ่งได้ศึกษาการใช้ปูนมาร์ล ปรับปรุงดินเปรี้ยวและปัญหาทางการเกษตรของเกษตรกรภาคกลาง พบว่า

ในส่วนของความพึงพอใจ เกษตรกรมีความพึงพอใจมากต่อโครงการพัฒนาพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด มีความต้องการใส่ปูนมาร์ลในพื้นที่ที่เหลือ และต้องการความช่วยเหลือเรื่องปูนมาร์ลอย่างต่อเนื่อง และจากรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน (2555) พบว่าเกษตรกรเกือบทั้งหมดมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมปรับปรุงคุณภาพดินในพื้นที่ดินเปรี้ยว ซึ่งส่วนใหญ่พึงพอใจปูนมาร์ลในระดับพอใจมากเป็นเพราะประโยชน์ที่ได้รับหลังจากใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด ซึ่งเกษตรกรมากกว่าครึ่งมีความพึงพอใจระดับมากเกี่ยวกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน คุณสมบัติทางเคมีของดิน การเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตที่ได้รับ

## สรุปผล

จากการวิจัย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 52.16 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา เกษตรกรได้ผลผลิตเฉลี่ย 764.11 กิโลกรัมต่อไร่ มีรายได้จากการจำหน่ายข้าว เฉลี่ย 8,878.61 บาทต่อไร่ มีขนาดพื้นปลูกข้าวเฉลี่ย 27.12 ไร่ แรงงานในการหว่านปูนมาร์ล และปลูกข้าวเฉลี่ย 3-4 คน ลักษณะแรงงานส่วนใหญ่ทำด้วยตนเองร่วมกับจ้างผู้อื่น การเปิดรับข่าวสารของเกษตรกร จากเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดิน การประชุมอบรมสัมมนาและสื่อโทรทัศน์ เกษตรกรมีความรู้เรื่องดินเปรี้ยวจัดและการใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดอยู่ในระดับมาก ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า เกษตรกรมีความพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากทั้ง 3 ด้าน คือด้านการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ ด้านการนำไปใช้ประโยชน์และด้านการได้รับผลประโยชน์ ปัญหาของเกษตรกรคือปริมาณปูนมาร์ลที่ได้รับไม่เพียงพอและกระสอบบรรจุฉีกขาดง่ายเก็บไว้ได้ไม่นาน ข้อเสนอแนะต้องการให้กรมพัฒนาที่ดิน สนับสนุนปูนมาร์ลให้เพียงพอต่อความต้องการ และควรตรวจวิเคราะห์ดินก่อนให้การสนับสนุนปูนมาร์ลแก่เกษตรกร

## เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตร.กรุงเทพฯ, กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน, 2555, รายงานการประเมินผลกิจกรรมการปรับปรุงคุณภาพดินเปรี้ยว, กรุงเทพฯ, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ธวัชชัย สำโรงวัฒนา, 2555, รายงานประจำปี 2555, กรุงเทพมหานคร.กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นงคราญ มณีวรรณ และจุมพล ยุวะนิยม, 2544, รายงานผลการศึกษาเรื่อง การศึกษาวิเคราะห์วิธีการจัดตามชั้นความเหมาะสมของดิน เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดภาคกลาง, กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นพรัตน์ เวโรจน์เสรีวงศ์, 2544, การศึกษาปูนมาร์ลปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดและปัญหาทางการเกษตรของเกษตรกร ภาคกลางในทัศนะของหมอดินอาสาและสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต1, 2555, เขตการใช้ที่ดินอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี, เอกสารวิชาการ, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานี, 2556, เอกสาร รายชื่อเกษตรกรที่ได้รับการสนับสนุนปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด, สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานี (อัดสำเนา).

# ผลของการพรางแสงและระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพเมล็ดพริกขี้หนูพันธุ์ห้วยสีทน ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง

# Effects of Shading and Spacing on Growth and Seed Quality of 'Huay Sri Thon' Pepper under High Temperature

สาวิตรี มังกรแก้ว[1] พิจิตรา แก้วสอน[1] ปริยานุช จุลกะ[1] และ ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ[2]
Mangkornkaew, S.[1], Kaewsorn, P.[1], Chulaka, P.[1] and Pagamas, P.[2]

## Abstract

The increase in temperatures currently is affecting quantity and quality of pepper seed production. Therefore, this research was conducted to study the effects of shading and spacing on growth and seed quality of 'Huay Sri Thon' pepper. A split plot in a Randomized Complete Block Design was used with 4 replications. Main plots were shading, non-shading, 30% shading, and 50% shading. Sub plots were spacing 50 x 75 cm and 50 x 100 cm. Plants were grown in 10 inch plastic pots and red mature fruits were harvested. Results showed that 50% shading resulted in the highest plant growth (plant height, canopy width, fruit width and length, fruit number/plant and seed number/fruit), the highest seed quality and seed dry weight, (1,000 seeds weight), laboratory germination (77%), greenhouse germination (82.75%), and the lowest mean emergence time (5.8 days). Moreover, the 50 x 100 cm spacing had the highest canopy width.

**Keywords:** mean emergence time, mean germination time, seed dry weight, germination

## บทคัดย่อ

อุณหภูมิที่สูงขึ้นในปัจจุบันส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของการผลิตเมล็ดพันธุ์พริก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพรางแสงและระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนู 'ห้วยสีทน' ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot in Randomized Complete Block Design ทำ 4 ซ้ำ โดยกำหนดให้ main plot คือ การพรางแสงมี 3 ระดับ ได้แก่ ไม่พรางแสง, พรางแสง 30% และพรางแสง 50% ส่วน sub plot คือ ระยะปลูกมี 2 ระดับ ได้แก่ 50 x 75 และ 50 x 100 ซม. โดยปลูกพริกในกระถางขนาด 10 นิ้ว และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อผลพริกเปลี่ยนเป็นสีแดงทั้งผล พบว่าการพรางแสง 50% ทำให้พริกมีการเจริญเติบโตดีที่สุด (ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างและความยาวของผล จำนวนผลต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อผล) และมีคุณภาพเมล็ดสูงที่สุด คือ น้ำหนักแห้งของเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความงอกในห้องปฏิบัติการ (77%) ความงอกในสภาพโรงเรือน (82.75%) และเวลาเฉลี่ยในการงอกรากเร็วที่สุด (5.8วัน) นอกจากนี้ระยะปลูก 50 x 100 ซม. ทำให้พริกมีความกว้างทรงพุ่มมากที่สุด

**คำสำคัญ**: เวลาเฉลี่ยในการงอกราก เวลาเฉลี่ยในการงอก น้ำหนักแห้งเมล็ด ความงอก

## คำนำ

พริกเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจโดยมีแหล่งปลูกกระจายทั่วทุกภาคของประเทศ ในปี พ.ศ. 2556 พื้นที่ปลูกพริกทั้งหมด 348,539 ไร่ ลดลงจากปี พ.ศ. 2553 ถึงร้อยละ 26.47 ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายด้าน เช่น สภาพอากาศเปลี่ยนแปลง ฝนแล้ง น้ำท่วม เกิดโรคและแมลงระบาดทำให้พื้นที่ปลูกลดลง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) ประกอบกับอุณหภูมิของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปีและมีปริมาณน้ำฝนกับจำนวนวันที่ฝนตกมีแนวโน้มลดลง (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554) ซึ่งสภาวการณ์ดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์เป็นอย่างมาก เนื่องจากประเทศไทยมีการผลิตและส่งออกเมล็ดพันธุ์พริกจำนวนมาก โดยในปี พ.ศ. 2557 มีการส่งออกเมล็ดพันธุ์พริก ปริมาณ 522.44 ตัน มูลค่า 298.36 ล้านบาท และมีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์พริกปริมาณ 7.48 ตัน มูลค่า 27.78 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2557) นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์แปรรูป

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus, Nakhon Pathom 73140

จากพริกซึ่งเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้แก่ประเทศ เช่น พริกป่น พริกแกง ซอสพริก เป็นต้น อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการผลิตเมล็ดพันธุ์พริก เช่น อุณหภูมิสูงที่ 33°C มีผลทำให้การเจริญเติบโตของต้นและการติดเมล็ดของพริกหวานลดลง (Erickson และ Markhart, 2002) ต้นพริกขี้หนูที่ได้รับอุณหภูมิสูง 38/30°C ในช่วง 10 วันหลังดอกบาน จนกระทั่ง 30 วันหลังดอกบาน มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดลดลง และเมล็ดมีความแข็งแรงต่ำ ( Pagamas และ Nawata, 2008) ปัจจุบันมีการนำเอาเทคโนโลยี หรือการจัดการเขตกรรมมาประยุกต์เพื่อแก้ไขปัญหาการผลิตพืชในสภาวะอุณหภูมิสูง เช่น พันธุ์ทนร้อน (heat-tolerant) การใช้สารส่งเสริมการเจริญเติบโตเพื่อเพิ่มผลผลิต การจัดการทรงพุ่ม และการพรางแสง เป็นต้น การพรางแสง 70% ให้กับต้นพริกขี้หนู 'aviculare' ช่วยลดอุณหภูมิลงได้ 3°C เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พรางแสง (Rodríguez-del Bosque และคณะ, 2005) อีกทั้งยังช่วยลดการเกิด sun scald ของผลพริกหวานได้ (Rylski และ Spigelman, 1986) นอกจากนี้การใช้ระยะปลูกที่เหมาะสมกับชนิดและการเจริญเติบโตของพืชสามารถช่วยลดปัญหาการแข่งขันระหว่างต้นพืช เช่น การปลูกพริกหวาน 'grossum' ที่ระยะปลูก 50 x 50 ซม. มีจำนวนกิ่ง จำนวนใบ และผลผลิตต่อต้นมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในระยะ 50 x 30 ซม. (Islam และคณะ, 2011) ดังนั้นงานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพรางแสงและระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของเมล็ดพริกขี้หนู 'ห้วยสีทน' ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง

## อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเมล็ดพริกขี้หนู 'ห้วยสีทน' ในถาดหลุมโดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ ย้ายกล้าเมื่อต้นกล้ามีอายุ 30 วันหลังเพาะเมล็ดลงกระถางพลาสติกขนาด 10 นิ้ว ให้น้ำร่วมกับปุ๋ย (fertigation) ด้วยระบบน้ำหยด ทดลองระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม 2558 ณ แปลงทดลอง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม วางแผนการทดลองแบบ Split plot in Randomized Complete Block Design 4 ซ้ำ โดย main plot คือ การพรางแสงด้วยซาแรนสีดำ 3 ระดับ คือ ไม่พรางแสง, พรางแสง 30% และพรางแสง 50% ส่วน sub plot คือ ระยะปลูก 2 ระดับ 50 x 75 และ 50 x 100 ซม. บันทึกข้อมูล ได้แก่ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างและความยาวของผล จำนวนผลต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อผล น้ำหนักแห้งของเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Top of Paper อุณหภูมิสลับ 20-30°C และทดสอบความงอกในโรงเรือน โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ประเมินความงอกโดยนับครั้งแรก 7 วันหลังเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้าย 14 วันหลังเพาะเมล็ด (ISTA, 2012) บันทึกข้อมูลความงอก เวลาเฉลี่ยในการงอกราก (mean emergence time; MET) และเวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) (Ellis และ Roberts, 1980)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การพรางแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นพริกขี้หนู 'ห้วยสีทน' (Table 1) โดยการพรางแสง 50% ทำให้พริกมีการเจริญเติบโตดีที่สุด คือ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างและความยาวผล จำนวนผลต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อผล (135.94 ซม., 98.52 ซม., 8.9 มม., 43.38 มม., 69.54 ผล/ต้น และ 36.63 เมล็ด/ผล ตามลำดับ) ซึ่งการพรางแสง 50% ช่วยลดอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันลงได้ 2 ถึง 3°C เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พรางแสง (Figure 1) ส่วนการไม่พรางแสงส่งผลให้การเจริญเติบโตของต้นพริกน้อยที่สุด (Table 1) แสดงว่าการพรางแสงเพิ่มขึ้นจาก 30 เป็น 50% ช่วยลดอุณหภูมิลงและทำให้พืชได้รับแสงน้อยลง ส่งเสริมการสร้างและการทำงานของออกซินและจิบเบอเรลลินให้สูงขึ้น จึงทำให้มีการเจริญเติบโตดีขึ้น (Gardner และคณะ, 1985) สอดคล้องกับ Rigakis และคณะ (2014) รายงานการพรางแสง 15% ส่งผลให้จำนวนผลและผลผลิตรวมของพริกหวานสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พรางแสง นอกจากนี้การพรางแสงมีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดไม่แตกต่างทางสถิติ (11.53-11.79 วัน) (Table 2) โดยการปลูกพริกที่พรางแสง 50% ทำให้เมล็ดมีคุณภาพสูงที่สุด คือ น้ำหนักแห้งของเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความงอกในห้องปฏิบัติการและในโรงเรือนสูงที่สุด และเวลาเฉลี่ยในการงอกรากเร็วที่สุด (0.44 กรัม, 5.04 กรัม, 77.00%, 82.75% และ 5.87 วัน ตามลำดับ) รองลงมาคือ การพรางแสง 30% ส่วนการไม่พรางแสงมีน้ำหนักแห้งของเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความงอกในห้องปฏิบัติการและในโรงเรือนต่ำที่สุด และเวลาเฉลี่ยในการงอกรากช้าที่สุด (0.36 กรัม, 3.46 กรัม, 49.00 และ 61.25% และ 6.80 วัน ตามลำดับ) เพราะการไม่พรางแสงทำให้ต้นพริกได้รับอุณหภูมิสูง ซึ่งส่งผลต่อการเคลื่อนย้ายธาตุไนโตรเจนและสารต่าง ๆ ถูกยับยั้ง และยังไปขัดขวางการสะสมคาร์โบไฮเดรตและไขมันภายในเมล็ด (Pagamas และ Nawata, 2007) สอดคล้องกับการปลูกพริกหวานในสภาวะอุณหภูมิสูง (38/30°C) ที่ระยะดอกบาน ทำให้มีจำนวนเมล็ดต่อผล น้ำหนักแห้งของเมล็ด และความงอกลดลง แต่ถ้าพริกหวานได้รับ

อุณหภูมิดังกล่าวในระยะก่อนดอกบานจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิตจะทำให้เมล็ดมีความงอก 0% (Pagamas และ Nawata, 2008) ระยะปลูกไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้น ยกเว้นความกว้างทรงพุ่ม โดยการปลูกที่ระยะ 50 x 100 ซม. มีความกว้างทรงพุ่มมากกว่าการปลูกที่ระยะ 50 x 75 ซม. (Table 1) สอดคล้องกับ Decoteau และ Graham (1994) รายงานว่าการปลูกพริกขี้หนูที่ระยะปลูก 30 x 60 ซม. ทำให้มีความกว้างทรงพุ่มเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับระยะปลูก 30 x 15 ซม. เพราะการปลูกพืชในระยะกว้างนั้นจะทำให้พืชได้รับแสงอย่างเต็มที่ การสังเคราะห์แสงมีประสิทธิภาพ จึงทำให้พืชมีการแตกกิ่งก้านได้ดีกว่าระยะแคบ (Gardner และคณะ, 1985) นอกจากนี้ระยะปลูกไม่มีผลต่อคุณภาพเมล็ด อีกทั้งไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างการพรางแสงและระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนู

## สรุปผล

การผลิตเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนู ‘ห้วยสีทน’ ที่มีการพรางแสง 50% มีการเจริญเติบโตของต้นดีที่สุด คือ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างและความยาวของผล จำนวนผลต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อผล และมีคุณภาพเมล็ดสูงที่สุด คือ น้ำหนักแห้งของเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ความงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือนสูงที่สุด และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกรากเร็วที่สุด นอกจากนี้ระยะปลูก 50 x 100 ซม. ทำให้พริกมีความกว้างทรงพุ่มมากที่สุด

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2557, เรื่อง ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุม พ.ศ. 2557, [สืบค้น], http://www.oae.go.th/download/FactorOfProduct/ValueExportSeed47-52.html [29/ July/ 15].

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556, เรื่อง รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช ไทย. พ.ศ. 2556, [สืบค้น], http://production.doae.go.th/report/report_main2.php?report_type=1[29/ July/ 15].

กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554, เรื่อง ข้อมูลอุณหภูมิในประเทศไทย. พ.ศ. 2554, [สืบค้น], http://www.tmd.go.th [28/ May/ 15].

Decoteau, D.R. and Graham, H.A.H., 1994, Plant Spatial Arrangement Affects Growth, Yield and Pod Distribution of Cayenne Peppers, HortScience, 29(3): 149-151.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H., 1980, Improved Equation for the Prediction of Seed Longevity, Annals of Botany, 45: 13-30.

Erickson, A.N. and Markhart, A.H., 2002, Flower Developmental Stage and Organ Sensitivity of Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.) to Elevated Temperature, Plant Cell and Environment, 25: 123–130.

Gardner, F.P., Pearce, R.B. and Mitchell R.L., 1985, Physiology of Crop Plants, Iowa State University Press, USA., 327 p.

International Seed Testing Association, 2012, International Rules for Seed Testing, Bassersdorf, Switzerland.

Islam, M., Saha, S., Akamd, H. and Rahim, A., 2011, Effect of Spacing on the Growth and Yield of Sweet Pepper, Journal of central European Agriculture, 12: 328–335.

Pagamas, P. and Nawata, E., 2007, Effect of High Temperature during the Seed Development on Quality and Chemical Composition of Chili Pepper Seed, Japanese Journal of Tropical Agriculture, 51: 22–29.

Pagamas, P. and Nawata, E., 2008, Sensitive Stages of Fruit and Seed Development of Chili Pepper (*Capsicum annuum* L. var. Shishito) Exposed to High-temperature Stress, Scientia Horticulturae, 117: 21–25.

Rigakis, N., Katsoulas, N., Belitsiotis, P., Kittas, C. and Bartzanas, T., 2014, Pepper Crop Production under Shading and Insect Proof Screenhouses, Acta Horticulturae, 1037: 599-604.

Rodríguez-del Bosque, L.A., Sánchez-de la Cruz, R. and Silva-Serna, M.M., 2005, Effect of Sunlight Regimes on Growth and Yield of Piquin Pepper (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare*), Revista Chapingo Serie Horticultura, 11(2): 357–359.

Rylski, I. and Spigelman, M., 1986, Effect of Shading on Plant Development, Yield and Fruit Quality of Sweet Pepper Grown under Conditions of High Temperature and Radiation, Scientia Horticulturae, 29: 31–35.

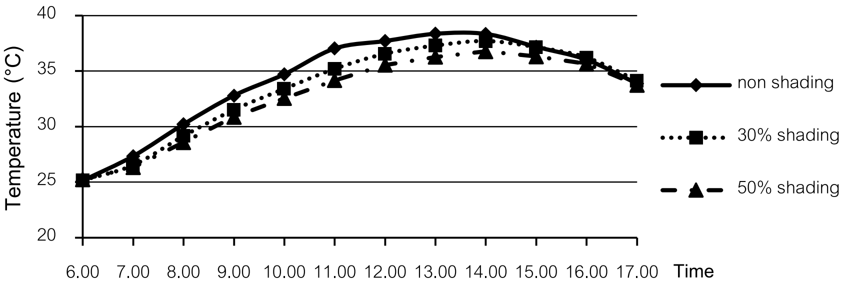



**Figure 1** Air temperatures of non-shading, 30% shading and 50% shading.

**Table 1** Plant growth of 'Huay Sri Thon' pepper at 120 days after sowing.

| Treatment | Plant height (cm) | canopy width (cm) | Fruit width (mm) | Fruit length (mm) | Fruit number/plant | Seed number/fruit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Main plot (M) | | | | | | |
| Non-shading | 73.25 c[1/] | 67.62 c | 6.99 c | 26.43 c | 46.54 c | 11.88 c |
| 30% shading | 112.38 b | 85.31 b | 8.05 b | 35.62 b | 56.75 b | 22.25 b |
| 50% shading | 135.94 a | 98.52 a | 8.90 a | 43.38 a | 69.54 a | 36.63 a |
| F-test | * | * | * | * | * | * |
| Sub plot (S) | | | | | | |
| 50 x 75 cm | 106.70 | 82.15 b | 8.07 | 35.45 | 55.32 | 23.92 |
| 50 x 100 cm | 107.68 | 85.70 a | 7.88 | 34.83 | 59.90 | 22.60 |
| F-test | ns | * | ns | ns | ns | ns |
| M x S | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| CV (%) | 5.14 | 3.92 | 6.09 | 3.68 | 16.30 | 12.68 |

[1/] Mean within the same column followed by the same letters are not significantly different at P $\leq$ 0.05 by DMRT.

ns = non significant

**Table 2** Seed dry weight, 1,000 seed weight, laboratory (LAB) germination, greenhouse (GH) germination, mean emergence time (MET) and mean germination time (MGT) of 'Huay Sri Thon' pepper.

| Treatment | Seed dry weight (g) | 1,000 seed weight (g) | Germination (%) | | MET (day) | MGT (day) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | LAB | GH | | |
| Main plot (M) | | | | | | |
| Non-shading | 0.36 c[1/] | 3.46 c | 49.00 c | 61.25 c | 6.80 a | 11.53 |
| 30% shading | 0.43 b | 4.71 b | 62.25 b | 73.00 b | 6.62 b | 11.73 |
| 50% shading | 0.44 a | 5.04 a | 77.00 a | 82.75 a | 5.87 c | 11.79 |
| F-test | * | * | * | * | * | ns |
| Sub plot (S) | | | | | | |
| 50 x 75 cm | 0.41 | 4.42 | 64.00 | 72.00 | 6.39 | 11.72 |
| 50 x 100 cm | 0.42 | 4.39 | 61.50 | 72.67 | 6.48 | 11.65 |
| F-test | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| M x S | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| CV (%) | 7.67 | 2.26 | 9.67 | 11.40 | 3.22 | 2.91 |

[1/] Mean within the same column followed by the same letters are not significantly different at P $\leq$ 0.05 by DMRT.

ns = non significant

# การใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ของเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการใช้สารอินทรีย์ลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี

# Utilization of Super LDD 2 Bio-Extract of Farmers in Organic Promotion for Agricultural Chemicals Reduce in Amphoe Nongsuea, Changwat Pathum Thani

**สิรีวัลย์ ราษฎรอาศัย[1] และ พิชัย ทองดีเลิศ[2]**

Ratsadornasai, S.[1] and Tongdeelert, P.[2]

## Abstract

A study on the utilization of super LDD 2 bio-extract by farmers in organic promotion for replacement of agricultural chemicals in Amphoe Nongsuea, Changwat Pathum Thani was conducted. Results showed that 1) most farmers' age ranged between 51-60 years, attained primary education, had an average land holding of 29.18 rai, an average farm labors of 3.62 persons, and an average income of 284,383.50 Bath/year. Most of the farmers had 6-8 years experience producing super LDD 2 bio-extract. 2) The farmers had gained a significant about of knowledge, 3) the farmers utilization of super LDD 2 bio-extract was at a high level, and 4) a major problem identify was unavailability of materials for producing LDD 2 bio-extract, such as molasses. It was suggested that officials should provide enough materials for producing super LDD 2 bio-extract in the future.

**Keywords:** super LDD 2 Bio-Extract, famers, Changwat Pathum Thani

## บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ของเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการใช้สารอินทรีย์ เพื่อลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรกรอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วงระหว่าง 51 - 60 ปี จบการศึกษาระดับประถมการศึกษาและประกอบอาชีพทำนามากที่สุด ส่วนใหญ่เข้าร่วมโครงการในปี พ.ศ. 2550 มีประสบการณ์การทำน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ในช่วง 6 - 8 ปี มากที่สุด มีพื้นที่ทางการเกษตรเฉลี่ย 29.18 ไร่ แรงงานทำการเกษตรทั้งหมดเฉลี่ย 3.62 รายต่อครัวเรือน รายได้จากการเกษตรในรอบปีที่ผ่านมาเฉลี่ย 284,383.5 บาทต่อปี เกษตรกรมีการเปิดรับข่าวสารที่เกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 จากเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดินมากที่สุด ความรู้ของเกษตรกรและการใช้เกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ในภาพรวมพบว่า อยู่ในระดับมาก ปัญหาและข้อเสนอแนะเกษตรกรที่พบมากที่สุด คือวัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ กากน้ำตาลหายากและควรมีการแจกจ่ายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 เพิ่มขึ้นในครั้งต่อไป

**คำสำคัญ**: น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 เกษตรกร จังหวัดปทุมธานี

## คำนำ

ในอดีตการทำการเกษตรของเกษตรกรส่วนใหญ่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีจำนวนมากเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร แต่การใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีอย่างขาดความรู้ความเข้าใจที่เหมาะสมส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตทางการเกษตรที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในระยะยาวยังมีผลทำให้ทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลง สารพิษตกค้าง เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ปัจจุบันปุ๋ยเคมีและสารเคมีมีราคาสูง ส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ ในปี พ.ศ.2557 พบว่าประเทศไทยนำเข้าปุ๋ยเคมี 5.45 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 66,103 ล้านบาท สารเคมีปราบศัตรูพืช จำนวน 1.34 แสนตัน คิดเป็นมูลค่า 19,357 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

จากปัญหาดังกล่าวกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้แนะนำให้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ประกอบกับนโยบายในเรื่องการลดต้นทุนทางการเกษตร จึงมีโครงการส่งเสริมการใช้สารอินทรีย์ลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร

[1] สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานี 56 หมู่ 2 ทางหลวงสาย 305 (รังสิต-นครนายก) กม.ที่ 17 อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1] Land Development station Pathum Thani, 56 Moo 2, Highway 305 (Rangsit-Nakhon Nayok) Km. 17, Thanyaburi, Pathum Thani, 12110

[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatujak, Bangkok 10900

โดยการจัดตั้งกลุ่มเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการขึ้น ตั้งแต่ปี 2550 - 2554 และมอบหมายให้สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานีให้ดำเนินการในพื้นที่ที่รับผิดชอบ สถานีได้ดำเนินงานโดยส่งเสริมในพื้นที่ทุกอำเภอ มีวิทยากรระดับพื้นที่เข้าไปฝึกอบรมให้ความรู้กับเกษตรกร (สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานี, 2555) และมีการส่งเสริมการใช้สารเร่ง ซุปเปอร์ พด.2 ในการทำน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการย่อยสลายวัสดุทางการเกษตร และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพดินและการเจริญเติบโตของพืชให้ดียิ่งขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551)

จากผลการดำเนินงานที่ผ่านมา พบว่า เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการหลังจากผ่านการฝึกอบรมแล้ว ยังมีเกษตรกรบางรายในกลุ่มขาดการผลิตและการใช้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัญหาเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น เกษตรกรขาดความรู้ในการปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้น้ำหมักชีวภาพอย่างถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้สนใจทำการวิจัยเรื่องการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ในพื้นที่อำเภอหนองเสือ เนื่องจากมีพื้นที่ถือครองทางการเกษตรมากสุดจำนวน 132,597 ไร่ (ที่ว่าการอำเภอหนองเสือ, 2556) มีการใช้สารเคมีจำนวนมาก และมีการจัดตั้งกลุ่มมากสุดรวมทั้งสิ้นจำนวน 97 กลุ่ม เกษตรกรจำนวน 4,850 ราย (สพด.ปทุมธานี, 2555) และได้คัดเลือกเกษตรที่ทำการวิจัยจากกลุ่มที่เข้าร่วมโครงการพัฒนากลุ่มเกษตรกรกลุ่มเดิมที่เข้มแข็ง (ครัวไทยสู่ครัวโลก) ปีงบประมาณ 2557 จำนวน 130 ราย เนื่องจากเป็นกลุ่มเกษตรกรที่มีความรู้ความสามารถในการทำและการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 อย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน สามารถใช้เป็นกรณีศึกษาเป็นตัวอย่างในการนำร่องการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 รวมทั้งปัจจัยพื้นฐานในด้านต่างๆ ของเกษตร และศึกษาถึงปัญหาข้อเสนอแนะ ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำหรับการส่งเสริมและพัฒนาความรู้ในการผลิตและการใช้น้ำหมักชีวภาพ จากสารเร่ง ซุปเปอร์ พด.2 ในการลดต้นทุนการเกษตรต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ปัจจัยพื้นฐานทางสังคม ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ การเปิดรับข่าวสารของเกษตรกร ความรู้และการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 รวมถึงปัญหาข้อเสนอแนะของเกษตรกรผู้ใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ในโครงการส่งเสริมการใช้สารอินทรีย์ลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ใช้แบบสัมภาษณ์ (Interviewing Schedule) ได้แบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ปัจจัยสภาพพื้นฐานทางสังคม ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ และการเปิดรับข่าวสารของเกษตรกรเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ตอนที่ 2 ความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ตอนที่ 3 การใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ของเกษตรกร ประกอบด้วยขั้นตอนปฏิบัติก่อนการใช้ ระหว่างการใช้ และหลังการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ตอนที่ 4 ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรผู้ใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ทดสอบเครื่องมือ โดยการหาความเที่ยงตรง (validity) ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ จำนวน 3 ท่าน และหาความเชื่อมั่น (reliability) ทดสอบความรู้โดยวิธีการ คูเดอร์ริชาร์ดสัน 20 (Kuder Richardson 20) ค่าความเชื่อมั่น = 0.714 และการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิอัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficien) ได้ค่าความเชื่อมั่น = 0.862 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เกษตรกรตามบัญชีรายชื่อที่ได้รับการคัดเลือกต่อยอดเพื่อเข้าร่วมโครงการพัฒนากลุ่มเกษตรกรกลุ่มเดิมที่เข้มแข็ง (ครัวไทยสู่ครัวโลก) ปีงบประมาณ 2557 ในเขตพื้นที่ของอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ทำการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เกษตรกร ระหว่างเดือนกันยายน 2557 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2557 เกษตรกร 130 ราย การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ในการอธิบายข้อมูลปัจจัยพื้นฐานทางสังคม ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ การเปิดรับข่าวสาร ความรู้ และการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ของกลุ่มประชากร ได้แก่ ค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าต่ำสุด (minimum) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

## ผลการทดลอง

จากผลการวิจัย พบว่า ปัจจัยพื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 62.30) มีอายุส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระหว่าง 51 - 60 ปี (ร้อยละ 48.50) จบชั้นประถมศึกษามากสุด (ร้อยละ 46.20) อาชีพหลักพบว่าทำการเกษตรมากสุด (ร้อยละ 90) และส่วนใหญ่ทำนา (ร้อยละ 40.80) มีการเข้าร่วมโครงการส่งเสริมการใช้สารอินทรีย์ฯ ในปี 2550 มากสุด (ร้อยละ 53.80) ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการทำน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 อยู่ในช่วง 6 - 8 ปี (ร้อยละ 60) มีพื้นที่ทางการเกษตรส่วนใหญ่อยู่ในช่วงไม่เกิน 50 ไร่ (ร้อยละ 93.70) และมีพื้นที่เป็นของตนเองมากกว่าพื้นที่เช่า โดยมีพื้นที่เป็นของตนเอง (ร้อยละ 73.08) มีการใช้แรงงานทั้งในครัวเรือนและนอกครัวเรือน ส่วนใหญ่มีการใช้แรงงาน

ทั้งหมดไม่เกิน 3 ราย (ร้อยละ 52.30) ส่วนรายได้ของเกษตรกรในรอบปีที่ผ่านมา พบว่า เกษตรกรมีรายได้สูงสุดอยู่ในช่วง 200,001 - 300,000 บาทต่อปี (ร้อยละ 23.80) เกษตรกรมีการเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 จากเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดินมากสุด (ร้อยละ 85.38)

ความรู้ของเกษตรกรผู้ใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ได้แยกประเด็นออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณสมบัติและประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ด้านการทำน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 และด้านการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 พบว่า ในภาพรวมเกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 และประเด็นความรู้รายข้อที่เกษตรกรมีค่าเฉลี่ยความรู้ระดับมากสุดได้แก่ประเด็นเรื่อง น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 เป็นของเหลว ได้จากการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากพืชหรือสัตว์ที่มีลักษณะสด อวบน้ำ หรือมีความชื้นสูง ทำให้ได้ฮอร์โมน หรือสารเสริมการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้งกรดอินทรีย์หลายชนิด พบว่ามีมีค่าเฉลี่ยความรู้เท่ากับ 0.98 ส่วนประเด็นที่เกษตรกรมีความรู้น้อยสุดแต่อยู่ในระดับปานกลางได้แก่เกษตรกรไม่ใช้น้ำหมักชีวภาพร่วมกับสารเคมี ยาปฏิชีวนะ และสารฆ่าแมลง มีค่าเฉลี่ย 2.25

การใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ของเกษตรกร ได้แบ่งการปฏิบัติออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ก่อนใช้ ระหว่างใช้ และหลังใช้ โดยมีค่าเฉลี่ยรายด้านการปฏิบัติใกล้เคียงกัน คือ 2.59, 2.63 และ 2.60 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการปฏิบัติในภาพรวมอยู่ในระดับมากเท่ากับ 2.61 และยังพบว่า เกษตรกรมีการปฏิบัติรายข้อมากสุด คือระหว่างฉีดเกษตรกรมีการเขย่าขวดน้ำหมักชีวภาพก่อนผสม การปฏิบัติอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.84 ส่วนการปฏิบัติในการใช้ที่เกษตรกรมีระดับการปฏิบัติน้อยสุดได้แก่ เกษตรกรไม่ใช้น้ำหมักชีวภาพร่วมกับสารเคมี ยาปฏิชีวนะ และสารฆ่าแมลง มีค่าเฉลี่ย 2.25

ปัญหาเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 พบว่า เกษตรกรให้ความสำคัญลำดับแรกกับปัญหาวัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำหมักชีวภาพ เช่น กากน้ำตาลหายาก พบปัญหาร้อยละ 46.20 และเกษตรกรมีข้อเสนอแนะว่าควรมีการแจกจ่ายวัสดุและอุปกรณ์ในการทำน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 เพิ่มเติม

## วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัย เรื่องการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ของเกษตรกร พื้นที่ อำเภอหนองเสือ พบว่า โดยภาพรวมค่าเฉลี่ยความรู้ของเกษตรกรอยู่ในระดับมาก มีค่าเท่ากับ 0.83 สอดคล้องกับงานวิจัยของ สายรุ้ง (2551) และ ณัฐรินทร์ (2553) ที่ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการทำและการใช้น้ำหมักชีวภาพของผู้ปลูกหน่อไม้ฝรั่งเพื่อการส่งออก อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี และความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ของกรมพัฒนาที่ดิน ผลการวิจัย มีค่าเฉลี่ยความรู้อยู่ในระดับมากมีเท่ากับ 0.83 และ 0.91 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะเกษตรกรได้รับการอบรมถ่ายทอดความรู้จากเจ้าหน้าที่ จนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2

ส่วนด้านการปฏิบัติในการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 พบว่า ในภาพรวมการปฏิบัติอยู่ในระดับมากเช่นกัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.61 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ แววตา (2551) ที่ได้ศึกษาเรื่องความพึงพอใจต่อการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ของเกษตรกรผู้ทำนา อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการใช้อยู่ในระดับมากมีค่าเท่ากับ 3.70 ทั้งนี้จากการที่เกษตรกรได้รับการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ด้านการทำและการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 จากเจ้าหน้าที่มีความเข้าใจจึงนำไปปฏิบัติอย่างถูกต้อง

จะเห็นว่าได้ว่า ความรู้ของเกษตรกรที่สามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ส่วนใหญ่เกิดจากการเปิดรับข่าวสารจากเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดินมากสุด เจ้าหน้าที่ฯ จึงเป็นผู้มีบทบาทสำคัญยิ่งในการถ่ายทอดความรู้เทคโนโลยีวิชาการต่างๆ ให้แก่เกษตรกร และในทางปฏิบัติเกษตรกรควรมีการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง มีบางประเด็นที่เกษตรกรยังมีความรู้ และการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องของเกษตรกร เจ้าหน้าที่ควรมีการชี้แจงในรายละเอียดเกี่ยวกับความรู้ในการทำการใช้น้ำหมักชีวภาพเพิ่มเติม และปัญหาของเกษตรกรส่วนใหญ่ ยังพบว่า ในพื้นที่หาซื้อกากน้ำตาลยาก เจ้าหน้าที่ควรให้คำแนะนำในเรื่องของการใช้วัตถุดิบทดแทนกากน้ำตาล เช่น ส่งเสริมให้มีการปลูกอ้อยรอบๆ ครัวเรือน เพื่อใช้ทดแทนกากน้ำตาล และมีการติดตามประเมินผลอย่างต่อเนื่อง

## สรุปผล

เกษตรกรมีการเปิดรับข่าวสารความรู้จากเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดินมากสุด และความรู้ของเกษตรกรผู้ใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณสมบัติและประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ด้านการทำน้ำหมัก

ชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 และด้านการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้านเท่ากับ 0.83 และประเด็นความรู้รายข้อที่เกษตรกรมีความรู้มากสุดได้แก่ประเด็นเรื่อง น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 เป็นของเหลว ได้จากการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากพืชหรือสัตว์ที่มีลักษณะสด อวบน้ำ หรือมีความชื้นสูง ทำให้ได้ฮอร์โมน หรือสารเสริมการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้งกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่นเดียวกับการใช้น้ำหมักชีวภาพ ซุปเปอร์ พด.2 ในภาพรวมทุกด้านเกษตรกรมีการปฏิบัติอยู่ในระดับมากเช่นกัน มีค่าเท่ากับ 2.61 และเมื่อได้พิจารณาแยกเป็นรายด้าน ได้แก่ ด้านก่อนการใช้ ระหว่างการใช้ และหลังการใช้ มีค่าเฉลี่ยการปฏิบัติอยู่ในระดับมากทุกด้าน และมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 2.59, 2.63 และ 2.60 ตามลำดับ โดยเกษตรกรมีการปฏิบัติรายข้อมากสุดในเรื่องของระหว่างฉีดมีการเขย่าขวดน้ำหมักชีวภาพก่อนผสมเสมอ ส่วนปัญหาของเกษตรกรส่วนใหญ่ พบว่า กากน้ำตาลในพื้นที่นั้นหายาก

**คำขอบคุณ**

ขอขอบคุณ สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานี กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

**เอกสารอ้างอิง**

กรมพัฒนาที่ดิน, 2551, การประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อวิทยากรและผลิตภัณฑ์กรมพัฒนาที่ดิน ปี 2550, กรุงเทพฯ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 152 หน้า.

ที่ว่าการอำเภอหนองเสือ, 2556, สภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐานของอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี, ฐานข้อมูลจากไฟล์ไมโครซอฟเวิร์ด โปรแกรม, อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี, 12 หน้า

สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานี, 2555, รายงานผลการดำเนินงานโครงการส่งเสริมการใช้สารอินทรีย์ทดแทนสารเคมีทางการเกษตร/เกษตรอินทรีย์ ปีงบประมาณ 2554, (อัดสำเนา), 5 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558, ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร ปัจจัยการผลิต, [สืบค้น],

สายรุ้ง สังข์เทศ, 2551, ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการทำและการใช้น้ำหมักชีวภาพของผู้ปลูกหน่อไม้ฝรั่งเพื่อการส่งออก อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 207 หน้า.

แววตา กุณฑล, 2551, ความพึงพอใจต่อการใช้น้ำหมักชีวภาพ พด.2 ของเกษตรกรผู้ทำนาอำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น, วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาส่งเสริมการเกษตร, ภาควิชาสาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร, แขนงวิชาส่งเสริมการเกษตร สาขาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี, 207 หน้า.

# ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย

# Farmers' Opinions on Herbal Production Technology at Agricultural Occupation Promotion and Development Center, Loei Province

**พรพิมล ศิริการ[1] และ สุพัตรา ศรีสุวรรณ[2]**

Sirikarn, P.[1] and Srisuwan, S.[2]

**Abstract**

The objective of this research was to study the opinions of 213 farmers on herbal production technology at Agricultural Occupation Promotion and Development Center (AOPDC), Loei province. Data was collected by interviewing farmers for determining as frequency, percentage, mean, standard deviation, maximum, minimum, t-test, F-test, and Pearson's Correlation Coefficient. The majority of farmers were female of 42.92 average age had primary education to secondary education level, 0.65 rai herbal plantation, 7,189.67 Baht/year cost of herbal production, and 17,785.21 Baht/year average income. The highest level of gaining information was from the training, and farmers' opinions of the AOPDC were at high acceptance. Results also showed that amount of education farmers opinions on technology of herbal production. Information gained by farmers on technology of herbal production depended significantly ($p< 0.01$) on their opinions.

**Keywords:** technology of herbal production, Agricultural Occupation Promotion and Development Center

**บทคัดย่อ**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย กลุ่มตัวอย่างจำนวน 213 ราย เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด เปรียบเทียบความคิดเห็นด้วยค่า t-test, F-test หาความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 42.92 ปี การศึกษาระดับประถมศึกษาถึงมัธยมศึกษาตอนต้น ขนาดพื้นที่ปลูกสมุนไพรเป็นของตนเองเฉลี่ย 0.65 ไร่ รายจ่ายในการผลิตสมุนไพรเฉลี่ย 7,189.67 บาทต่อปี รายได้จากการจำหน่ายสมุนไพรเฉลี่ย 17,785.21 บาทต่อปี การเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับสมุนไพรจากการอบรมมากที่สุด ความคิดเห็นต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย ด้านการปลูกสมุนไพร และการนำผลิตภัณฑ์สมุนไพรไปใช้ประโยชน์อยู่ในระดับมาก ผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นพบว่า เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกัน และการเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับสมุนไพรจากสื่อกิจกรรมแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

**คำสำคัญ:** เทคโนโลยีการผลิตสมุนไพร ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร

## คำนำ

จังหวัดเลยมีสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาลูกลอนลาด มีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 2,811,942 ไร่ ถือว่าเป็นจังหวัด ที่มีศักยภาพในการปลูกพืช เพราะว่าสามารถปลูกพืชได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็นพืชเมืองหนาว พืชเขตร้อนและร้อนชื้น (สำนักงานเกษตรจังหวัดเลย, 2557) ด้วยสภาพพื้นที่ดังกล่าวทำให้จังหวัดเลยมีความหลากหลายของพืชสมุนไพรจำนวนมากปัญหาที่สำคัญคือ การผลิตวัตถุดิบสมุนไพรยังขาดแคลน การแปรรูปผลิตภัณฑ์สมุนไพรยังมีน้อย ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด จึงต้องมีการพัฒนาการผลิตสมุนไพรที่มีคุณภาพมาตรฐานครบวงจรการผลิต การแปรรูป การใช้ประโยชน์ ส่งสู่ตลาดทั้งในและต่างประเทศ ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย สังกัดกรมส่งเสริม

[1] สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Bureau of Agricultural Commodities Promotion and Management, Department of Agricultural Extension, Chatuchak, Bangkok 10900

[2] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty Of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

การเกษตร เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ฝึกอบรมอาชีพการเกษตรแก่เกษตรกร ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการแก้ปัญหาดังกล่าว ในปีงบประมาณ 2557 ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย ได้ดำเนินงานโครงการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร โดยถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรแก่เกษตรกร (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย, 2557) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย เพื่อได้ทราบข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล ข้อมูลทางเศรษฐกิจ ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพร ตลอดจนปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพร ผลการศึกษา ได้เป็นข้อมูลในการพิจารณาปรับปรุงการถ่ายทอดความรู้ให้กับเกษตรกร และใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนา การดำเนินงานของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย และศูนย์อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย Simple Random Sampling โดยการสุ่มแบบจับสลาก ตามรายชื่อเกษตรกรผู้ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรจากศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย ปีงบประมาณ 2557 จำนวน 213 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยเป็นแบบสัมภาษณ์ (Interviewing Schedule) ประกอบด้วย คำถามแบบปลายปิด (Closed Ended Question) และคำถามแบบปลายเปิด (Open Ended Question) โดยแบ่งเป็น 5 ตอน คือ ตอนที่ 1 ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพร ตอนที่ 2 ปัจจัยทางเศรษฐกิจของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพร ตอนที่ 3 การเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรเกี่ยวกับสมุนไพรของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพร ตอนที่ 4 ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย ตอนที่ 5 ปัญหาและข้อเสนอแนะต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลยของเกษตรกร การทดสอบเครื่องมือความเที่ยงตรง (Content Validity) โดยการนำแบบสัมภาษณ์ไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เที่ยงตรง เชิงเนื้อหา และทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยนำแบบสัมภาษณ์ไปทดสอบกับเกษตรกรผู้ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ด้านความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Alpha Coefficient) ตามวิธีของ Cronbach's Alpha ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.98 ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum) การทดสอบ t-test การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว F-test การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ LSD (least significant difference) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05

## ผลการวิจัย

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 82.63) อายุเฉลี่ย 42.92 ปี การศึกษาระดับประถมศึกษาถึงมัธยมศึกษาตอนต้น ปัจจัยทางเศรษฐกิจ พบว่า ขนาดพื้นที่ปลูกสมุนไพรเป็นของตนเองเฉลี่ย 0.65 ไร่ รายจ่ายในการผลิตสมุนไพรเฉลี่ย 7,189.67 บาทต่อปี รายได้จากการจำหน่ายสมุนไพรเฉลี่ย 17,785.21 บาทต่อปี จำนวนแรงงานในการผลิตและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรเฉลี่ย 3 คน แรงงานที่ใช้ในการผลิตและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรเป็นแรงงานในครอบครัว การเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับสมุนไพรจากการอบรมมากที่สุด (ร้อยละ 75.59) ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย เฉลี่ยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.73) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นด้านการปลูกสมุนไพรเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.67) และด้านการนำผลิตภัณฑ์สมุนไพรไปใช้ประโยชน์เฉลี่ยอยู่ใน ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.81) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลยของเกษตรกรกับปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล พบว่า เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางเศรษฐกิจกับความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย พบว่า ปัจจัยทางเศรษฐกิจไม่มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์

ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคิดเห็นต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลยของเกษตรกรกับการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรเกี่ยวกับสมุนไพร พบว่า การเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับสมุนไพรจากสื่อกิจกรรมแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ข้อเสนอแนะของเกษตรกร พบว่า ควรมีการถ่ายทอดความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิตและเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม สนับสนุนการใช้สมุนไพรที่มีคุณภาพและมีมาตรฐานรับรอง มีการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์สมุนไพรให้เป็นที่รู้จักมากขึ้น

## วิจารณ์ผล

จากการศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นโดยรวมเฉลี่ย อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.73) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย ด้านการปลูกสมุนไพร เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.67) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรสนใจเทคโนโลยีการผลิตพืชสมุนไพร เพื่อให้มีคุณภาพและได้มาตรฐานรับรอง เป็นวัตถุดิบสมุนไพรต้นน้ำที่ตรงตามความต้องการของตลาด สอดคล้องกับสมชาย (2542) ได้ศึกษาการผลิตและการตลาดพืชสมุนไพรในประเทศไทย โดยการผลิตพืชสมุนไพรผู้ผลิตจำเป็นต้องศึกษาในเรื่องต่างๆ คือ สภาพตลาด ชนิด พันธุ์พืช การผลิตและวิธีการปลูก รวมทั้งการเก็บเกี่ยว เป็นเรื่องสำคัญที่ต้องปฏิบัติโดยเคร่งครัด เนื่องจากให้ได้สารสำคัญในปริมาณที่มากและมีปริมาณสูง

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลยด้านการนำผลิตภัณฑ์สมุนไพรไปใช้ประโยชน์ เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.81) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรสามารถนำสมุนไพรที่มี มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ไว้ใช้ในครอบครัว หรือจำหน่ายสู่ผู้บริโภค โดยมีการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์สมุนไพรให้เป็นที่รู้จักมากขึ้น สร้างความเชื่อมั่นในการนำผลิตภัณฑ์สมุนไพรไปใช้อย่างปลอดภัย สอดคล้องกับสุนิพนธ์ และคณะ (2542) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาอุตสาหกรรมสมุนไพร เพื่อการส่งออกและการสร้างงาน พบว่า ในปัจจุบันทั่วโลกให้ความสนใจเรื่องผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมากขึ้น ทำให้มูลค่าการบริโภคผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมีจำนวนมหาศาล ตลาดโลกมีความต้องการพืชสมุนไพรเพิ่มขึ้น ประชากรส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 80 ใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพ โดยผ่านการแพทย์พื้นบ้าน ซึ่งความต้องการยาสมุนไพรของประเทศพัฒนาก็เพิ่มขึ้นมาก ด้วยแนวความคิดของการคืนสู่ธรรมชาติ วิธีที่ดีที่สุดในการมีสุขภาพที่ดี

การเปรียบเทียบความคิดเห็นพบว่า เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูง มีการเรียนรู้ได้รวดเร็ว ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างเกษตรกรด้วยกันเอง แสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นของเกษตรกรย่อมแตกต่างไปตามพื้นฐานระดับการศึกษา ซึ่งระดับการศึกษาเป็นสิ่งจำเป็นในการใช้พื้นฐานความรู้เพื่อแสดงความคิดเห็นต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย สอดคล้องกับ ภัสสรารัตน์ (2554) ศึกษาเรื่อง ศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อแรงจูงใจในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพของบุคลากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่า ระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน มีความคิดเห็นที่มีต่อแรงจูงใจในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพโดยรวมแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การเปรียบเทียบความคิดเห็นพบว่า การเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับสมุนไพรจากสื่อกิจกรรมแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรส่วนมากเปิดรับข่าวสารผ่านการอบรม ศึกษาดูงาน และแปลงตัวอย่าง แปลงสาธิต ซึ่งบทบาทของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย คือ พัฒนาการฝึกอบรม การผลิตปัจจัยการผลิตและให้บริการทางการเกษตรแก่เกษตรกร ภายในศูนย์ฯ มีแปลงจัดการความรู้พืชสมุนไพรให้ศึกษาเรียนรู้ จึงเป็นเครื่องมือกระตุ้นและสนับสนุนศักยภาพเกษตรกรเพิ่มมากยิ่งขึ้นเพื่อให้เกษตรกรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต สามารถรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับสมุนไพรได้มากและรวดเร็ว สอดคล้องกับ ส่งสุข (2548) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตเห็ดของเกษตรกรที่เข้ารับการอบรมอาชีพกับศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพของเกษตรกร จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า รัฐควรจัดให้มีการอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกรมากขึ้น มีการจัดตั้งศูนย์อบรมเรื่องเห็ด และมีเจ้าหน้าที่คอยให้คำ แนะนำ ประจำศูนย์ฯ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรศึกษาเปรียบเทียบความต้องการของเกษตรกรระหว่างชนิดพืชสมุนไพร ชนิดผลิตภัณฑ์แปรรูปสมุนไพร เพื่อจะได้ทราบข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของเกษตรกร ประกอบการพิจารณากำหนดแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรให้เกิดประสิทธิภาพสูงขึ้น ควรศึกษาเปรียบเทียบ

ความคิดเห็นของเกษตรกรมีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย ในจังหวัดอื่นๆ ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์ฯ ควรศึกษาเกี่ยวกับระดับการศึกษาของเกษตรกรมีผลต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย และควรศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้ของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรในลักษณะต่างๆ เช่น การอบรม การศึกษาดูงาน การทำแปลงตัวอย่าง แปลงสาธิต เพื่อสนับสนุนและส่งเสริมให้เกษตรกรเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

## สรุปผล

จากการศึกษา พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 42.92 ปี การศึกษาระดับประถมศึกษาถึงมัธยมศึกษาตอนต้น ขนาดพื้นที่ปลูกสมุนไพรเป็นของตนเองเฉลี่ย 0.65 ไร่ รายจ่ายในการผลิตสมุนไพรเฉลี่ย 7,189.67 บาทต่อปี รายได้จากการจำหน่ายสมุนไพรเฉลี่ย 17,785.21 บาทต่อปี จำนวนแรงงานในการผลิตและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรเฉลี่ย 3 คน แรงงานที่ใช้ในการผลิตและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรเป็นแรงงานในครอบครัว การเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับสมุนไพรจากการอบรมมากที่สุด ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อเทคโนโลยีการผลิตสมุนไพรของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย เฉลี่ยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.73) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นด้านการปลูกสมุนไพรเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.67) และด้านการนำผลิตภัณฑ์สมุนไพรไปใช้ประโยชน์เฉลี่ยอยู่ใน ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.81) ผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นพบว่า เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกัน และการเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับสมุนไพรจากสื่อกิจกรรมแตกต่างกัน มีความคิดเห็นแตกต่างกัน

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ กรมส่งเสริมการเกษตร ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย สำนักงานเกษตรจังหวัดเลย ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## เอกสารอ้างอิง

ภัสสรารัตน์ ยอดสุรางค์, 2554, ความคิดเห็นที่มีต่อแรงจูงใจในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพของบุคลากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, การศึกษาค้นคว้าอิสระศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเลย, 2557, โครงการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพทางการเกษตร ปี 2557, กรมส่งเสริมการเกษตร.

ส่งสุข รัตนาภรณ์, 2548, ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตเห็ดของเกษตรกรที่เข้ารับ การฝึกอบรมอาชีพกับศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดสุราษฎร์ธานี, กรุงเทพมหานคร, กรมส่งเสริมการเกษตร.

สมชาย บุญสุภาพร, 2542, การผลิตและการตลาดพืชสมุนไพรในประเทศไทย, การศึกษาค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเลย, 2557, จดหมายข่าวส่งเสริมการเกษตร เดือนพฤษภาคม 2557.

สุนิพนธ์ ภุมมางกูร สุรัตนา อำนวยผล วีณา จิรัจฉริยากูล จิราพร ลิ้มปานานนท์ และสุนทรี วิทยานารถไพศาล, 2542, “การศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาอุตสาหกรรมสมุนไพรเพื่อการส่งออกและการสร้างงาน” รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1.

# สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งขมิ้นชันด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

## Optimal Condition for Turmeric Drying by Superheated Stream

ยาตรา จำปาเฟื่อง[1] เยาวภา ไหวพริบ[2] และ อนันต์ ทองทา[3]

Jampafuang, Y.[1], Waiprib, Y.[2] and Tongta, A.[3]

### Abstract

The effects of temperature (120, 130, and 140°C), and velocity (1.17, 1.46, and 2.01 m.s$^{-1}$) of superheated steam on total phenolic content and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging ability of dried turmeric products with final moisture content of 12%db were investigated. The result demonstrated the interaction effect of drying temperature and velocity on total phenolic content and DPPH radical scavenging ability ($p<0.05$), that is, the use of higher temperature and velocity resulted in higher total phenolic content and DPPH radical scavenging ability of dried turmeric products. The operating temperature at 130ºC with velocity of 2.01 ms$^{-1}$ resulted in the highest total phenolic content (194.26$\pm$13.70 mg of gallic acid/g extracts) ($p<0.05$), while operating temperature at 130 and 140 ºC with velocity of 2.01 ms$^{-1}$ resulted in the highest DPPH radical scavenging ability (96.36$\pm$2.36 and 98.17$\pm$3.64 mg of ascorbic acid/100 g extracts, respectively) ($p<0.05$). The optimal condition for turmeric drying was the use temperature at 130ºC with velocity of 2.01 ms$^{-1}$ as a result of the highest total phenolic content, and DPPH radical scavenging ability of dried turmeric product achieved ($p <0.05$).

**Keywords:** turmeric, drying, superheated steam, phenolic content, DPPH radical scavenging ability

### บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอุณหภูมิ (120 130 และ 140 ºC) และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (1.17, 1.46 และ 2.01 m.s$^{-1}$) ต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูล 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12% มาตรฐานแห้ง พบว่าอุณหภูมิและความเร็วมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ($p<0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วสูงกว่า มีปริมาณฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงกว่า โดยผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 130 ºC ร่วมกับความเร็ว 2.01 m.s$^{-1}$ มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงสุด (194.26$\pm$13.70 mg gallic acid/g extracts) และผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 130 และ 140 ºC ร่วมกับความเร็ว 2.01 m.s$^{-1}$ มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงสุด (96.36$\pm$2.36 และ 98.17$\pm$3.64 mg ascorbic acid/ 100 g extracts ตามลำดับ) ($p<0.05$) สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งขมิ้นชันด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง คือ อุณหภูมิ 130ºC และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2.01 ms$^{-1}$ มีผลให้ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดและมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงสุด

**คำสำคัญ:** ขมิ้นชัน การทำแห้ง ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ปริมาณฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH

### คำนำ

ขมิ้นชัน (Turmeric) เป็นพืชวงศ์ขิง มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Curcuma longa* L. มีความสำคัญและการใช้ประโยชน์มากในอุตสาหกรรมอาหาร ส่วนใหญ่นิยมแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องเทศโดยการทำแห้ง (Tain และ Grenis, 1993) วิธีการทำแห้ง ได้แก่ การตากแดด การทำแห้งด้วยอากาศร้อน และการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง เป็นต้น (อาทิตย์, 2550;

[1] **ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา** 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Sciense, Faculty of Science, Burapha University, 169 Long-Hard Bangsaen Rd, Saensook, Muang, Chonburi 20131

[2] **ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ. พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900**

[2] Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, 50 Phahon Yothin Rd. Chatuchak, Bangkok 10900

[3] **ชื่อคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150**

[3] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Moo 8 Tein-talay Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

Balladin และคณะ, 1996; Prasad และ Vijay, 2005) ซึ่งการทำแห้งอาหารด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว ที่ความดันที่กำหนด ข้อดีคือ ช่วยลดเวลาการทำแห้ง อีกทั้งยังช่วยลดพลังงานในการทำแห้งเนื่องจากการหมุนเวียนของไอน้ำกลับมาใช้ใหม่ (ยรรยง, 2550) งานวิจัยนี้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

## อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง ล้างขมิ้นชัน ปอกเปลือก หั่นตามยาวของเหง้าให้เป็นแผ่นหนา 0.30 cm ชั่งน้ำหนัก 100 g เรียงใส่ถาดเตรียมเข้าห้องทำแห้งในเครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ใช้เครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่เป็นห้องทำแห้งแบบงวด (Batch Dryer) โดยกำหนดอุณหภูมิในการทำแห้ง 120 130 และ 140 $^oC$ ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งเท่ากับ 1.17 1.46 และ 2.01 $ms^{-1}$ ทำแห้งขมิ้นชันด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง จนได้ความชื้น 12% d.b.

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic content) และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH โดยดัดแปลงจากวิธีของ Chan และคณะ (2008) และ Chan และคณะ (2009)

วางแผนการทดลองแบบ Factorial Design ที่ระดับ 3x3 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ทีระดับความเชื่อมั่น 95%

## ผลการทดลอง

ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ความชื้น12 % d.b. พบว่าอิทธิพลร่วมกันระหว่างอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลต่อ ปริมาณฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ($p<0.05$) ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงเมื่อทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วสูงขึ้น (Figure 1 และ Figure 2) โดยการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2.01 เมตรต่อวินาที ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงสุด ($p<0.05$) ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 1.17 และ 1.46 เมตรต่อวินาที ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ต่ำสุด ($p<0.05$)

## วิจารณ์ผล

อุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPHของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันที่ทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงกว่า มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงกว่า อาจเกิดจากการที่ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูง ทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนและมวลสารในผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่า (สุดาทิพย์ และคณะ, 2549; Nathakaranakul และคณะ, 2007; Tang และคณะ, 2005) มีผลให้เยื่อหุ้มเซลล์พาเรนไคมา (parenchyma cell walls) และเซลล์น้ำมัน (oil cells) แตกออกได้มากกว่า (Azian และคณะ, 2004) นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลที่จับแน่นอยู่กับเนื้อเยื่อพืช (bound form) เปลี่ยนมาเป็นอยู่ในรูปอิสระ (free form) มากขึ้น มีผลให้ถูกสกัดออกมาได้มากขึ้น เนื้อเยื่อที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการทำแห้งจึงมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงขึ้น (รุจิรา และคณะ, 2551) ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH จึงสูงขึ้น

## สรุปผล

อุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPHของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งที่ทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วสูงกว่า มีปริมาณฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPHสูงกว่า ($p<0.05$) สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งขมิ้นชันด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง คือ อุณหภูมิ 130$^oC$ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2.01 $ms^{-1}$

## เอกสารอ้างอิง


สุดาทิพย์ คงขำ อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2549, การอบแห้งเนื้อไก่ปรุงรสด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับปั๊มความร้อน. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ยรรยง ศรีสม, 2550, อบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี, 191: 133-139.

รุจิรา ตาปราบ จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์ และประพันธ์ ปิ่นศิโรดม, 2551, สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิงและผลิตภัณฑ์ขิงในระหว่างกระบวนการแปรรูป, อาหาร, 38: 74-84.

อาทิตย์ จันทร์หิรัญ, 2550, การอบแห้งขิงด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเกษตร, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Azian, M.N., Kamal, M.A.A. and Azlina, M.N., 2004, Changes of Cell Structure in Ginger during Processing. Journal of Food Engineering, 62: 359–364.

Balladin, D.A., Changyen, I., McGAW, D.R. and Headley, O., 1996, Solar Drying of West Indian Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Rhizome Using a Wire Basket Dryer, Renewaable Energy, 7(4): 409-418.

Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, L.F., Lianto, F.S., Wong, S.K., Lim, K.K., Joe, C.E. and Lim., T.Y., 2008, Antioxidant and Tyrosinase Inhibition Properties of Leaves and Rhizomes of Ginger Species, Food Chemistry, 109: 477–483.

Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K.K., Tan, S.P., Lianto, F.S. and Yong, M.Y., 2009, Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species, Food Chemistry, 113: 166–172.

Nathakaranakule, A., Kraiwanichkul, W. and Soponronnarit, S., 2007, Comparative Study of Different Combined Superheated-steam Drying Techniques for Chicken Meat, Journal of Food Engineering, 80: 1023–1030.

Prasad, J. and Vijay, V.K., 2005, Experimental Studies on Drying of *Zingiber officinale*, *Curcuma longa* l. and *Tinospora cordifolia* in Solar-biomass Hybrid Drier, Renewable Energy, 30: 2097–2109.

Tain, D.R. and Grenis, A.T., 1993, Spice and Seasonings: A food Technology Handbook, VCH, New York.

Tang, Z., Cenkowski, S. and Izydorczyk, M., 2005, Thin-layer Drying of Spent Grains in Superheated Steam, Journal of Food Engineering, 67: 457-465.

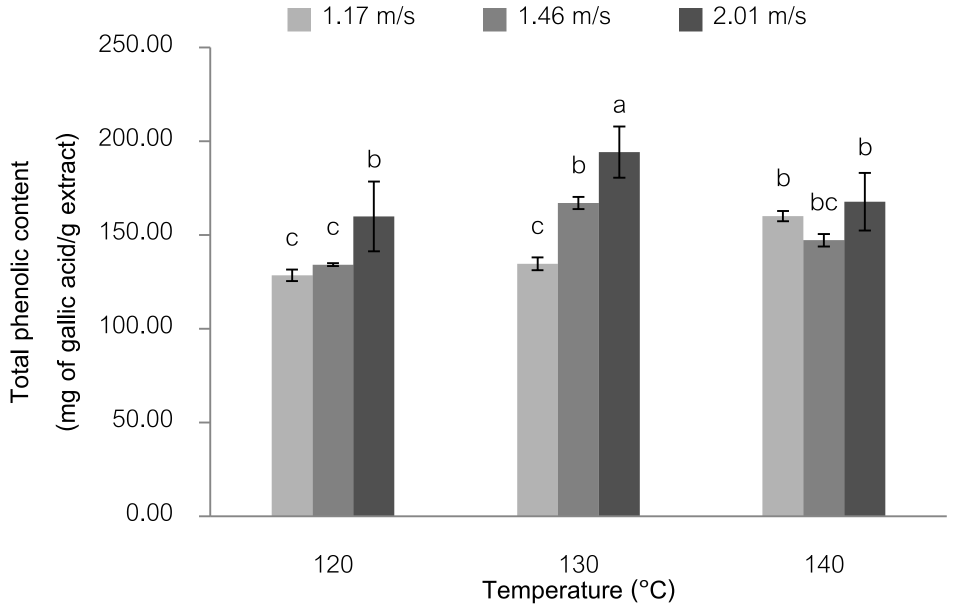




**Figure 1** The effects of temperature and velocity of superheated steam on total phenolic content of superheated steam dried turmeric products.

[a,b,c] Means followed by different letter are significantly different, as determined by Duncan's new multiple range test ($p<0.05$).

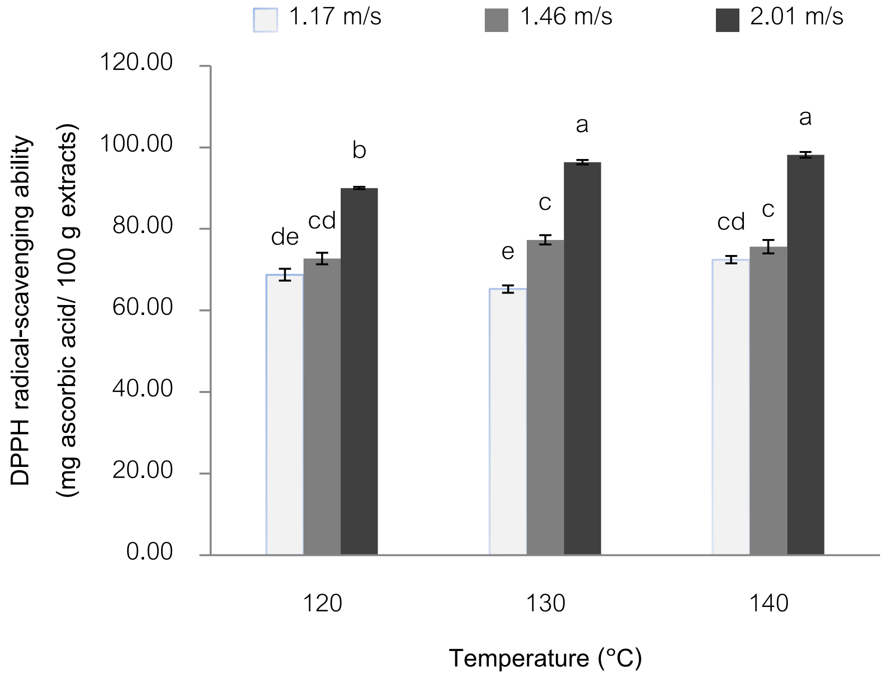



**Figure 2** The effects of temperature and velocity of superheated steam on DPPH radical scavenging ability of superheated steam dried turmeric products.

[a,b,c] Means followed by different letter are significantly different, as determined by Duncan's new multiple range test ($p<0.05$).

# ผลของสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของน้ำตาลมะพร้าวผง

## Effect of Spray Drying Conditions on Quality of Coconut Sugar Powder

**คณิตนันท์ เอซัน[1] เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[2] และ สุภาภรณ์ เลขวัต[3]**

A-sun, K.[1], Thumthanaruk, B.[2] and Lekhavat, S.[3]

### Abstract

The aim of this research was to study the effect of spray drying conditions on properties of coconut sugar powder. Raw coconut sugar was firstly heated at 100°C for 30 minutes to obtain pasteurized coconut sugar. The feed solution was prepared by mixing pasteurized coconut sugar with maltodextrin (DE 9-12) at 10, 20 and 30% (w/v) and then was spray dried at inlet temperature of 120, 150 and 180°C, respectively. Feed rate was controlled at 4-5-7.5 ml/min. Particle size, glass transition temperature and morphology of coconut sugar powder were evaluated. The results showed that increasing of maltodextrin concentration and inlet air temperature have no any effect on the particle size of the coconut sugar powder (11.31-13.15 micron), but glass transition temperature rise (41-66°C). The results of SEM showed that coconut sugar powder was round shape. It is found that escalating of inlet air temperature resulting in increasing of rough and shrinkage surface

**Keywords:** coconut sugar, glass transition temperature, scanning electron microscopy, spray drying

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพ และลักษณะเบื้องต้นของน้ำตาลมะพร้าวผง ในขั้นแรกน้ำตาลมะพร้าวจากต้นมะพร้าวถูกนำมาเคี่ยวให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีเพื่อฆ่าเชื้อระดับพาสเจอร์ไรส์ จากนั้นนำไปอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยเตรียมสารละลายป้อนจากน้ำตาลมะพร้าวผสมกับมอลโตเดกซ์ตริน (DE 9-12) ที่ร้อยละ 10 20 และ 30 (w/v) และแปรอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 120 150 และ 180 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กำหนดอัตราการป้อนสาร 4.5-7.5 มิลลิลิตร/นาที ทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาค ค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของน้ำตาลมะพร้าวผง ผลการทดลองพบว่าปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อขนาดอนุภาคของน้ำตาลมะพร้าวผง (11.31-13.15 ไมโครเมตร) แต่ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วเพิ่มขึ้น (41-66 องศาเซลเซียส) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของน้ำตาลมะพร้าวผงมีลักษณะค่อนข้างกลม พบรอยยุบตัวและขรุขระบริเวณผิวหน้ามากขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าเพิ่มขึ้น

**คำสำคัญ**: น้ำตาลมะพร้าว อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน การอบแห้งแบบพ่นฝอย

### คำนำ

น้ำตาลมะพร้าวได้จากส่วนของจั่นหรือช่อดอกของต้นมะพร้าว แต่เดิมมีการใช้น้ำตาลมะพร้าวในครัวเรือนก่อนการใช้น้ำตาลทรายที่ผลิตจากอ้อยในปัจจุบัน ด้วยน้ำตาลที่ได้จากต้นมะพร้าวมีกลิ่นรสที่ดี น้ำตาลมะพร้าวมีปริมาณแร่ธาตุสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายแดง นอกจากนี้ยังมีรายงานพบว่าน้ำตาลมะพร้าวมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดในบรรดาน้ำตาลที่ได้จากพืชและสารในกลุ่มฟีโนลิคซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (ณัฏฐ์จิรัชยา, 2549) งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการแปรรูปน้ำตาลมะพร้าวให้อยู่ในรูปผงแห้ง

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[2] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

[3] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย -35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[3] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

โดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อให้สามารถเก็บได้นานขึ้น ง่ายต่อการขนส่งและจัดเก็บ อีกทั้งยังสามารถคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เอาไว้ได้ โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพและลักษณะเบื้องต้นของน้ำตาลมะพร้าวผง

## อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างน้ำตาลมะพร้าวได้จากสวนมะพร้าว ต.ปลายโพงพาง อ.อัมพวา จ.สมุทรสาคร ผ่านการเคี่ยวที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำตัวอย่างกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกเศษไม้ เศษแมลงหรือเศษฝุ่นที่อาจหลงเหลืออยู่ นำตัวอย่างแช่แข็งเพื่อทำการทดลองถัดไป

การอบแห้งแบบพ่นฝอยน้ำตาลมะพร้าว โดยแปรปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินที่ร้อยละ 10 20 และ 30 (w/v) ใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Buchi mini spray dry รุ่น B-290) แปรอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 120 150 และ 180 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กำหนดอัตราการป้อนสารที่ 4.5-7.5 มิลลิลิตร/นาที กำหนด flow control ที่ 0.23 บาร์ และ aspirator rate 32 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และนำน้ำตาลมะพร้าวผงมาบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ปิดสนิทในถุงซิบล็อคและเก็บในโถดูดความชื้น

การวิเคราะห์คุณภาพและลักษณะเบื้องต้นของน้ำตาลมะพร้าวผง วิเคราะห์ค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว ($T_g$) ดัดแปลงวิธีจากโยษิตา (2552) โดยใช้เครื่อง Differential scanning calorimetry (DSC) วิเคราะห์ขนาดอนุภาคโดยใช้เครื่อง Particle size analyzer และลักษณะสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองมีค่าปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อขนาดอนุภาคน้ำตาลมะพร้าวผงซึ่งพบอยู่ในช่วง 11.41-13.15 ไมโครเมตร (Table 1) อาจเพราะการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงทำให้หยดของเหลวเกิดการฟอร์มตัวเป็นอนุภาคผงแห้งอย่างรวดเร็ว ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า $T_g$ เนื่องจากการเติมมอลโตเดกซ์ตรินซึ่งเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลและค่า $T_g$ สูง สามารถใช้เพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนแปลงได้ยาก (อนุสรา, 2552) การใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อความชื้นที่ลดลง (Table 2) เนื่องจากน้ำมีค่า $T_g$ ต่ำ การควบคุมความชื้นหรือปริมาณน้ำให้ลดลงทำให้ค่า $T_g$ เพิ่มขึ้น น้ำตาลมะพร้าวผงเกิดลักษณะเหนียวและเกาะกันยากขึ้น (ดวงพร, 2554) ผลการวิเคราะห์รูปทรงของอนุภาคพบว่าปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อรูปร่างของอนุภาค โดยมีรูปร่างคล้ายกัน ลักษณะค่อนข้างทรงกลมผิวหน้าเรียบ (Figure 1) พบการยุบตัวบริเวณผิวหน้าซึ่งมีความขรุขระเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่เพิ่มขึ้น เป็นไปได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาเข้าสูงขึ้นเกิดการฟอร์มตัวของเปลือกแข็งบนผิวอนุภาคและเกิดการแตกหักของโครงสร้าง ซึ่งลักษณะเหล่านี้อาจเกิดจากการระเหยน้ำอย่างรวดเร็วและความดันที่สูงขึ้นของอนุภาคในระหว่างการอบแห้ง

## สรุปผล

ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อนที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อขนาดอนุภาคน้ำตาลมะพร้าวผง แต่ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วเพิ่มขึ้น ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของน้ำตาลมะพร้าวผงมีลักษณะค่อนข้างกลมผิวหน้าค่อนข้างเรียบ พบการยุบตัวและขรุขระมากขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าเพิ่มขึ้น

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนโครงการการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอกระหว่างสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแหงประเทศไทย (วว.) กับสถาบันการศึกษา

## เอกสารอ้างอิง

ดวงพร คุณาพรสุจริต, 2554, การผลิตเครื่องดื่มลำไยผงโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ณัฏฐ์จิรัชยา อุตราภรณ์, 2549, ผลของปัจจัยในการผลิตและการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติของน้ำตาลมะพร้าว, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

โยษิตา โตเสาวลักษณ์, 2552, การห่อหุ้มร่วมของสารสีธรรมชาติกับผลึกน้ำผึ้งด้วยวิธีการอบแห้ง, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อนุสรา เมืองมา, 2552, การลดการเกาะติดของน้ำผึ้งผงระหว่างการอบแห้งแบบพ่นฝอย, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

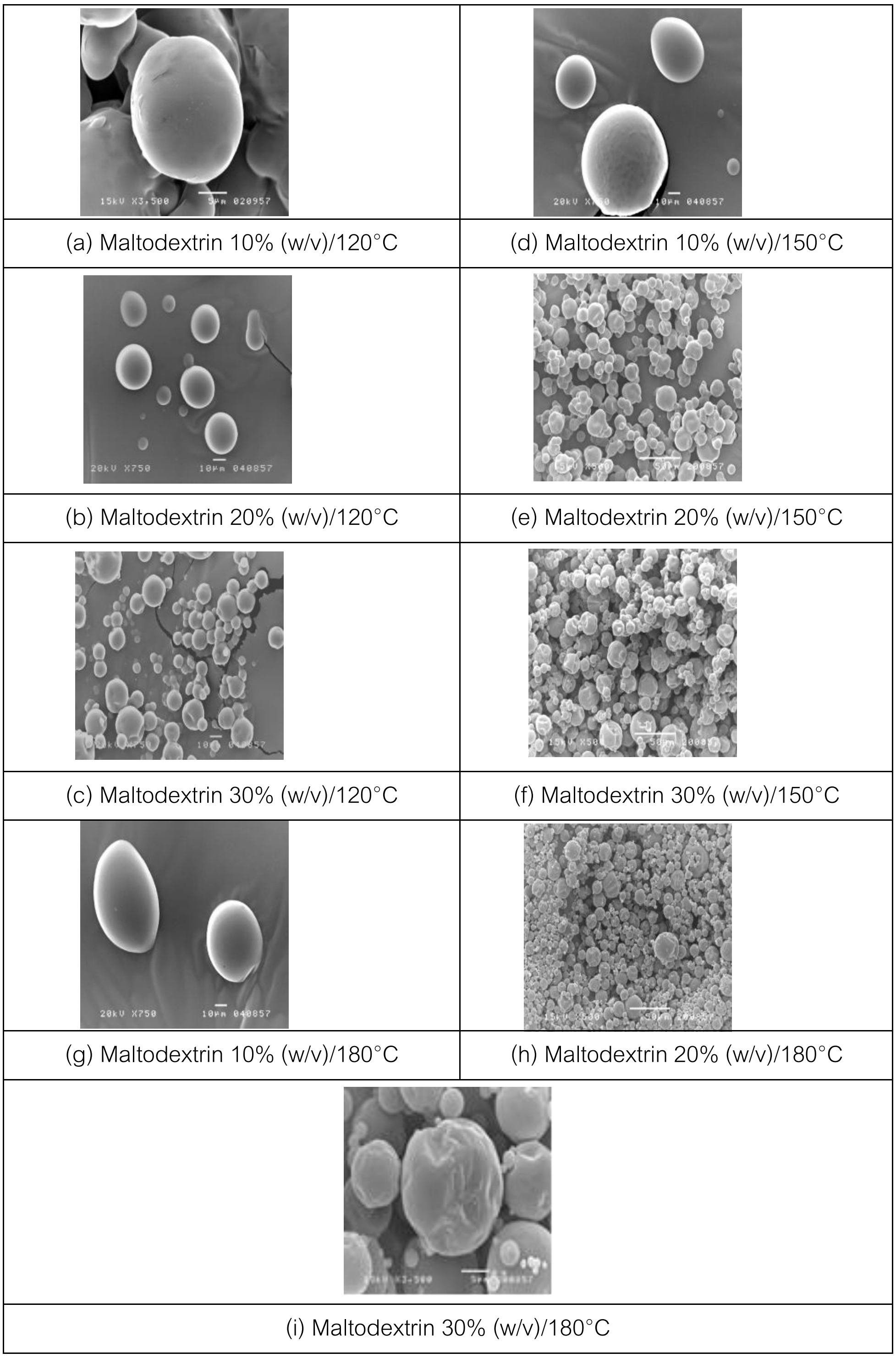



**Figure 1** The morphology of coconut sugar powder (a) condition 1 (b) condition 2 (c) condition 3 (d) condition 4 (e) condition 5 (f) condition 6 (g) condition 7 (h) condition 8 and (i) condition 9

**Table 1** Particle size of coconut sugar powder

| %Maltodextrin (w/v) | Particle size (micron) | | |
|---|---|---|---|
| | Inlet air temperature (°C) | | |
| | 120 | 150 | 180 |
| 10 | 11.41±0.14$^{aA}$ | 11.46±0.10$^{aA}$ | 11.68±0.14$^{aA}$ |
| 20 | 12.19±0.20$^{aA}$ | 12.20±0.24$^{aA}$ | 11.99±0.30$^{aA}$ |
| 30 | 11.44±0.11$^{aA}$ | 12.38±0.16$^{aA}$ | 13.15±1.23$^{aA}$ |

Different letter (a,b,c) in the same column showed significant difference (P<0.05)

Different capital letter (A,B,C) in the same row showed significant difference (P<0.05)

**Table 2** Glass transition temperature value of coconut sugar powder

| %Maltodextrin (w/v) | Glass transition temperature (°C) | | |
|---|---|---|---|
| | Inlet air temperature (°C) | | |
| | 120 | 150 | 180 |
| 10 | 41.00±1.00$^{bC}$ | 42.33±0.57$^{bB}$ | 52.00±2.00$^{aC}$ |
| 20 | 48.00±2.00$^{bB}$ | 51.00±1.00$^{abB}$ | 55.00±1.00$^{aB}$ |
| 30 | 59.66±0.57$^{bA}$ | 61.66±0.57$^{abA}$ | 66.00±1.00$^{aA}$ |

Different letter (a,b,c) in the same column showed significant difference (P<0.05)

Different capital letter (A,B,C) in the same row showed significant difference (P<0.05)

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 789-792 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 789-792 (2558)

# ผลของสาร 1-MCP ร่วมกับฟองอากาศขนาดไมโครต่อคุณภาพช่อดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ Big White Jumbo
# Effect of 1- MCP Combined with Micro-bubble on Quality of *Dendrobium* Big White Jumbo Inflorescence

**อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1] กฤษฎา ศรีบุญเพ็ง[2] ชลิดา ชลไมตรี[1] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1]**
Uthairatanakij, A.[1], Sribunpheng, K.[2], Cholmaitri, C.[1] and Jitareerat, P.[1]

## Abstract
Flower dropping and bud yellowing caused by ethylene are the major postharvest problems for *Dendrobium* inflorescences. The objective of this study was to investigate the effect of micro-bubbled 1-MCP on the quality of cut *Dendrobium* "Big White Jumbo" inflorescences. Inflorescences were submersed in water bath connected with micro bubble containing 1-MCP at the concentration of 0 (control), 250, 500 and 1,000 ppb. Thereafter, inflorescences were dried and placed in test tube containing water and stored at 25°C. After 15 days, the increasing fresh weight was significantly higher in the control, while no significant differences were observed in water uptake bud yellowing and bud opening. Inflorescences treated with micro-bubbled 1-MCP at 250 ppb had the highest flower senescence. This result indicates that micro-bubbled 1-MCP had no effect on extending shelf life and retaining postharvest quality of *Dendrobium* Big White Jumbo inflorescence.
**Keywords**: bud opening, flower senescence, quality, bud yellowing

## บทคัดย่อ
ดอกหลุดร่วง และ ดอกตูมเหลืองที่มีสาเหตุมาจากเอทิลีนนับปัญหาหลักภายหลังการเก็บเกี่ยวช่อดอกกล้วยไม้ วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครต่อคุณภาพช่อดอกกล้วยไม้ *Dendrobium* Big White Jumbo โดยนำช่อดอกกล้วยไม้ไปจุ่มในอ่างน้ำแล้วปล่อยสาร 1-MCP ที่มีฟองขนาดไมโคร ลงไปที่ความเข้มข้น 0, 250, 500 และ 1,000 ppb จากนั้นผึ่งให้แห้งแล้วปักในน้ำกลั่นวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน พบว่า ชุดควบคุมมีน้ำหนักสดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ แต่การดูดน้ำ ดอกตูมเหลือง และการบานเพิ่มของดอกตูมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ และดอกกล้วยไม้ที่ได้รับฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร 250 ppb เกิดการเสื่อมสภาพมากที่สุด ดังนั้นการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครไม่มีผลต่อการยืดอายุการใช้งานและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวช่อดอกกล้วยไม้ *Dendrobium* Big White Jumbo
**คำสำคัญ**: ดอกตูมบาน ดอกเสื่อมสภาพ คุณภาพ ดอกตูมเหลือง

## บทนำ
ประเทศไทยมีการส่งออกกล้วยไม้ตัดดอกปีละหลายพันล้านบาท แต่ปัญหาหลักภายหลังการเก็บเกี่ยวช่อดอกกล้วยไม้ ได้แก่ ดอกหลุดร่วง ดอกตูมเหลือง และดอกบานไม่ทน เป็นต้น ซึ่งมีสาเหตุจากเอทิลีนที่พืชสร้างขึ้นหรือจากสภาพแวดล้อม ปัจจุบันมีการนำสาร 1-MCP มาใช้ในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีนในสินค้าเกษตรหลายชนิด อย่างไรก็ตามการตอบสนองต่อ 1-MCP ขึ้นอยู่กับชนิดพืช (Yumoto และ Ichimura, 2012) การทำPretreatment ต้น Geranium ด้วยสาร 1- MCP ความเข้มข้น 0.1 หรือ 1.0 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 3 6 12 หรือ 24 ชั่วโมงก่อนการขนส่งช่วยลดการหลุดร่วงของกลีบดอกได้ (Jone และคณะ, 2001) การรมช่อดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ Jacky ด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 300 หรือ 500 nl/l ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมงก่อนเก็บรักษาในสภาพจำลองการขนส่ง ช่วยลดการหลุดร่วงและการเหี่ยวของดอกตูมและดอกบานได้ (Ketsa และ Uthaichay, 2012) และการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร ความเข้มข้น 30 ppb สามารถลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนทำให้กล้วยหอมสุกช้าลง (ณัฐชัย และคณะ, 2555) ดังนั้น

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150
[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150
[2] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140
[2] Department of Chemistry, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร ต่อคุณภาพช่อดอกกล้วยไม้ *Dendrobium* Big White Jumbo ต่อคุณภาพการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

ช่อดอกกล้วยไม้หวายขาว (*Dendrobium* Big White Jumbo) ซื้อจากบริษัทส่งออกในเขตกรุงเทพฯ นำมาตัดปลายก้านช่อเหลือความยาว 15 เซนติเมตร จากนั้นแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 10 ช่อ แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำขนาด 50 ลิตร แล้วปล่อยฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 250 500 และ 1,000 ppb จากนั้นผึ่งให้แห้งแล้วนำมาปักในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน ทำการบันทึกผลทุก 2 วัน ดังนี้ การดูดน้ำ น้ำหนักสด การหลุดร่วงของดอก ดอกตูมเหลือง การบานเพิ่มของดอกตูม และการเสื่อมสภาพของช่อดอก

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ฟองก๊าซขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 50 ไมโครเมตร มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น สร้างอนุมูลอิสระ ช่วยทำความสะอาด และมีประจุลบซึ่งสามารถไปจับกับโมเลกุลอื่นได้ จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้มีการนำฟองก๊าซขนาดไมโครมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและด้านการเกษตร (Sumikura และคณะ, 2007; Takahashi และคณะ, 2007b) Ikeura และคณะ (2013) รายงานว่าการใช้ฟองก๊าซโอโซนขนาดเล็กกว่า 50 ไมโครเมตร ช่วยลดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างบนใบพลับได้ นอกจากนี้มีรายงานว่าการใช้สาร 1-MCP เพื่อลดการหายใจและการผลิตเอทิลีนของกล้วยในรูปฟองก๊าซไมโครให้ประสิทธิภาพดีกว่าการรมแบบปกติ (Pongprasert และ Srilaong, 2014) จากการทดลองพบว่า ชุดควบคุมมีน้ำหนักสดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ช่อดอกกล้วยไม้ที่แช่ในฟองก๊าซ 1-MCP ทุกความเข้มข้นมีน้ำหนักสดไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามช่อดอกกล้วยไม้ทุกชุดการทดลองมีการดูดน้ำ การเหลืองของดอกตูม และการบานเพิ่มของดอกตูมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ และดอกกล้วยไม้ที่ได้รับฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร ความเข้มข้น 250 ppb เกิดการเสื่อมสภาพมากที่สุด ดังนั้นการนำเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครเมตรมาใช้ร่วมกับสาร 1-MCP เพื่อช่วยรักษาคุณภาพของช่อดอกกล้วยไม้หวายขาวพันธุ์ Big White Jumbo ไม่สามารถช่วยลดปัญหาการเสื่อมสภาพหรือการหลุดร่วงของดอกกล้วยไม้ได้ เนื่องจากดอกไม้แต่ละชนิดตอบสนองต่อเอธิลีนในระดับความไวที่แตกต่างกัน เมื่อเข้าสู่ระยะเสื่อมสภาพจะมีความไวต่อการตอบสนองเอธิลีนเพิ่มขึ้น (นิธิยา และดนัย, 2537) ซึ่งการผลิตเอธิลีนสูงสุดมีความสัมพันธ์กับปริมาณ ACC ในเนื้อเยื่อส่วนดอกของกล้วยไม้หวายสายพันธุ์ Pompadour ทำให้เกิดการม้วนงอของกลีบดอกและเข้าสู่ระยะเสื่อมสภาพ (Nair และ Tung, 1987) และกล้วยไม้หวายพันธุ์ซีซาร์ดิพพลอยด์ (2N) มีอัตราการผลิตเอธิลีนมากกว่าดอกกล้วยไม้หวายเตตราพลอยด์ (4N) และดอกตูมมีการผลิตเอธิลีนมากที่สุด (อภิวรา, 2542) นอกจากนี้คุณภาพและอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลเก็บเกี่ยว และสายพันธุ์ (Dai และ Paull, 1991)

## สรุปผล

การใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อการยืดอายุการใช้งานและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวช่อดอกกล้วยไม้ *Dendrobium* Big White Jumbo

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

## เอกสารอ้างอิง

ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และวาริช ศรีละออง, 2555, การใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครและนาโน: เทคนิคใหม่ในการชะลอการสุกของกล้วยหอม, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(3)(พิเศษ): 284-287.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุณยเกียรติ, 2537, การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่, 70 น.

อภิวรา ประยูรวงศ์, 2542, การผลิตเอทิลีนของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ซีซาร์ดิพพลอยด์และเตตราพลอยด์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

Dai, J. and Paull, R.E., 1991, Effect of Water Status on *Dendrobium* Flower Spray Postharvest Life, Journal of the American Society for Horticultural Science, 166: 491-496.

Ketsa, S. and Uthaichay, N., 2012, Effect of 1-MCP on Senescence of *Dendrobium* Flowers in Stimulated Shipment for Export, Acta Horticulturae, 945.

Pongprasert, N. and Srilaong, V., 2014, A Novel Technique Using 1-MCP Microbubbles for Delaying Postharvest Ripening of Banana Fruit, Postharvest Biology and Technology, 95: 42-45.

Ikeura, H., Hamasaki, S. and Tamaki, M., 2013, Effects of Ozone Microbubble Treatment on Removal of Residual Pesticides and Quality of Persimmon Leaves, Food Chemistry, 138: 366-371.

Sumikura, M., Hidaka, M., Murakami, H., Nobutomo, Y. and Murakami, T., 2007, Ozone Micro-bubble Disinfection Method for Wastewater Reuse System, Water Science and Technology, 56: 53-61.

Takahashi, M., Chiba, K. and Li, P., 2007b, Formation of Hydroxyl Radicals by Collapsing Ozone Microbubbles under Strongly Acidic Conditions, Journal of Physical Chemistry, 111: 11443-11446.

Yumoto, H.S. and Ichimura, K. 2012. Pollination and Ethylene Inhibitor Treatments on Flower Senescence of Gentians, Postharvest Biology and Technology, 63: 111-115.

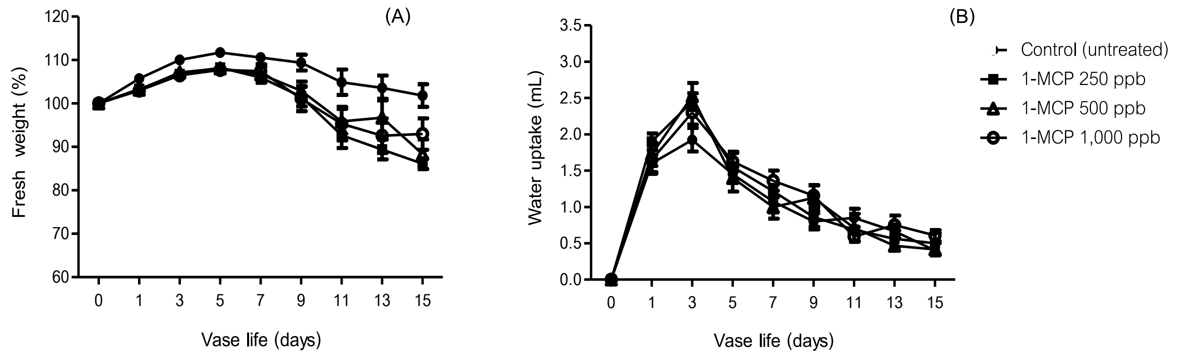



**Figure 1** Fresh weight (A) and Water uptake (B) of micro-bubbled 1-MCP (control, 250, 500 and 1,000 ppb) on the quality of cut *Dendrobium* Big White Jumbo inflorescences.

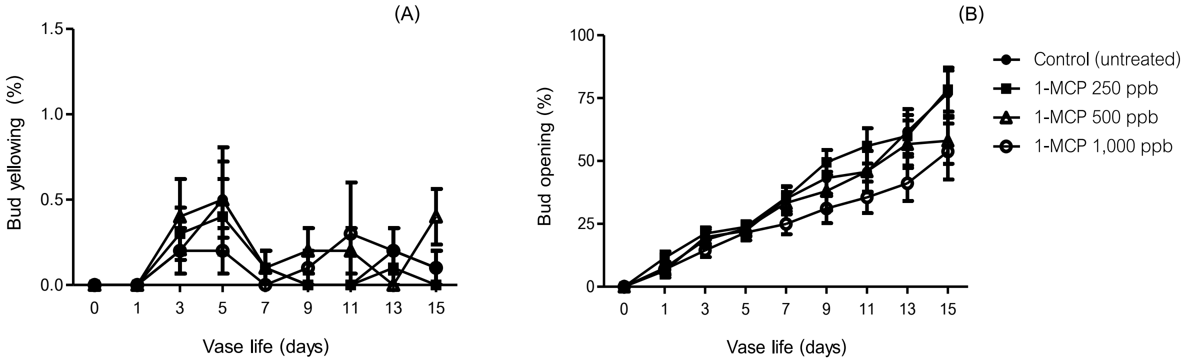



**Figure 2** Bud yellowing (A) and Bud opening (B) of micro-bubbled 1-MCP (control, 250, 500 and 1,000 ppb) on the quality of cut *Dendrobium* Big White Jumbo inflorescences.

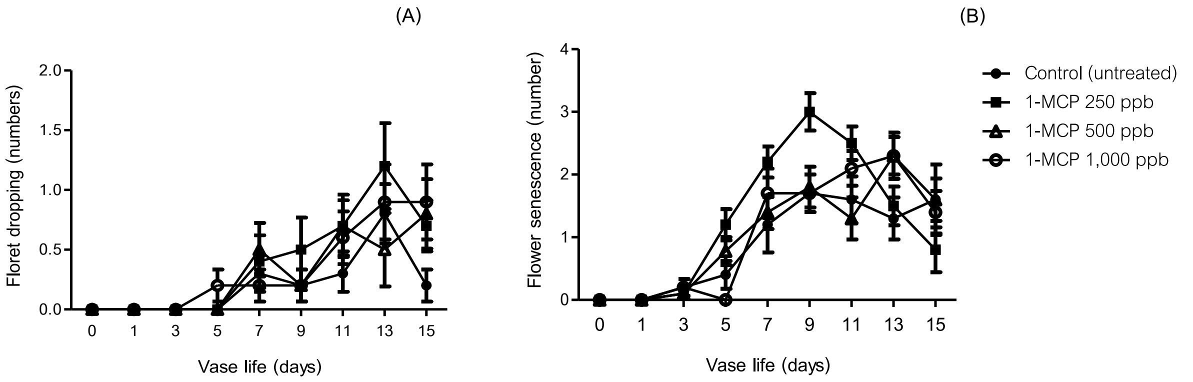



**Figure 3** Floret dropping (A) and Floret senescence (B) of micro-bubbled 1-MCP (control, 250, 500 and 1,000 ppb) on the quality of cut *Dendrobium* Big White Jumbo inflorescences.

# การปรับปรุงบำรุงดินแบบบูรณาการโดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกรใน โครงการปิดทองหลังพระ บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม

## Integrated Soil Fertility Improvement by Farmer Participatory in the Pid Thong Lang Phra Royal Development Project, Ban Khok Lam-Saeng Aram Village

**อรรจนา ด้วงแพง[1] เบญจมาส สัตตะโส[1] ภาราดี ไพศาล[1] และ วรรษมน พลตื้อ[1]**

Duangpaeng, A.[1], Sattaso, B.[1], Paisan, P.[1] and Poltue, W.[1]

### Abstract

Ban Khok Lam-Saeng Aram Village is an extension area in water management of Pid Thong Lang Phra for Extension and Development of the Royal Project. Farmers need help to improve the soil in order to increase yield. This research conducted soil fertility evaluations through farmer’s participation. Soil fertility was evaluated by farmers using test kits and by laboratory analysis to determine pH, EC, CEC, OM, Total-N, Available P, Exchangeable K, Ca, Mg and Na. Soil fertility evaluation by conducted by action of farmers showed similar results to laboratory analysis. Results indicated high acidity, low CEC, low OM, low available P and K in soil. For improvement of soil fertility, farmers were recommended to supply a series of organic matter and mulching. To increase soil pH dolomite was recommended to be distributed to farmers by the Pid Thong Lang Phra Royal Develoment Project.

**Keywords:** soil fertility, participatory action

### บทคัดย่อ

หมู่บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม เป็นพื้นที่ขยายผลด้านการบริหารจัดการน้ำของสถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ ภายใต้มูลนิธิปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ เกษตรกรในโครงการต้องการความช่วยเหลือด้านการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อให้มีผลผลิตที่ดีขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงดำเนินการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกร ด้วยการใช้ชุด test kit เพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยตนเอง และทำการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ โดยวิเคราะห์หาค่า pH, EC, CEC, OM, Total-N, Available P, Exchangeable K, Ca, Mg and Na ผลการตรวจดินโดยใช้ test kit ของเกษตรกร สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการซึ่งแสดงให้เห็นว่าดินมีสภาพเป็นกรด มีอินทรีย์วัตถุต่ำ มีปริมาณธาตุอาหารบางตัวต่ำ เช่น P และ K เกษตรกรได้รับคำแนะนำให้ปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุและให้คลุมดิน เกษตรกรในโครงการปิดทองหลังพระได้รับคำแนะนำให้ใส่ปูนโดโลไมท์เพื่อปรับปรุงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

**คำสำคัญ**: ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การมีส่วนร่วม

### คำนำ

หมู่บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม เป็นพื้นที่ขยายผลด้านการบริหารจัดการน้ำของสถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ ภายใต้มูลนิธิปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ จากการสำรวจความคิดเห็นของเกษตรกรใน หมู่บ้านโคกล่าม และหมู่บ้านแสงอร่าม ที่เข้าร่วม “โครงการปิดทองหลังพระ” เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบปัญหาทางการปรับปรุงบำรุงดิน เช่น ต้นข้าวที่ปลูกสูงยาวแต่เมล็ดไม่เต็ม หรือเมล็ดลีบ ผลผลิตเมล็ดข้าวน้อย ฯลฯ วัตถุประสงค์ในการวิจัยนี้จึงเพื่อปรับปรุงบำรุงดินแบบบูรณาการโดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกรชุมชนบ้านโคกล่าม-แสงอร่าม และศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ โดยวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้ข้อมูลความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เป็นประโยชน์สำหรับให้เกษตรกรวางแผนในการปรับปรุงบำรุงดินต่อไป

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

[1] Plant Production Technology, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, 64 Tahan Road, Tambon Makkhaeng, Muang District, Udon Thani 41000 Thailand

## อุปกรณ์และวิธีการ

การจัดเวทีชาวบ้านเพื่อเรียนรู้ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง โดยการเปิดเวทีชี้แจงทำความเข้าใจ และให้ได้เกษตรกรอาสาสมัคร ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม โดยบูรณาการวิธีการระหว่างการจัดเวทีและการเรียนรู้โดยการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง เรื่อง “ความอุดมสมบูรณ์ของดิน” โดยใช้ Test kit สำหรับทดสอบดิน ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากนั้นให้เกษตรกรและคณะผู้วิจัยร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายผลความอุดมสมบูรณ์ของดิน และแนวทางการแก้ไขปรับปรุง วิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงเกษตรของเกษตรกรที่ปลูกยางพารา อ้อย ข้าว และมันสำปะหลัง เก็บตัวอย่างดินของแปลงเกษตรกรที่ความลึก 15 ซม. จำนวน 10 จุดต่อแปลงหรือให้ครอบคลุมทั้งแปลง ผึ่งดินให้แห้ง แล้วร่อนในตะแกรง ขนาด 2 mm แล้วนำดินที่ร่อนได้ไปเก็บในถุงพลาสติกที่เขียนชื่อตัวอย่างดินกำกับไว้ นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity : EC) ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Cation Exchange Capacity : CEC) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic Matter : OM) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N) ปริมาณไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช Ammonium–N และ Nitrate–N ปริมาณ Extractable P ในดิน โดยวิธี Bray II และปริมาณ Exchangeable K, Ca, Mg และ Na

## ผลการทดลอง

ผลการจัดเวทีชาวบ้านเพื่อเรียนรู้ความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่ามีอาสาสมัครเข้าร่วมกระบวนการเรียนรู้เรื่องการปรับปรุงบำรุงดิน โดยชาวบ้านได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้เรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดิน ผลการวิเคราะห์ดินด้วยตนเอง ทำให้ชาวบ้านได้เรียนรู้สภาพดินในแปลงเกษตรของตนเอง ว่าส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรด ไม่เป็นดินเค็ม และมี OM ต่ำ ในแต่ละแปลงมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันไป ค่า $N\text{-}NH_4^+$ ตั้งแต่กลางถึงสูง และ $N\text{-}NO_3^-$ ตั้งแต่ต่ำ ถึงสูง มี Available P ปานกลางถึงสูง และมีExchangeable $K^+$ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ ที่พบว่าดินในแปลงเกษตรกรทุกรายมีสภาพเป็นกรด ในระดับที่เป็นกรดจัดมากถึงปานกลาง เป็นดินไม่เค็ม มี OM ในระดับต่ำมากถึงต่ำ มีค่า CEC ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ มี Total N ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง 11 แปลง ซึ่งเป็นตัวอย่างที่เก็บมาจากแปลงนาหลังเก็บเกี่ยวและสวนยางพารา และมี Total N ในระดับสูง 3 แปลง โดยเป็นแปลงสวนยางพาราที่ปลูกแบบผสมผสานกับกล้วยและพืชอื่นๆ ของนายคำภู หมีกุล แปลงมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วของนางสุกัญญา ฉิมลี และแปลงมันสำปะหลังที่เตรียมดินยกร่องแล้วก่อนปลูกของนางทองสุข เสนาอุดร นอกจากนี้ยังพบว่ามี Available P ในระดับต่ำมาก-ค่อนข้างต่ำ จำนวน 8 แปลง มีสภาพเป็นแปลงนาหลังเก็บเกี่ยวและสวนยางพารา ระดับปานกลาง จำนวน 3 แปลง เป็นแปลงพาราสวนยางพาราที่ปลูกแบบผสมผสานกับกล้วยของนายคำภู หมีกุล และระดับสูง 1 แปลง เป็นแปลงของมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วของนางสุกัญญา ฉิมลี และพบว่าตัวอย่างดินมี Exchangeable K ในระดับต่ำถึงปานกลาง 11 แปลง เป็นแปลงนาหลังเก็บเกี่ยวและส่วนยางพารา และในระดับสูง 4 แปลง ซึ่งมีสภาพเป็นไร่อ้อยที่ยกร่องก่อนปลูกของนายเสมือน โคตะมี ที่นาและแปลงยางพาราที่ปลูกผสมผสานกับกล้วย และสวนยางพาราเปิดกรีดแล้วของนางกนิษฐา ดวงคำภา (Table 2)

Table 1 Evaluation of soil fertility using test kit by farmers in the Pid Thong Lang Phra Royal Develoment Project.

| Farmers | Sample | pH | EC | OM | $NH_4^+$ | $NO_3^-$ | P | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Mr. Khamphoo Meekul | Rice paddy | 5.07 | 2.16 | 2.43 | สูงมาก | สูง | สูงมาก | ต่ำ |
| 2. Mr. Samuan Kotama | Sugarcane | 6.51 | 2.17 | 1.59 | สูง | สูง | กลาง | ต่ำ |
| 3. Mrs. Sukanya Chimlee | Vegetable | 5.79 | 2.16 | 2.16 | กลาง | ต่ำ | กลาง | ต่ำ |
| 4. Mr. Ban Samordee | Rice paddy | 5.01 | 6.70 | 1.92 | กลาง | ต่ำ | กลาง | ต่ำ |
| 5. Mr. Thongpoon Lamnongsan | Cassava | 5.17 | 2.99 | 2.31 | สูง | กลาง | สูงมาก | ต่ำ |
| 6. Mrs. Thongsook Senaudon | Manure | 6.85 | 5.38 | 3.21 | สูง | ต่ำ | กลาง | กลาง |
| 7. Mrs. Kanitta Duangkampa | Rice paddy | 5.86 | 4.00 | 1.99 | สูง | ต่ำ | กลาง | ต่ำ |

## วิจารณ์ผล

การที่ดินมีค่า CEC ต่ำ อาจเป็นเพราะสภาพดินส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินทราย และขาด OM จึงไม่สามารถดูดซับธาตุอาหารต่างๆ ไว้ได้ ทำให้ธาตุอาหารเหล่านั้นถูกชะล้างออกไปจากดินโดยน้ำได้ง่าย CEC เป็นดัชนีที่ดีในการวัดคุณภาพของดินและผลผลิตของพืช ค่า CEC ลดลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของ pH ที่เป็นกรดเนื่องจากการใส่ปุ๋ย หรือการที่อินทรียวัตถุสลายตัว (Ross และ Ketterings, 2011) นอกจากนี้พื้นที่ในบริเวณดังกล่าวปลูกพืชชนิดเดียวต่อเนื่องมายาวนาน จึงทำให้ไนโตรเจนถูกดึงไปจากดินค่อนข้างมากอย่างต่อเนื่องและจากการจัดเวทีชาวบ้านทำให้ทราบบริบทในด้านการจัดการดินของเกษตรกร ที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงทำให้ไนโตรเจนมีปริมาณต่ำตามไปด้วย (กฤษณา และคณะ, 2555) ปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ อาจเป็นเพราะสภาพดินเป็นกรดจัด จึงก่อให้เกิดการตรึงฟอสฟอรัสได้ง่าย เนื่องจากในดินกรดหรือดินที่มี pH ต่ำกว่า 5 ในสารละลายดินจะมีไอออนพวกเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส ละลายอยู่ในดินมาก ฟอสเฟตจะเข้าทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบตะกอน ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (มุกดา, 2544) เกษตรกรได้รับคำแนะนำให้ใส่ปูนโดโลไมท์เพื่อปรับปรุงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

## สรุปผล

ผลการตรวจดินโดยใช้ test kit ของเกษตรกร สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการซึ่งแสดงให้เห็นว่าดินมีสภาพเป็นกรด มีอินทรีย์วัตถุต่ำ มีปริมาณธาตุอาหารบางตัวต่ำ เกษตรกรได้รับคำแนะนำให้ปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุและให้คลุมดิน เกษตรกรด้รับคำแนะนำให้ใส่ปูนโดโลไมท์เพื่อปรับปรุงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

## คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณโดรงการปิดทองหลังพระ บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่และให้ความช่วยเหลือ และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่สนับสนุนเงินทุนการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

กฤษณา และคณะ, 2555, การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของมะพร้าวอ่อนเพื่อส่งออก รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544, ความอุดมสมบูรณ์ของดิน, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดี้ยนสโตร์,

Ross, D.S. and Ketterings, Q., 2011, Recommended Methods for Determining Soil Cation Exchange Capacity, Cooperative Bulletin No. 493 Retrieved October 12, 2013 from http://extension.udel.edu/lawngarden

**Table 2** Evaluation of soil fertility by laboratory analysis

| Sample | pH (1:1) | EC (mmho/cm) | CEC (me /100 g) | OM (%) | Total N (%) | $NH4^{+}$–N (mg $kg^{-1}$) | $NO_3^{-1}$–N (mg $kg^{-1}$) | Extract P (ppm) | Exchange K (ppm) | Exchange Ca (ppm) | Exchange Mg (ppm) | Exchange Na (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kanitta 1 | 5.9 | 0.05 | 4.91 | 0.55 | 0.11 | 26.36 | 34.93 | 7.77 | 112.20 | 98.97 | 32.73 | 0.020 |
| Kanitta 2 | 5.2 | 0.03 | 2.33 | 0.55 | -0.02 | 32.11 | -32.10 | 3.18 | 63.49 | 123.63 | 29.87 | 0.014 |
| Khamphoo 1 | 5.5 | 0.04 | 3.41 | 0.46 | 0.20 | 38.01 | 32.00 | 9.47 | 111.55 | 73.19 | 38.95 | 0.018 |
| Khamphoo 2 | 5.1 | 0.04 | 2.41 | 0.49 | 0.22 | -5.72 | -2.97 | 10.41 | 71.00 | 44.56 | 24.78 | 0.016 |
| Khamphoo 3 | 4.4 | 0.03 | 9.65 | 0.79 | -0.02 | 26.28 | 31.99 | 10.68 | 95.96 | 172.26 | 33.42 | 0.021 |
| Thongpoon 1 | 5.2 | 0.03 | -0.08 | 0.66 | 0.01 | 52.58 | 46.58 | 4.70 | 64.57 | 58.12 | 21.65 | 0.017 |
| Thongpoon 2 | 4.6 | 0.03 | 6.65 | 0.78 | 0.03 | 64.15 | 20.34 | 13.93 | 75.14 | 150.25 | 48.08 | 0.019 |
| Thongsook 1 | 5.7 | 0.05 | 3.41 | 0.62 | 0.51 | 58.41 | 66.98 | 5.99 | 71.03 | 45.70 | 26.52 | 0.022 |
| Thongsook 2 | 5.1 | 0.03 | 3.99 | 0.35 | 0.03 | 43.78 | 37.84 | -0.13 | 56.31 | 44.15 | 31.64 | 0.025 |
| Ban | 5.4 | 0.03 | 2.42 | 0.50 | 0.09 | 20.53 | 78.63 | 1.99 | 48.69 | 65.30 | 23.69 | 0.020 |
| Sukanya 1 | 5.7 | 0.05 | 2.91 | 0.35 | 0.23 | -8.63 | 46.59 | 41.90 | 85.52 | 60.81 | 36.06 | 0.019 |
| Sukanya 2 | 5.3 | 0.06 | 5.33 | 0.78 | 0.10 | 58.26 | 17.43 | 4.78 | 45.76 | 101.57 | 26.15 | 0.019 |
| Samuan 1 | 5.6 | 0.04 | 4.08 | 0.55 | 0.04 | 35.09 | 43.66 | 22.10 | 130.84 | 46.47 | 43.80 | 0.018 |
| Samuan 2 | 5.5 | 0.04 | 1.75 | 0.34 | 0.08 | 8.86 | 75.72 | 0.44 | 50.23 | 3.31 | 12.55 | 0.021 |
| Samuan 3 | 5.7 | 0.03 | 2.00 | 0.33 | 0.10 | 75.84 | -35.04 | 1.62 | 38.90 | 84.17 | 19.65 | 0.012 |

# การควบคุมโรคเหี่ยวเขียวในมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อ *Ralstonia Solanacearum* โดยวิธีการเสียบยอด

## Control Bacterial Wilt of Tomato from *Ralstonia Solanacearum* by Grafting Method

**อัญชัน ไตรธิเลน[1] อมรรัตน์ อุปพงศ์[1] และ สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ[1]**
Traithilen U.[1], Oupaphong A.[1] and Sriphadet S.[1]

### Abstract

The research was to study on control of bacterial with tomato caused by *Ralstonia solanacearum* at Kasetsart University Chalermprakiat Sakon Nakhon Province campus. The experimental design was Factorial in CRD with four replications. The experiment consisted of 2 sections. The first experiment: selection of Solanum species resistant to *R. solanacearum*, by using root inoculation technique. We used suspension of isolates concentration 2.7 x $10^6$ cfu./ml. at 0 10 20 30 40 and 50 ml. We found that *S. torvum sw*. and *S. stramonifolum* resistant to wilt pathogens but *S. aculeatissimum* showed wilt disease at 1.5 in level 20 ml and *L. esculuentum* susceptible to *R. solanacearum* showed wilt disease at 3 in level 10 ml. The second experiment is saddle grafting rootstock *S. torvum sw*. and *S. stramonifolum* with scion *L. esculuentum* and inoculated by root inoculated suspension *R. solanacearum* at 0 10 20 and 30 ml. We found that *L. esculuentum* scion grafted on rootstock *S. torvum sw.* and *S. stramonifolum* showed resistant to wilt disease severities at 10 % and 20% in level 30 and 20 ml., respective. The *S. torvum sw*. showed wilt disease severities at 1.25 in level 30 ml. The *S. stramonifolum* showed wilt disease severities at 2.5 in level 20 ml. Therefore, *S. torvum* sw. cloud were rootstock to avoid *R. Solanacearum*.

**Keywords:** grafting eggplant, wilt disease

### บทคัดย่อ

ศึกษาการควบคุมโรคเหี่ยวเขียวมะเขือเทศโดยการเสียบยอดที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มี 4 ซ้ำ ทดลอง 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 การคัดเลือกชนิดต้นตอพืชตระกูลมะเขือที่ต้านทานต่อเชื้อ *R. solanacearum* ด้วยวิธีการสับราก โดยเชื้อความเข้มข้น 2.7x$10^6$ cfu./มล. ที่ 6 ระดับ คือ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 มล. พบว่า ต้นตอมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมะเขือพวงและมะอึกไม่เกิดโรค ส่วนมะเขือขื่นเกิดโรคระดับ 1.5 ที่ปริมาตร 20 มล. แต่มะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์เกิดโรคระดับ 3 ที่ปริมาตร 10 มล. ชุดที่ 2 ศึกษาความทนทานต่อโรคเหี่ยวของมะเขือเทศหลังทำการเสียบยอดแบบเข้าเดือย (Saddle grafting) บนต้นตอมะเขือพวงและมะอึก ทดสอบกับเชื้อ *R. solanacearum* ที่เข้มข้น 2.7x$10^6$ cfu./ml. จำนวน 4 ระดับ คือ 0 10 20 และ 30 มล. พบว่า มะเขือพวงและมะอึกมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคที่ 10% และ 20% ที่ 30 และ 20 มล. ตามลำดับ ต้นตอมะเขือพวงเกิดโรคระดับ 1.25 ที่ปริมาตร 30 มล. ส่วนต้นตอมะอึก เกิดโรคระดับ 2.5 ที่ปริมาตร 20 มล. ดังนั้น มะเขือพวงสามารถเป็นต้นตอของมะเขือเทศสายพันธุ์ที่อ่อนแอต่อเชื้อ *R. solanacearum* ได้

**คำสำคัญ**: การเสียบยอดมะเขือ โรคเหี่ยวเขียว

### คำนำ

มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill) มีแหล่งปลูกและผลิต อย่างกว้างขวางทั่วโลก โดยเฉพาะในเขตร้อนและกึ่งร้อน ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ผลิตมะเขือเทศเพื่อการบริโภคผลสดส่งโรงงานแปรรูป การผลิตเมล็ดพันธุ์ การปลูกมะเขือเทศกระจายทั่วทุกภูมิภาคของประเทศแหล่งปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 4,396 กิโลกรัม โดยปลูกมากที่จังหวัดหนองคาย คิดเป็นพื้นที่ 11, 843 ไร่ จังหวัดนครพนม 6,693 ไร่ จังหวัดสกลนคร 5,822 ไร่ และจังหวัดกาฬสินธุ์ 778 ไร่ (นิสากร, 2539) อย่างไรก็ตาม การผลิตมะเขือเทศยังคงประสบปัญหาในเรื่องของโรคและแมลงรบกวน โดยเฉพาะโรคเหี่ยวเขียวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* ซึ่งเป็นโรคที่มี

[1] สาขาวิชาทรัพยากรเกษตร, คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000
[1] Program in Agro-resources, Faculty of Natural Resources and Agro-industry, Kasetsart university, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, 47000

สร้างปัญหาอันดับหนึ่งของมะเขือเทศเมื่อเทียบกับโรคอื่นๆ โรคนี้ระบาดในทุกแหล่งที่มีการเพาะปลูก จึงเป็นปัญหาที่สำคัญในการผลิตมะเขือเทศทั้งในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนทั่วโลก ที่ทำให้ผลผลิตมะเขือเทศเสียหายสูงสุดถึง 30 – 100 เปอร์เซ็นต์ (ศุภลักษณ์, 2536)

วิธีหนึ่งที่เกษตรกรนิยมใช้เพื่อการลดความเสียหายและมีประสิทธิภาพสูงคือ ใช้พันธุ์มะเขือเทศที่ต้านทานโรคเหี่ยวเขียว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการปรับปรุงพันธุ์โดยใช้เมล็ด แต่การใช้พันธุ์มะเขือเทศที่ปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีการดังกล่าว มีความผันแปรทางพันธุกรรมสูง บางพันธุ์ที่เกษตรกรนำมาปลูกนั้น ให้ผลผลิตไม่ตรงตามมาตรฐานของโรงงาน ดังนั้น เพื่อเป็นการคงไว้ซึ่งพันธุกรรมของลักษณะพันธุ์ดีที่ต้องตามความต้องการของโรงงาน และสามารถต้านทานโรคเหี่ยวเขียวได้ จึงได้ทำการศึกษา การควบคุมโรคด้วยวิธีการต่อยอดหรือต่อกิ่ง (Grafting) โดยการคัดเลือกพืชตระกูลมะเขือพันธุ์ต้านทานโรคเหี่ยวเขียวในพื้นที่จังหวัดสกลนคร ได้แก่ มะเขือพวง มะเขือกรอบ และมะอึก เป็นต้นตอพันธุ์ดีในการเสียบยอด ซึ่งการเสียบยอดเป็นการคงพันธุกรรมเดิมของพืชที่ใช้เป็นท่อนพันธุ์ ดังนั้นจึงได้มีการเปรียบต้นพันธุ์ที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวเขียวเพื่อให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตที่มีคุณภาพได้อย่างสม่ำเสมอและมีรายได้ต่อปีอย่างต่อเนื่อง

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การเตรียมพืชทดลอง**: นำเมล็ดมะเขือ 4 ชนิด คือ มะเขือพวง มะอึก มะเขือกรอบ และมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ มาเพาะเมล็ดในกระดาษเพาะเมล็ด เมื่อต้นกล้ามีอายุ 1 สัปดาห์ ย้ายลงปลูกในวัสดุที่เตรียมไว้ แล้วนำไปอนุบาลในโรงเรือนเพาะชำ

**วิธีการเสียบยอด**: ใช้วิธีการต่อแบบเข้าเดือย โดยตัดยอดมะเขือเทศเป็นรูปตัววี (v) ปลายแหลม และตัดยอดมะเขือพวงและมะอึก ผ่ากลางลำต้นให้รูปตัววี (v) ให้มีขนาดพอดีกับการเสียบยอดของมะเขือเทศ

**การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum***: นำเชื้อ *R. solanacearum* stain 2024 ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร เลี้ยงในอาหาร Triphenyl tetrazolium choride medium (TTC) ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำ suspension เชื้อ *R. solanacearum* ด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งและวัดด้วย spectrophotometer ที่ความขุ่น (opticaldensity; OD) 0.1 ช่วงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ได้เชื้อเข้มข้น $2.7\times10^{6}$ cfu./ml. และปลูกเชื้อด้วยวิธีสับราก (Root inoculation technique) ให้มีความกว้าง 2 นิ้ว ลึก 2 นิ้วจากโคนต้นด้วยใบมีดแบบบาง นำเซลล์แขวนลอยเชื้อมาเจือจางให้ได้ปริมาตร 0 (น้ำกลั่น) 10 20 30 40 และ 50 มล.

**การบันทึกผลการทดลอง**

ระดับการแสดงออกของโรคเหี่ยวเขียวมี 6 ระดับ ดังนี้ 0 =ไม่แสดงอาการเหี่ยว, 1 =ใบแสดงอาการเหี่ยว 1-2 ใบ, 2= ใบแสดงอาการเหี่ยว 3-4 ใบ, 3=ยอดเริ่มแสดงอาการเหี่ยว, 4 =เหี่ยวทั้งต้นเหี่ยวแต่ยังไม่แห้งตาย, 5=ต้นเหี่ยวและแห้งตาย บันทึกหลังปลูกเชื้อ 1 สัปดาห์ ตามวิธีของกาญจนา (2542) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี LSD ตามแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD

**การประเมินความรุนแรงของโรคเหี่ยวเขียว** (กาญจนา, 2542)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเหี่ยว} = \frac{\text{ผลรวมของการเกิดโรคแต่ละ}}{\text{จำนวนต้นพืชทั้งหมด}} \times \frac{100}{\text{ระดับการเกิดโรคสูงสุด}}$$

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**การคัดเลือกชนิดมะเขือที่ทนทานต่อโรคเหี่ยวเขียวมาใช้เป็นต้นตอ**

มะเขือพวงและมะอึก ไม่แสดงการเกิดโรคเหี่ยวเขียว ซึ่งมีระดับการเกิดโรคเหี่ยวเขียวที่ระดับ 0 ในทุกความเข้มข้นของเซลล์แขวนลอยเชื้อ ซึ่งแตกต่างจากมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์ที่พบว่า มีอัตราการเกิดโรคมากที่สุด (ระดับ 3.08) รองลงมาคือมะเขือกรอบ (ระดับ 0.83) (Table 1) และเมื่อเปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ชนิดของมะเขือกับปริมาตรของเซลล์แขวนลอยเชื้อต่ออัตราการเกิดโรคดัง Table 2 พบว่า ปริมาตรของเซลล์แขวนลอยเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคอย่างน้อยอยู่ระหว่าง 10 ถึง 30 มล. เนื่องจาก Grimault และคณะ (1994) รายงานว่า พันธุ์ต้านทานไม่แสดงอาการเหี่ยว แม้มีเชื้อสาเหตุอาศัยอยู่ในท่อลำเลียง เนื่องจากพันธุ์ต้านทานมีเนื้อเยื่อของท่อลำเลียงที่ทนทานต่อความหนาแน่น (density) ของแบคทีเรียได้สูงกว่าพันธุ์อ่อนแอ

**ศึกษาความทนทานต่อโรคเหี่ยวของมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์หลังทำการเสียบยอดแบบเข้าเดือย (Saddle grafting) บนต้นตอมะเขือ**

ต้นตอมะเขือพวงพบอัตราการเกิดโรคที่ระดับ 0.31 ส่วนต้นตอมะอึกมีอัตราการเกิดโรคที่ระดับ 1.88 (Table 3) และปฏิสัมพันธ์ของต้นตอมะเขือต่อปริมาตรของเซลล์แขวนลอยเชื้อต่อระดับการเกิดโรคเหี่ยวเขียว พบว่า ต้นตอมะเขือพวงแสดงอาการเมื่อปลูกเชื้อปริมาตร 30 มล. เกิดโรคที่ระดับ 1.25 ส่วนต้นตอมะอึก แสดงอาการเมื่อปลูกเชื้อปริมาตร 20 มล. เกิดโรคที่ระดับ 2.5 (Table 4) เนื่องจากมะเขือพวงมีลักษณะเป็นพืชป่าอยู่มาก เพราะไม่มีการปรับปรุงพันธุ์ดังเช่นมะเขือชนิดอื่น ซึ่งลักษณะผลขนาดเล็ก เปลือกที่หนาเหนียว เมล็ดที่มีมากมาย มีหนามตามลำต้นและกิ่งก้าน นอกจากนี้ยังมีความทนทาน แข็งแรงต่อดิน ฟ้า อากาศ โรคและแมลงต่างๆ เหนือมะเขือชนิดอื่น (เดชา, 2541) อีกทั้งเทคนิคการต่อยอดเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคในดิน (soil born) และสภาพภูมิอากาศ ที่มีประสิทธิภาพในการส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานได้มากขึ้น (Cohen และ Naor, 2002; Miller และคณะ, 2005)

## สรุปผล

การใช้มะเขือพวงเป็นต้นตอในการต่อยอดมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์แบบเข้าเดือย สามารถควบคุมการเกิดโรคเหี่ยวเขียวในมะเขือเทศได้และสามารถทนทานต่อเชื้อก่อโรคได้สูงสุดที่ปริมาตร 20 มล. จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นต้นตอในการผลิตมะเขือเทศพันธุ์สีดาทิพย์หรือพันธุ์อื่นๆ ที่มีความอ่อนแอต่อโรคเหี่ยวเขียว

## เอกสารอ้างอิง

เดชา ศิริภัทร, 2541, มะเขือพวง: มะเขือโบราณที่มีทวิลักษณ์, นิตยสารหมอชาวบ้าน 20: 28-33

นิสากร จึงเจริญธรรม, 2539, ประสิทธิภาพการผลิตของอุตสาหกรรมแปรรูปมะเขือเทศในประเทศไทย, คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพ ฯ

ศุภลักษณ์ ฮอกะวัด, 2536, โรคผักตระกูลพริกและมะเขือเทศ, ภาควิชาโรคพืชวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น

Cohen, S. and Naor, A., 2002, The Effect of Three Rootstocks on Water Use, Canopy Conductance and Hydraulic Parameters of Apple Trees and Predicting Canopy from Hydraulic Conductance, Plant Cell and Environment, 25(1): 17-28.

Grimault, V., Anais, G. and Prior, P., 1994, Distribution of *Pseudomonas solanacearum* in the Stem Tissues of Tomato Plants with Different Levels of Resistance to Bacterial Wilt, Plant Pathology, 43: 663-668.

Miller, S.A., Karim, A.N., Razaul, M., Baltazar, A.M., Rajotte, E.G. and Norton, G., 2005, Developing IPM Packages in Asia. p. 27-50. In: G.W. Norton, E.A. Heinrichs, G.C. Luther and M.E. Irwin (eds.), Globalizing Integrated Pest Management – A Participatory ResearchProcess, Blackwell Publishing, Oxford.

**Table 1** The levels of expression wilt disease in eggplants.

| Plants | Level of expression wilt disease |
|---|---|
| *Lycopersicon esculentum* Mill | $3.08^{a}$ |
| *Solanum aculaetissimum* Jacq. | $0.83^{b}$ |
| *Solanum torvum* Sw | $0^{c}$ |
| *Solonum stramonifulium* Jacq | $0^{c}$ |

a, b, c different superscripts in the column indicated that means were significant different at p<0.01

**Table 2** Interaction between level suspension of *R. solanacearum* and eggplant to level of expression wilt disease.

| Plants | Level suspension of *R. solanacearum* (ml.) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| *Lycopersicon esculentum* Mill | $0^{e}$ | $3^{bc}$ | $3.25^{ab}$ | $4.25^{ab}$ | $4.5^{a}$ | $3.5^{ab}$ |
| *Solanum aculaetissimum* Jacq. | $0^{e}$ | $0^{e}$ | $1.5^{d}$ | $0.5^{de}$ | $1.75^{cd}$ | $1.25^{de}$ |
| *Solanum torvum* Sw | $0^{e}$ | $0^{e}$ | $0^{e}$ | $0^{e}$ | $0^{e}$ | $0^{e}$ |
| *Solonum stramonifulium* Jacq | $0^{e}$ | $0^{e}$ | $0^{e}$ | $0^{e}$ | $0^{e}$ | $0^{e}$ |

$^{a, b, c}$ different superscripts in the column indicated that means were significant different at $p<0.01$

**Table 3** The levels of expression wilt disease in eggplant rootstocks.

| Eggplants | Level of expression wilt disease |
|---|---|
| *Solanum torvum* Sw | $0.31^{b}$ |
| *Solonum stramonifulium* Jacq | $1.88^{a}$ |

$^{a, b, c}$ different superscripts in the column indicated that means were significant different at $p<0.01$

**Table 4** Interaction between eggplant rootstocks and suspension of *R. solanacearum* level of wilt disease.

| Rootstock of eggplants | Level suspension of *R. solanacearum* (ml.) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 10 | 20 | 30 |
| *Solanum torvum* Sw | $0^{c}$ | $0^{c}$ | $0^{c}$ | $1.25^{bc}$ |
| *Solonum stramonifulium* Jacq | $0^{c}$ | $0^{c}$ | $2.5^{b}$ | $5^{a}$ |

$^{a, b, c}$ different superscripts in the column indicated that means were significant different at $p<0.01$

# การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในต้นกาบหอยแครงในสภาพปลอดเชื้อโดยใช้โคลชิซิน

## Induced Mutation of *in vitro* Venus Flytrap (*Dionaea muscipula*) by Colchicine

ปฐมะ ตั้งประดิษฐ์[1] เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์[1] ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์[1] และ พีรนุช จอมพุก[2]
Tunkpradit, P.[1], Wongchaochant, S.[1], Taychasinpitak, T.[1] and Jompook, P.[2]

### Abstract

This study attempted to induce mutation in Venus flytrap using colchicine treatment. The seedling of four-week old *in vitro* Venus flytrap were exposed in colchicine at 500 mg/l duration 0, 12, 24 and 48 hr. The resulted showed that increasing of duration could reduce survival viability of seedling. Survival rate after cultured for 60 days were 100, 97.78, 93.33 and 68.89 percent, respectively. Treatment of colchicine for 48 hr shown multiple shoots increased to 13.8 shoots, the leaf length decreased to 1.32 cm, trap length increased to 0.89 cm with dark-red leaves.

**Keywords:** colchicine, Venus flytrap, mutation

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้เพื่อชักนำต้นกาบหอยแครงให้เกิดการกลายพันธุ์โดยใช้ต้นอ่อนที่มีอายุ 4 สัปดาห์ ในสภาพปลอดเชื้อ แช่ในสารละลายโคลชิซินเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลานาน 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง และการฉายรังสีแกมมา 0, 20, 40, 60, 80 และ 100เกรย์ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อระยะเวลาการแช่สารละลายโคลชิซินนานขึ้น เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นอ่อนลดลง คือ100, 97.78, 93.33 และ 68.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และระยะเวลา 48 ชั่วโมงทำให้เกิดยอดเฉลี่ยจำนวน 13.8 ยอดต่อกอ แต่ขนาดความยาวใบเฉลี่ยลดลง 1.32 เซนติเมตร ซึ่งต้นปกติมีขนาดใบเฉลี่ย 1.88 เซนติเมตร แต่กาบดักแมลงมีขนาดเฉลี่ยใหญ่ขึ้น 0.89 เซนติเมตร ซึ่งต้นปกติมีขนาดกาบดักแมลงเฉลี่ย 0.51เซนติเมตร และใบมีสีแดงเข้มขึ้น

**คำสำคัญ**: โคลชิซิน กาบหอยแครง การกลายพันธุ์

### คำนำ

กาบหอยแครง (*Dionaea muscipula*) ถือเป็นพืชกินแมลงที่ได้รับความนิยมอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากเทคนิคการดักจับแมลงของพืชชนิดนี้มีลักษณะเฉพาะ ซึ่งเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Droseraceae มีชื่อสามัญว่า Venus flytrap เป็นพืชอายุหลายปี พบบริเวณที่มีความชื้นสูงหรือในพื้นที่ชื้นแฉะ งานวิจัยด้านการปรับปรุงพันธุ์พืชชนิดนี้ยังไม่มีการวิจัยอย่างเด่นชัด การปรับปรุงพันธุ์กาบหอยแครงนั้น ต้นที่มีความนิยมอยู่ในตลาด ส่วนใหญ่ได้จากการคัดเลือกจากประชากรที่มีลักษณะแปลก หรือ สวยงาม เช่น มีสีแดงล้วน ขาว เหลืองชมพู หรือเผือก ด่าง ทรงพุ่มเตี้ยหรือเก้งก้างก้านยาว ขนาดกาบ ลักษณะกาบกลม ฟันยาวเหมือนขนตาสลับเป็นระเบียบแหลมคมเหมือนฟันฉลามหรือลักษณะเหมือนใบ เลื่อย (Cahill และคณะ, 2008) ส่วนการใช้วิธีการอื่นยังไม่มีรายงานวิจัยรับรอง และการผสมพันธุ์พืชชนิดนี้ทำได้ยาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เทคนิค

การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยสารละลายโคลชิซิน เพื่อเพิ่มความหลากหลายทางลักษณะในพืชชนิดนี้

### อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) (CRD) ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นของโคลชิซีน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ในที่มืด ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ขวดแต่ละขวดบรรจุเนื้อเยื่อต้นกาบหอยแครงที่มี

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[2] ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพ 10900
[2] Department of Applied Radiation and Isotope, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900

ขนาด 1 x 1 เซนติเมตร ลงในขวดขนาด 4 ออนซ์ จำนวน 1 ชิ้น นำต้นกาบหอยแครงที่ผ่านการเพิ่มจำนวนยอดมาเลี้ยงในอาหารดัดแปลง MS ที่ไม่มีการเติม ฮอร์โมน และเติมสารละลายโคลชิซิน ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร นำมาเลี้ยงบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที โดยใช้ระยะเวลาในการเขย่า 12, 24 และ 48 ชั่วโมง (ตามลำดับ) เพาะเลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 60±5 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ (TLD 36W/84 3350 lm Philips Thailand) เป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน หลังจากได้รับโคลชิซีนแล้วทำการล้างชิ้นส่วนเนื้อเยื่อด้วยน้ำที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ แล้วย้ายลงอาหารกึ่งแข็งสูตร MS (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ทำการย้ายเปลี่ยนอาหารใหม่ทุก 4 สัปดาห์ จำนวน 2 ครั้ง และทำการบันทึกผลการเจริญเติบโตของพืชและลักษณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลง

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในต้นกาบหอยแครงในสภาพปลอดเชื้อในอาหารดัดแปลงสูตร MS ที่ไม่มีการเติมฮอร์โมนพืช หลังจากทำการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าต้นกาบหอยแครงมีจำนวนยอดต่อต้นแตกต่างกันในทางสถิติ โดยต้นกาบหอยแครงที่ได้รับสารโคลชิซินความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง มีจำนวนยอดเท่ากับ 13.8 ยอดต่อต้น ส่วนกาบหอยแครงที่ได้รับสารโคลชิซินเป็น ระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง มีจำนวนยอดลดลงเท่ากับ 5.38 และ 3.55 ยอดต่อต้น ตามลำดับ ส่วนกาบหอยแครงที่ไม่ได้รับสารโคลชิซีนมีจำนวนยอดต่อต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 2.72 ยอดต่อต้น (Table 1) กาบหอยแครงที่ได้รับสารโคลชิซินเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง มีจำนวนรากมากที่สุดเท่ากับ 7.55 รากต่อต้น ส่วนกาบหอยแครงที่ได้รับสารโคลชิซินเป็น ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง มีจำนวนรากลดลงเท่ากับ 6.61 และ 2.83 รากต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งกาบหอยแครงที่ไม่ได้รับสารโคลชิซินมีจำนวนรากต่อต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 2.11 รากต่อต้น รากของกาบหอยแครงที่ได้รับสารโคลชิซิน มีลักษณะรากที่อวบสั้น และมีจำนวนรากต่อต้นมากกว่า เมื่อเทียบกับกาบหอยแครงที่ไม่ได้รับสารโคลชิซินที่มีลักษณะของรากที่ผอมและยาวมากกว่า (Figure 1 และ Table 1) กาบหอยแครงที่ได้รับสารโคลชิซินเป็นระยะเวลา 12, 24 และ 48 ชั่วโมง มีความกว้างและความยาวใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าใบมีขนาดกว้างกว่าและสั้นกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารละลายโคลชิซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าขนาดของกาบใบ มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อได้รับสารละลายโคลชิซินเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง นอกจากนี้ ยังพบว่าบริเวณกาบใบเปลี่ยนเป็นสีแดงมากขึ้นเมื่อต้นกาบหอยแครงได้รับสารละลายโคลชิซินเป็นเวลานาน 24 และ 48 ชั่วโมง (Figure 2) จากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่เกิดขึ้นเมื่อพืชได้รับสารละลายโคลชิซิน ทั้งนี้ เนื่องจากสารโคลชิซินมีผลหยุดการทำงานของกระบวนการแบ่งเซลล์ โดยสารโคลชิซินจะเข้าไปอุดตันในท่อ microtubules ซึ่งเป็นสายสั้นๆ จึงทำให้ microtubules ไม่สามารถต่อกันเป็นสาย spindle fiber ได้ (Caperta และคณะ, 2006) ดังนั้น ภายในเซลล์ขณะที่เกิดการแบ่งตัวจึงไม่มีสาย spindle fiber ที่ทำหน้าที่สำหรับดึงโครโมโซมในระยะเมทาเฟสออกไปสู่ขั้วเซลล์เพื่อเข้าสู่ระยะอะนาเฟส ภายในเซลล์จึงมีจำนวนโครโมโซมเป็นดิพลอยด์ และเมื่อเซลล์ดำเนินวงจรการแบ่งเซลล์ต่อไปจนถึงขั้นตอนการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ โครโมโซมที่ไม่มีการแบ่งตัวจึงเกิดการจำลองตัวและเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่า เป็นผลให้ภายในเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้น (Seguí - Simarro และ Nuez, 2008; Ade และ Rai, 2010) ทำให้มีการเพิ่มขนาดของเซลล์ที่กำลังเจริญให้มีขนาดใหญ่ขึ้น แต่มีอัตราการแบ่งเซลล์ลดลง จึงทำให้พืชมีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ

## สรุปผล

ในการศึกษานี้เพื่อชักนำการกลายพันธุ์ในต้นกาบหอยแครงโดยใช้ต้นอ่อนที่มีอายุ 4 สัปดาห์ ที่อยู่ในสภาพปลอดเชื้อ ทำการแช่โคลชิซินเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลานาน 48 ชั่วโมงทำให้เกิดยอดเฉลี่ยจำนวนสูงสุด 13.8 ยอดต่อกอ แต่ขนาดความยาวใบเฉลี่ยลดลง 1.32 เซนติเมตร ซึ่งต้นปกติมีขนาดใบเฉลี่ย 1.88 เซนติเมตร แต่กาบใบมีขนาดเฉลี่ยใหญ่ขึ้น 0.89 เซนติเมตร ซึ่งต้นปกติมีขนาดกาบดักแมลงเฉลี่ย 0.51 เซนติเมตร และใบมีสีแดงเข้มขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

บัดรียะห์ สาเม๊าะ, 2551, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกาบหอยแครง (*Dionaea muscipula* (Sol. ex Ellis)).

ภัทรา แสงดานุช และวีระ โดแวนเว, 2551, พืชกินแมลง, สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.

สุชาดา ศรีบุญเรือง, 2550, การเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในไทรย้อยใบแหลมด่างโดยใช้รังสีแกมมา, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุวรุณ ศุภวุฒิ, 2551, เทคโนโลยีการผลิตพืชกินแมลงให้มีคุณภาพ, หน้า 27-36. ใน พนม สุทธิศักดิ์โสภณ และคณะ. ใน รายงานการสัมมนา เรื่อง กลยุทธ์ในการผลิตพืชกินแมลงเชิงการค้าที่ยั่งยืน, สันติศิริการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิต, 2530, วิธีการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการกลายพันธุ์, เอกสารการสอนการใช้รังสีและไอโซโทป, ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

Ade, R. and Rai, M.K., 2010, Review: Colchicines, Current Advances and Future Prospects, Bioscience, 2(2): 90-96.

Bailey, L.H., 1973, Manual of Cultivated Plants, 13, The Macmillan Company, USA.

Caperta, A.D., Delgado, M., Ressurrelção, F., Melster, A., Jones, R.N., Vlegas, W. and Houben, A., 2006, Colchicine - Induced Polyploidization Depends on Tubulin Polymerization in C - metaphase Cells. Protoplasma. DOI 10.1007/s00709 - 005 - 0127 - z.Dwyer, P.T. 1983. Seed Structure of Carnivorous Plants, Journal of Carnivorous Plant Newsletter, 12:8-23.

Hook, I., 2001, Naphthoquinone Contents of *in Vitro* Cultured Plants and Cell Suspensions of *Dionaea muscipula* and *Drosera* species, Journal of Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 67:281-285.

Hutchinson, J.F., 1984, *In vitro* Propagation of Dionaea muscipula J.Ellis (Venus fly trap), Journal of Scientia Horticulturae, 22: 189-194.

Jang, G.W., Kim, K.S. and Park, R.D., 2003, Micro propagation of Venus Fly Trap by Shoot culture, Journal of Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 72: 95-98.

Lawrence, 1951, Taxonomy of Vascular Plants. The Macmillan Company, USA.

Murashige, T. and Skoog, F., 1962, A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures, Plant Physiology, 15: 473-497.

Seguí - Simarro, J.M. and Nuez, F., 2008, Pathways to Doubled Haploidy: Chromosome Doubling During and Rogenesis., Cytogenetic and Plant Breeding, 120: 358-369.

Teng, W.L.,1999, Source, Etiolation and Orientation of Explants affect in Vitro Regeneration of Venus Flytrap (*Dionaea muscipula*), Journal of Plant Cell Reports, 18: 363-368.

**Table 1** Effects of colchicine 500 mg/l for 0, 12, 24 and 48 hr on morphological characteristic changed.

| Treated peroid | Number of shoot | Number of root | Root length (cm) | Leaf width (cm) | Leaf length (cm) | Trap length (cm) | Trap width (cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Control (0 hr) | 2.72±0.25 [a1/] | 2.11±0.09 [a] | 2.63±0.17 [c] | 0.60±0.02 [b] | 1.88±0.17 [b] | 2.91±0.08 [bc] | 2.30±0.09 [ab] |
| 12 hr | 5.38±1.91 [a] | 7.55±0.53 [b] | 1.37±0.15 [b] | 0.30±0.10 [a] | 1.08±0.11 [a] | 2.61±0.17 [ab] | 2.00±0.38 [ab] |
| 24 hr | 3.55±0.25 [a] | 6.61±0.25 [b] | 1.38±0.09 [b] | 0.40±0.01 [a] | 1.36±0.13 [a] | 3.15±0.15 [c] | 2.50±0.22 [b] |
| 48 hr | 13.8±2.96 [b] | 2.83±0.44 [c] | 0.68±0.21 [a] | 0.43±0.02 [a] | 1.32±0.27 [a] | 2.33±0.13 [a] | 1.71±0.25 [a] |
| F-test | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| C.V. (%) | 18.29 | 7.64 | 13.7 | 10.95 | 12.03 | 4.89 | 11.58 |

Mean values are separated using Duncan's multiple range test at $P \leq 0.01$ level of probability.

Mean values in the same column that are followed by the same letter/s are not significantly different.

CV: Coefficient of variance

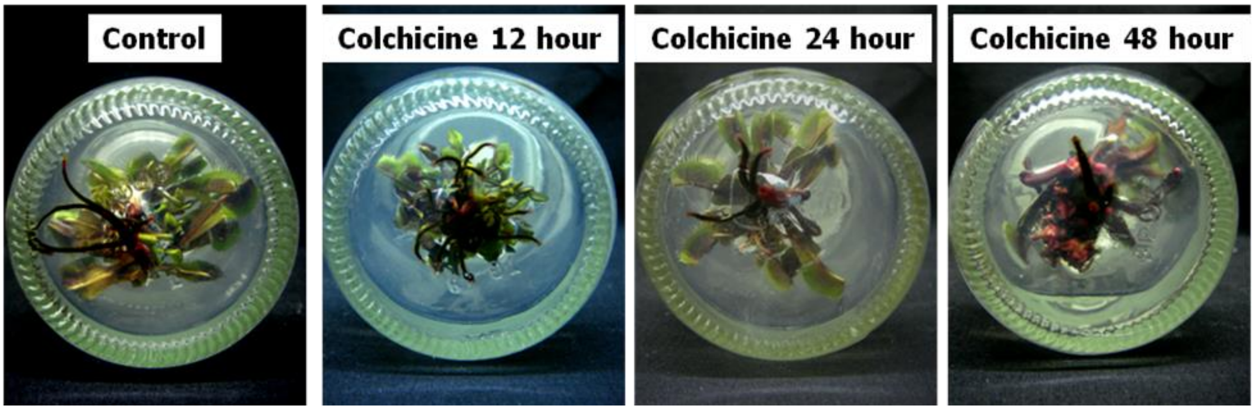



**Figure 1** The roots of *Dionaea muscipula* treated with colchicine 500 mg/l for 0, 12, 24 and 48 hr and cultured for 8 weeks.

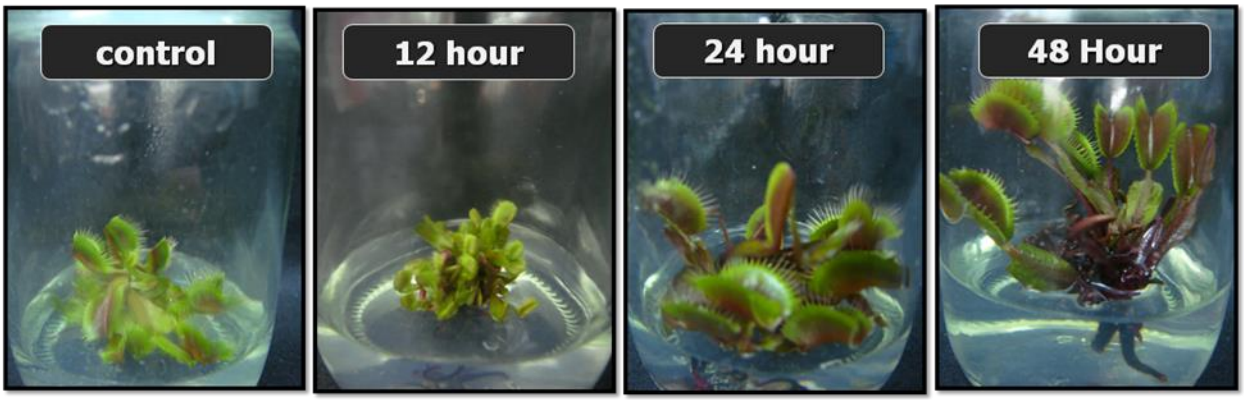



**Figure 2** Morphological characteristics changed after treating with colchicine 500 mg/l for 0, 12, 24 and 48 hr and cultured for 8 weeks.

# การศึกษาจำนวนโครโมโซมของหงส์เหินสี่ชนิดในประเทศไทย

## Study of Chromosome Number of Four Native *Globba* spp. in Thailand

**กิตติคุณ มุขตวาภัย**[1] **และ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์**[1]

Muktawapai, K.[1] and Wongchaochant, S.[1]

### Abstract

The chromosome number of the four native *Globba* species of Thailand were studied. The root tip cells of *Globba globulifera* Gagnep., *G. schomburgkii* Hook.f., *G. williamsiana* sp. *nov*. and *G. winitii* C.H. Wright were investigated by Feulgen squash method. The results revealed that *G. globulifera* and *G. schomburgkii* had chromosome number 2*n* = 2*x* = 32. From this research chromosome number of *G. schomburgkii* was 2*n* = 2*x* = 32 which similar to previous report of Khamtang *et al*., 2014 but different to former reports of Bisson *et al*., 1968; Larsen, 1972. In case of *G. williamsiana* and *G. winitii*, the chromosome number were 2*n* = 2*x* = 30. The chromosome number of *G. winitii* was different to report of Bisson *et al*. (1968) and Larsen (1972). The results of this study could clarify the chromosome number of *G. globulifera* and *G. williamsiana* that was not be previously reported in IPCN database.

**Keywords**: Chromosome number, Feulgen squash method, *Globba* spp.

### บทคัดย่อ

ศึกษาจำนวนโครโมโซมของพืชสกุลหงส์เหินสี่ในชนิดในประเทศไทย ได้แก่ *Globba globulifera* Gagnep., G. *schomburgkii* Hook.f., G. *williamsiana* sp.nov. และ G. *winitii* C.H. Wright โดยนับจำนวนโครโมโซมจากเซลล์เนื้อเยื่อปลายราก ด้วยวิธี Feulgen squash พบว่า *G. globulifera* และ *G. schomburgkii* มีจำนวนโครโมโซมคือ 2n = 2x = 32 ส่วน *G. williamsiana* และ *G. winitii* มีจำนวนโครโมโซมคือ 2n = 2x = 30 โดยที่ผลการศึกษาจำนวนโครโมโซมของ G. schomburgkii ครั้งนี้พบว่ามีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2n = 2x = 32 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Khamtang และคณะ (2014) และแตกต่างจากรายงานของ Bisson และคณะ (1968) และ Larsen (1972) ส่วน *G. winitii* พบว่ามีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2n = 2x = 30 ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Bisson และคณะ (1968) และ Larsen (1972) ในการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบจำนวนโครโมโซมของ *G. globulifera* และ *G. williamsiana* ซึ่งยังไม่มีการรายงานเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในฐานข้อมูล IPCN มาก่อน

**คำสำคัญ**: จำนวนโครโมโซม, วิธีฟูลเจน สควอช, พืชสกุลหงส์เหิน

### คำนำ

หงส์เหิน เป็นไม้ดอกประเภทหัวในเขตร้อนชื้น โดยในพบในประเทศไทยประมาณ 34 ชนิด 46 หน่วยอนุกรมวิธาน กระจายพันธุ์ทั่วทุกภาคในประเทศไทย โดยพืชสกุลนี้มีบทบาทร่วมในทางประเพณีและวัฒนธรรมมาช้านาน ใช้เป็นพืชทางศาสนาพุทธ ทำให้พืชนี้มีชื่อสามัญอีกชื่อคือ ดอกเข้าพรรษา เนื่องจากพืชสกุลนี้จะออกดอกในช่วงเข้าพรรษา จึงนิยมนำมาใช้ประโยชน์ในพิธีกรรมช่วงเทศกาลเข้าพรรษา และยังเป็นที่นิยมประดับเป็นไม้กระถาง หรือไม้ตัดดอกอีกด้วย เพราะมีช่อดอกที่อ่อนช้อยสวยงาม ดอกย่อยมีใบประดับที่มีสีสันสะดุดตาและยังมีโครงสร้างคล้ายหงส์ที่กำลังจะโผบิน การจัดจำแนกพืชสกุลหงส์เหินในปัจจุบัน มีทั้งการจำแนกทางสัณฐานวิทยา ชีววิทยาโมเลกุลและเซลล์วิทยา ซึ่งการจำแนกโดยเซลล์วิทยาคือการศึกษาจำนวนโครโมโซมของพืชสกุลหงส์เหินสามารถช่วยในการจำแนกให้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยก่อนหน้านี้ได้มีการศึกษาจำนวนโครโมโซมของพืชสกุลหงส์เหิน พบว่ามีความหลากหลายของจำนวนโครโมโซมตั้งแต่ 2n = 22, 24, 28, 32, 44, 48, 64, 80 และ 96 (x = 8, 11, 12, 16, 17 และ 24) (Chakravorti, 1948; Sharma และ Bhattacharyya, 1959; Bisson และคณะ, 1968; Ramachandran, 1969; Mahanty,1970; Larsen, 1972; Mehra และ Sachdeva, 1979; Beltran และ Kiews; Okada, 1984; Eksomtramage และคณะ, 2002; Khamtang และคณะ, 2014) โดยงานวิจัยได้

---

[1] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่อยู่ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

ศึกษาจำนวนโครโมโซมของพืชสกุลหงส์เหิน 4 ชนิดในหมวด Section Globba ที่เป็นชนิดพื้นเมืองในประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานทางเซลล์วิทยาในการใช้ตรวจสอบลูกผสมข้ามระหว่างชนิดในสกุลหงส์เหิน

## อุปกรณ์และวิธีการ

หงส์เหิน 4 ชนิดที่ทำการศึกษาคือ *Globba globulifera* Gagnep., *G. schomburgkii* Hook.f., *G. williamsiana* sp.*nov*. และ *G. winitii* C.H. Wright เก็บปลายรากพืชยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ในเวลา 8: 00 นาฬิกา ล้างทำความสะอาด และพรีทรีทเมนต์ในสารละลาย 8-hydroxyquinoline ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง และแช่ในสารละลายคานอย เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง และแช่ล้างด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ และ 70 เปอร์เซ็นต์ อย่างละ 4 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำชิ้นส่วนปลายรากไปย่อยด้วย 1N HCl นาน 8 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อย่อยสลายผนังเซลล์และทำให้เซลล์แยกตัวจากกัน นำปลายรากมาล้างด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้ง ตัดเฉพาะส่วนของปลายรากที่มีสีขาวขุ่น วางบนแผ่นสไลด์แล้วหยดสีอะซิโตคาร์มีน แล้วนำสไลด์ลนผ่านไฟอย่าให้เดือด ซับสีย้อมออก และทำซ้ำจนครบ 3 ครั้ง เพื่อขจัดกรดไฮโดรคลอริคออก และหยดสีย้อมอีกครั้ง จึงปิดกระจกปิดสไลด์ จากนั้นเคาะแผ่นสไลด์ด้วยไม้แหลม ขยี้ให้เนื้อเยื้อแยกกระจายออก ลนผ่านไฟอีกครั้ง และใช้นิ้วหัวแม่มือกดบนกระจกปิดสไลด์อีกที และบ่มในภาชนะที่มีกรดอะซิติกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำสไลด์มาส่องหาเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า เพื่อหาเซลล์ในระยะเมตาเฟส และนับจำนวนโครโมโซม โดยตรวจหาชนิดละ 20 เซลล์

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาจำนวนโครโมโซมของหงส์เหินในหมวด Section Globba 4 ชนิด พบว่าจำนวนโครโมโซมของ *G. schomburgkii* มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2n = 2x = 32 (Fig.1A) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Khamtang และคณะ (2014) ซึ่งรายงานจำนวนโครโมโซมไว้เท่ากัน คือ 2n = 2x = 32 และแตกต่างจากรายงานของ Bisson และคณะ (1968) และ Larsen (1972) ที่รายงานจำนวนโครโมโซมไว้ คือ 2n = 2x = 48 และ 64 ตามลำดับ (Table 1) ส่วน *G. winitii* พบว่ามีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2n = 2x = 30 (Figure 1B) ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Bisson และคณะ, 1968; Larsen, 1972 ที่รายงานผลจำนวนโครโมโซมไว้ คือ 2n = 2x = 32 และ 48 ตามลำดับ จากงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการค้นพบว่าจำนวนโครโมโซมของ G. globulifera ที่ตรวจนับได้คือ 2n = 2x = 32 (Figure 1C) และ *G. williamsiana* 2n = 2x = 30 (Figure 1D) ซึ่งหงส์เหินทั้งสองชนิดยังเคยไม่มีการรายงานเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในฐานข้อมูล IPCN มาก่อน จากข้อมูลจำนวนโครโมโซมสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการอธิบายถึงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมได้ว่า *G. globulifera* และ *G. schomburgkii* มีความใกล้ชิดกัน เนื่องจากงานวิจัยนี้พบว่ามีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ William และคณะ (2004) ในการจัดจำแนกพืชวงศ์ Globba โดยใช้ข้อมูลความสัมพันธ์ระดับโมเลกุล ที่จำแนก *G. globulifera* และ *G. schomburgkii* อยู่ในกลุ่มที่มีความใกล้ชิดกันทางพันธุกรรม และแสดงความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างห่างจาก *G. winitii* ซึ่งพบว่ามีจำนวนโครโมโซมที่ต่างกัน คือ 2n = 2x = 30 จากงานวิจัยนี้ด้วย จึงเห็นได้ว่าการศึกษาจำนวนโครโมโซมในหงส์เหิน สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการจัดกลุ่มของพืชสกุลหงส์เหินได้อีกทางหนึ่ง อีกทั้งยังใช้เป็นหลักฐานในการตรวจสอบลูกผสมข้ามระหว่างชนิดกันได้อีกเช่นกัน

## สรุปผล

การศึกษาจำนวนโครโมโซมในพืชสกุลหงส์เหิน 4 ชนิดในหมวด Section Globba ในประเทศไทย ด้วยการนับจำนวนโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า *G. globulifera* และ *G. schomburgkii* มีจำนวนชุดโครโมโซม คือ $2n = 2x = 32$ และ *G. williamsiana* และ *G. winitii* มีจำนวนชุดโครโมโซม คือ $2n = 2x = 30$

## เอกสารอ้างอิง

Bisson, S., Guillemet, S. and Hamel, J.L., 1968, Contribution a l'étude caryo-taxonomique Des Scitaminées, Mem. Mus. Natl. Hist. Nat. Ser. B. Bot. 18: 59-145.

Chakravorti, A.K., 1948, Multiplication of Chromosome Number in Relation to Speciation in Zingiberaceae, Scientific Culture, 14: 137-140.

Eksomtramage, L., Sirirugsa, P., Jivanit, P. and Maknoi, C., 2002, Chromosome Counts of some Zingiberaceous Species from Thailand, Songklanakarin Journal Science Technology, 24: 311-319.

Larsen, K., 1972, Studies in the genus *Globba* in Thailand, Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh, 31: 229-241.

Mahanty, H.K., 1970, A karyological study of the Zingiberaceae with Special Reference to their Taxonomy, Cytologia, 35: 13-49.

Mehra, P.N. and Sachdeva, S.K., 1979, Cytological Observations on Some East Himalayan Monocots, Cytologia, 44: 233-240.

Okada, H., 1984, Chromosome Counts of Some Plants Collected from W. Sumatra. *In* Hotta, M. (ed.) Forest Ecology and Flora of G. Gadut West Sumatra. Pp. 89-90. Sumatra Nature Study (Botany), Kyoto.

Ramachandran, K., 1969, Chromosome numbers in Zingiberaceae, Cytologia, 34: 213-221.

Sharma, A.K. and Bhattacharyya, N.K., 1959, Cytology of Several Numbers of Zingiberaceae and a Study of the Inconstancy of Chromosome Complements, La Cellule, 59: 299-346.

William, J.K., Kress W.J. and Paul, M.S., 2004, The Phylogeny, Evolution, and Classification of the Genus *Globba* and Tribe Globbeae (Zingiberaceae): Appendages Do Matter, American Journal of Botany, 91: 100–114.

**Table 1** Somatic chromosome numbers of 4 *Globba* species in Section Globba.

| Species | Chromosome number (2*n*) | Previous published reports | |
|---|---|---|---|
| | | (2*n*) | Authors |
| *Globba globulifera* Gagnep. | 32* | - | - |
| *G. schomburgkii* Hook.f. | 32 | 48 | Bisson *et al*., 1968 |
| | | 64 | Larsen, 1972 |
| | | 32 | Khamtang *et al*., 2014 |
| *G. williamsiana* sp.*nov*. | 30* | - | - |
| *G. winitii* C.H. Wright | 30 | 32 | Bisson *et al*., 1968 |
| | | 48 | Larsen, 1972 |

* No recorded in database of IPCN

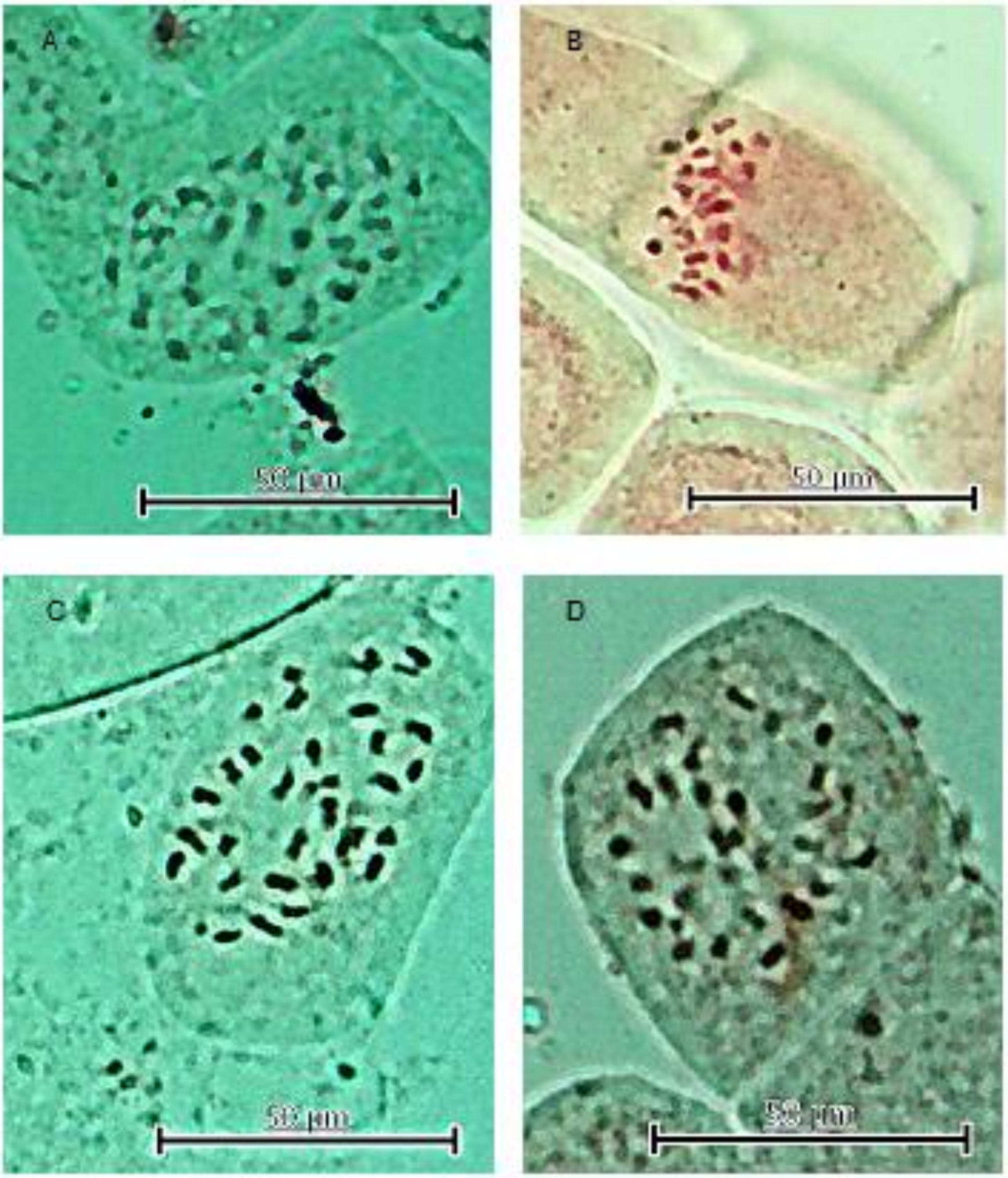



**Figure 1** Microphotographs of root tip cell chromosomes of 4 *Globba* species: (A) *G. globulifera* ($2n = 2x = 32$). (B) *G. schomburgkii* ($2n = 2x = 32$). (C) *G. williamsiana* ($2n = 2x = 30$). (D) *G. winitii* ($2n = 2x = 30$).

# การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของถั่วแลบแลบ

## Studies on Morphological Characters of Lablab Bean (Lablab purpureus (L.) Sweet)

**ชื่นจิต แก้วกัญญา[1] อนุรักษ์ อุปโท[1] และ ธนพร ขจรผล[1]**
Kaewkunya, C.[1], Oupato, A.[1] and Kajonphol, T.[1]

### Abstract

Morphological characters of seven accessions of Lablab bean collected from the different regions in Thailand were conducted. Results showed LB No.4 had the highest height (206.9±15.4 cm) and LB No.1 had the fastest flowering and mature (48±4.6, 108±9.2 days after planting). The LB No.5 and LB No. 3 had the highest number of inflorescence and pods (12.5±1.8 cluster/plant and (69.5 ±9.0 pods/plant, respectively). The highest number of seed (4.7±1.1 seed/pods) and seeds weight (46.6±2.2 g/100 seeds) were found in LB No.6 and LB No.4, respectively. An identification of morphological trait using IBPGR (1993) revealed that Lablab beans could be divided into two groups which 'field type' (*L. purpureus* var lignosus) was LB No.1 (Hightworth) and LB No.2 (Rongai) and 'garden type' (L. *purpureus* var typicus) was LB No.3,4,5,6, and LB No.7.

**Keywords:** characterization, morphology, *Lablab purpureues* (L.) Sweet

### บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของถั่วแลบแลบ ที่รวบรวมจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย จำนวน 7 ตัวอย่าง พบว่า ถั่วแลบแลบ LB No.4 มีความสูงต้นมากที่สุด (206.9±15.4 ซม) และ LB No.1 ออกดอกและแก่เร็วที่สุด (48±4.6,108±9.2 วัน หลังปลูก) และพบว่า LB No.5 มีจำนวนช่อดอกมากที่สุด (12.5±1.8 ช่อ/ต้น) LB No.3 มีจำนวนฝักมากที่สุด (69.5±9.0 ฝัก/ต้น) LB No.6 มีจำนวนเมล็ดมากที่สุด (4.7±1.1 เมล็ด/ฝัก) และ LB No.4 มีน้ำหนักเมล็ดมากที่สุด (46.6±2.2 กรัม/100 เมล็ด) ส่วนลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามเกณฑ์การตรวจสอบลักษณะทางพันธุ์พืช (IBPGR,1993) พบว่า ถั่วแลบแลบที่ศึกษาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ถั่วแลบแลบไร่ (field type) (*L. purpureus* var lignosus) คือ LB No.1 (Highworth) และ LB No.2 (Rongai) และถั่วแลบแลบสวน (garden type) (*L. purpureus* var typicus) คือ LB No.3,4,5,6 และ LB No.7

**คำสำคัญ**: ลักษณะประจำพันธุ์ สัณฐานวิทยา ถั่วแลบแลบ

### บทนำ

ถั่วแลบแลบ (*Lablab purpureus* (L.) Sweet; *Dolichos purpureus* L.) เป็นพืชตระกูลถั่วประเภทปีเดียว หรือข้ามปีอายุสั้น มีหลากหลายสายพันธุ์ ลักษณะการเจริญแบบเถาเลื้อยหรือพุ่ม เป็นพืชที่ตอบสนองต่อช่วงแสงสั้น ปลูกแพร่หลายในทวีปเอเชีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแอฟริกาตะวันออก (Anonymous, n.d.) เป็นพืชตระกูลถั่วเอนกประสงค์ โดยส่วนยอดอ่อน ดอก ฝักอ่อน และเมล็ดทั้งสดและแห้งใช้เป็นอาหารมนุษย์ (โปรตีน 20-28 % และวิตามิน A, B และ C สูง) ถือว่าเป็นพืชตระกูลถั่วที่เป็นแหล่งโปรตีนหลักสำหรับประชากรในทวีปแอฟริกา หรือบางประเทศในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น อินเดีย และบังคลาเทศ (Maas และคณะ, 2010) นอกจากเป็นอาหารมนุษย์แล้วทุกส่วนของต้นสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ ทั้งในรูปสดโดยปล่อยแทะเล็มในแปลง หรือนำมาปรับปรุงสภาพในรูปของพืชแห้ง หรือพืชหมัก การปลูกร่วมกับหญ้าในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์จะช่วยปรับปรุงคุณภาพและโภชนะของทุ่งหญ้าได้ดีมาก (Loch และ Ferguson, 1999) ถ้าปลูกแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชบำรุงดินจะได้คุณภาพของปุ๋ยพืชสดที่ดี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) ถึงแม้ถั่วแลบแลบจะมีประโยชน์มากมายและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆ หลายทวีปทั่วโลก สำหรับประเทศไทยไม่แพร่หลายเท่าที่ควร อาจเนื่องจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ของพืชชนิดนี้มีน้อย และเมล็ดพันธุ์มีจำกัดจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร (สุปราณี และคณะ, 2545) ดังนั้นหากมีการส่งเสริมหรือสนับสนุนให้มีการรวบรวมสายพันธุ์ถั่วแลบ

[1] **ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร**
[1] Department of Agriculture and Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-industry Kasetsart University Chalermphrakiat Sakhon Nakhon Province Campus

แลบจากแหล่งต่างๆ และประเมินสายพันธุ์ จะสามารถใช้เป็นฐานพันธุกรรม สำหรับใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปในอนาคต ดังนั้น การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของถั่วแลบแลบที่รวบรวมจากแหล่งต่างๆ จำนวน 7 ตัวอย่าง

## อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบที่รวบรวมจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย จำนวน 7 ตัวอย่าง ประกอบด้วย พันธุ์ Highworth (LB no.1) พันธุ์ Rongai (LB no. 2) และที่ยังไม่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 5 ตัวอย่าง ประกอบด้วย LB no.3, 4, 5, 6 และ no.7 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย น้ำหนัก 100 เมล็ด ความกว้าง ความยาว และความหนา ปลูกทดสอบในสภาพไร่ บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามเกณฑ์การตรวจสอบลักษณะทางพันธุ์พืชที่เสนอโดย International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) (IBPGR,1993) บันทึกลักษณะทางพืชไร่และองค์ประกอบผลผลิตบางประการ ได้แก่ ความสูงต้น วันเริ่มออกดอก วันเริ่มสุกแก่ จำนวนฝัก ความกว้าง และความยาวฝัก เป็นต้น

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

**ลักษณะประจำพันธุ์และลักษณะทางการเกษตรบางประการ** : ถั่วแลบแลบทั้ง 7 ตัวอย่างที่รวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ มีลักษณะประจำพันธุ์และลักษณะทางการเกษตรบางประการแตกต่างกัน Table 1 แสดงให้เห็นว่าสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยที่กลุ่มหนึ่ง คือ LB No.1 และ LB No.2 ซึ่ง มีความสูงน้อยกว่า (168.9 ±8.5 และ 142.8±9.2 ซม.) ตามลำดับ และกลุ่มสอง ประกอบด้วย LB No.3 - LB No.7 มีความสูงมากกว่า คือ ระหว่าง 179.8 ±10.5 -206.9 ±15.4 ซม. เนื่องจากทั้ง 2 กลุ่ม มีลักษณะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ชนิดถั่วแลบแลบแบบไร่ (LB No.1 และ LB No.2) จะมีลักษณะการเจริญเติบโตเป็นแบบตั้งตรงเป็นพุ่มบางครั้งอาจทอดยอด (กอบแก้ว, 2535) ซึ่งมีความสูงน้อยกว่าชนิดถั่วแลบแลบสวน (LB No.3, 4, 5, 6 และ LB No.7) ซึ่งมีการเจริญเติบโตแบบเถาเลื้อยยาว อาจเลื้อยพันกับต้นพืชชนิดอื่น (Andrea และ Pablo, 1999) เมื่อพิจารณาวันออกดอก และวันเริ่มสุกแก่สามารถแบ่งถั่วแลบแลบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ออกดอกและสุกแก่เร็ว คือ LB No. 1 (Highworth) และออกดอกและสุกแก่ช้า ประกอบด้วย LB No.2 (Rongai), LB No. 3,4,5,6 และ LB No.7 สอดคล้องกับ Pasternak (2013) ที่กล่าวว่าถั่วแลบแลบพันธุ์ Highworth เป็นพันธุ์ที่ออกดอกเร็ว (50 วัน หลังปลูก) ส่วนพันธุ์ Rongai เป็นพันธุ์ที่ออกดอกช้า (90 วัน) ในส่วนของขนาดฝัก และน้ำหนักเมล็ดจะมีความแตกต่างกัน โดยที่ถั่วแลบแลบ LB No. 4 มีขนาดฝักยาวที่สุดคือ 151 มม. และมีน้ำหนักเมล็ดสูงถึง 46.6 กรัม/100 เมล็ด ในขณะที่ถั่วแลบแลบ LB No. 6 ฝักเล็กสุดโดยมีความกว้างเพียง 13.9 มม. ส่งผลให้มีน้ำหนักเมล็ดน้อยที่สุดคือ 27.7 กรัม/100 เมล็ด

**ลักษณะทางสัณฐานวิทยา** : จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามเกณฑ์ IBPGR (1993) Table 2 ซึ่งได้ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาทั้งหมด 12 ลักษณะ พบว่าถั่วแลบแลบทั้ง 7 ตัวอย่าง มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่คล้ายคลึงกันในส่วนของสี Hypocotyls ซึ่งมีสีเขียว จำนวนของกิ่ง คือ มากกว่า 8 กิ่ง และลักษณะการเจริญเติบโต ส่วนลักษณะที่มีความแตกต่างกันที่เห็นชัดเจน คือ สีกลีบดอก ซึ่งมีทั้ง สีม่วงเข้ม สีม่วงอ่อน และสีขาว เป็นต้น และสีของฝักอ่อน ซึ่งมีทั้งสีเขียวอ่อน เขียวเข้ม และสีม่วง โดยทั้งนี้เกิดจากความหลากหลายทางสายพันธุ์ซึ่งมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาประจำชนิดพันธุ์ ที่บ่งชี้ว่าเป็นลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแต่ละสายพันธุ์นั้นๆ หรืออาจเกิดจากความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมบริเวณแปลงทดลอง หรือบริเวณใกล้เคียงซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ที่มีผลต่อการแสดงออกของลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Figure 1) ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (เชิงคุณภาพ) ที่แตกต่างกันเกิดจากความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ ซึ่งจะมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาประจำชนิดพันธุ์ที่มีความคล้ายคลึงหรือความแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามถั่วแลบแลบทั้ง 7 ตัวอย่างที่ศึกษาครั้งนี้ จัดอยู่ใน Ssp. *purpureus* กล่าวคือ ฝักมีลักษณะโค้งงอคล้ายมีดดาบ ยาว 4-10 ซม. กว้าง 2-4 ซม. แต่ละฝักมีเมล็ด 2 เมล็ด (Verdcourt, 1971)

**Table 1** Plant characteristics of Lablab bean 7 accessions.

| Characters | LB No. 1 | LB No. 2 | LB No. 3 | LB No. 4 | LB No. 5 | LB No. 6 | LB No. 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Plant height (cm) | 168.9±8.5 | 142.8±9.2 | 179.8±10.5 | 206.9±15.4 | 181.4±10.1 | 193.9±11.3 | 190.5±13.2 |
| Days to first flowering | 48.0±4.6 | 85.0±6.4 | 101.0±5.5 | 91.0±9.9 | 87.0±6.9 | 84.0±5.7 | 104.0±6.9 |
| Days to maturity | 108±9.2 | 131±9.5 | 151±13.1 | 141±12.8 | 137±12.4 | 128±14.0 | 158±15.5 |
| No. of pods/cluster | 5.4±1.7 | 5.2±0.9 | 5.0±1.5 | 2.5±0.6 | 5.6±1.7 | 4.5±1.1 | 3.9±2.9 |
| No. of pods/plant | 32.7±5.5 | 43.0±6.8 | 69.5±9.0 | 51.7±4.9 | 45.2±5.9 | 56.2±6.7 | 64.7±9.8 |
| Pod width (mm.) | 19.6±1.7 | 21.5±0.7 | 22.1±1.4 | 20.1±1.4 | 17.2±1.8 | 13.9±1.0 | 18.6±1.1 |
| Pod length (mm.) | 81.5±6.7 | 75.6±4.7 | 83.9±5.8 | 151.0±18.1 | 74.7±5.4 | 83.2±2.9 | 89.8±5.0 |
| No. of seed/pod | 3.0±0.9 | 3.0±0.6 | 4.5±0.7 | 4.5±1.1 | 4.0±0.5 | 4.7±1.1 | 4.2±0.7 |
| 100 seed weight(g) | 29.3±1.6 | 28.2±1.5 | 35.3 ±1.7 | 46.6±2.2 | 30.0±1.4 | 27.7±1.5 | 45.9±2.4 |
| Seed width (mm.) | 7.2±0.4 | 7.2±0.3 | 8.0±0.4 | 8.7±0.4 | 8.1±0.6 | 7.3±0.3 | 9.1±0.9 |
| Seed length (mm.) | 11.2±0.6 | 10.8±0.8 | 11.2±0.7 | 13.3±0.6 | 9.1±1.0 | 11.6±0.6 | 11.3±0.8 |
| Seed thickness (mm.) | 4.8±0.4 | 5.0±0.5 | 5.4±0.5 | 7.0±0.3 | 6.6±0.4 | 6.2±0.4 | 7.5±0.4 |

[1] Mean±SD

**Table 2** Some morphological trails of Lablab bean 7 accessions

| Traits * | LB no. 1 | LB no. 2 | LB no. 3 | LB no. 4 | LB no. 5 | LB no. 6 | LB no. 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hypocotyls color | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Branching | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Growth habit | 3,4 | 2 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 |
| Position of branch | 1,3 | 1,3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 |
| Raceme position | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| Petal color | 4 | 1 | 4 | 4 | 3 | 1 | 5 |
| Leaf color | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| Petiole color | 1 | 5 | 5 | 3 | 2 | 5 | 4 |
| Pod hairiness | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Immature pod color | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 5 |
| Mature pod color | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| Pod curvature | 5 | 5 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 |

* Hypocotyls color : 1=green, 2=greenish purple, 3= purple ; Branching : 1=no branch, 2= 1-2 branches, 3=3-5 branches,4= 6-8 branches, 5=more than 8 branches ; Growth habit :1=determinate, 2= semi deter- minate,3= twining, 4= indeterminate ; Position of branch : 1=base, 3=middle, 5= top ; Raceme position : 1=emerging from leaf canopy, 2=intermediate,3=within foliate; Petal color : 1=white, 2=light green, 3=light pink,4=light purple,5=purple; Leaf color: 1=light green, 2=dark green, 3=green ; Petiole color : 1=green, 2=greenish purple, 3=purple, 4=dark purple, 5=light green; Pod hairiness: 1=spear, 2=moderate, 3= dense, 4=glabrous; Immature pod color : 1=green, 2= light green, 3=dark green, 4=greenish purple, 5= dark purple ; Mature pod color : 1= brown, 2 =light brown, 3 = dark brown, 4=dark purple, 5= black ; Pod curvature :
1= curved, 3=slightly curved, 5=straight

## สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของถั่วแลบแลบ จำนวน 7 ตัวอย่าง สามารถจำแนกออกเป็น 3 ลักษณะ คือ 1. ลักษณะการเจริญเติบโตของต้นแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ถั่วแลบแลบไร่ (field type หรือ variety lignosus) จำนวน 2 ตัวอย่าง คือ LB no. 1 พันธุ์ Highwroth และ LB no. 2 พันธุ์ Rongai และถั่วแลบแลบสวน (garden type หรือ variety typicus) จำนวน 5 ตัวอย่าง คือ LB no.3, 4, 5, 6 และ LB no. 7

2. สีเมล็ด และสีดอก แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ เมล็ดสีน้ำตาลอ่อน ดอกสีขาว จำนวน 2 ตัวอย่าง คือ LB no. 2 และ LB no. 6 และกลุ่มที่มีเมล็ดสีน้ำตาลเข้ม และสีดำ ดอกสีม่วงอ่อนถึงเข้ม จำนวน 5 ตัวอย่าง ประกอบด้วย LB no.1, 3, 4, 5 และ LB no. 7

3. สีลำต้น และสีฝัก แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีลำต้นสีเขียว และฝักสีเขียว จำนวน 5 ตัวอย่าง ประกอบด้วย LB no.1, 2,3,5 และ LB no.6 และกลุ่มที่มีลำต้น ก้านใบ เส้นกลางใบ และฝักสีม่วง คือ LB no.4 และ LB no. 7

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานของถั่วแลบแลบครั้งนี้ เป็นการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นและเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณค่ามากขึ้นควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีในส่วนของใบ ฝัก และเมล็ด ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินที่ปลูกถั่วแลบแลบสายพันธุ์ต่างๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

**คำขอบคุณ**

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร (สวพ.ฉกส.) ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัยในครั้งนี้

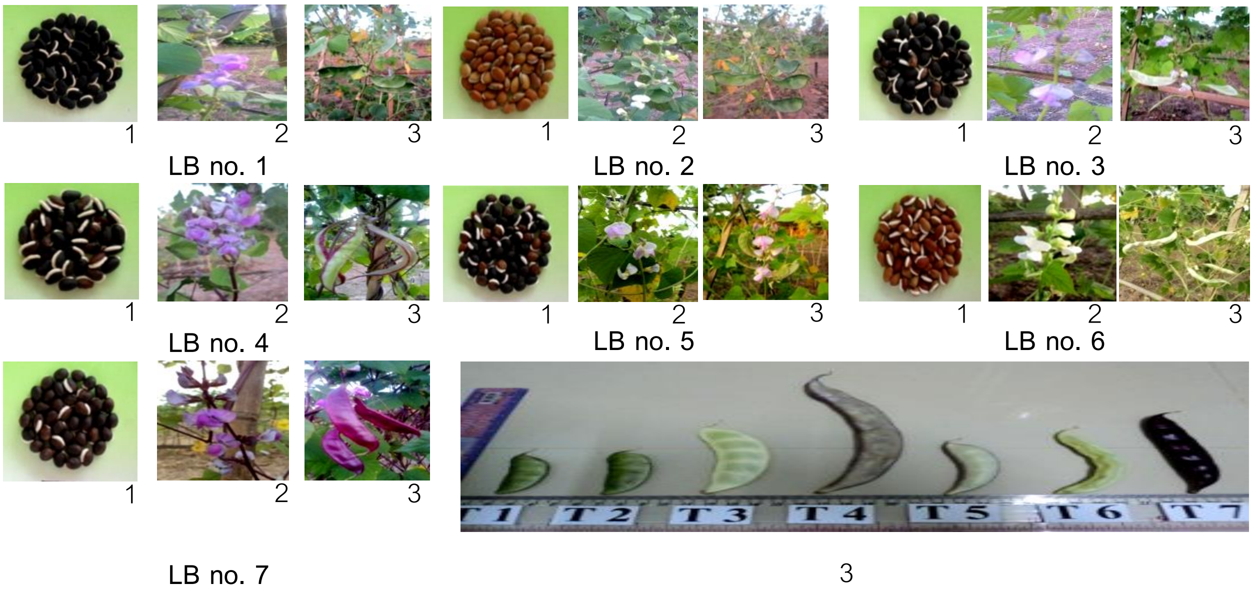



**Figure 1** Plant morphological of Lablab bean 7 accession; 1: Seed, 2 : Flower and 3 : Pods

## เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2541, พืชตระกูลถั่วเพื่อการปรับปรุงดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ.

กอบแก้ว ตรงคงสิน, 2535, พืชอาหารสัตว์เขตร้อน, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ ฯ.

สุปราณี งามประสิทธิ์ สุนันทา จันทกูล สุวพงษ์ สวัสดิ์พาณิชย์ และลิลลี่ กาวีต๊ะ, 2545, อิทธิพลของอัตราปลูกต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบ, หน้า131-138, ในเรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สาขาพืช) 4-7 กุมภาพันธ์ 2545, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Andrea, M.M. and Pablo, E.C., 1999, A Tropical Forage Solution to Poor Quality Ruminant diets: A review of *Lablab purpureus* [Online], Available: http://www.cipav.org.co /lrrd /lrrd11 /2/colu112.htm. [March 10, 2010].

Anonymous. n.d., 2012, *Lablab purpureus*: Tropical Forage [Online], Available: http://www.tropicalforages.info/key/Forages/ Media/Html/Lablab_purpureus.htm. [February 13, 2012].

International Board for Plant Genetic Resources, 1993, Descriptors for Pigeonpea, International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy.

Loch, D.S. and Ferguson, J.E., 1999, Forage seed production. II. 2: Tropical and subtropical species formerly of Tropical Forages Program, Centro Int. Agri. Trop. Cali, Columbia. 479 p.

Maas, B.L., Knox, M.R., Venkatesha, S.C., Tefera, T.A., Ramme, S. and Pengelly, B.C., 2010, *Lablab purpureus* – A Crop Lost for Africa ?, Tropical Plant Biology, 3: 123-135.

Verdcourt, B., 1971, *Lablab*. *In*: Milne-Redhead E. and Polhill R. M. (eds.). Flora of Tropical East Africa, pp. 696-699, Crown Agents, London, UK.

# ความหลากหลายของข้าวตามคุณลักษณะข้าวในการบริโภคและแหล่งเพาะปลูก

# The study of Rice Diversity Base on the Consuming Quality and Location

หทัยรัตน์ พลชาตรี[1] อัษฎาวุธ เกิดฤทธิ์[1] นิพนธ์ บุญมี[2] ศิวะพงศ์ นฤบาล[2] และ เนตรนภา อินสลุด[1]

Phonchathri, H.[1], Kerdrit, A.[1], Boonme, N.[2], Naruebal, I.[2] and Insalud, N.[1]

## Abstract

The study of different rice germplasms in different area is necessary to gain the database for the diversity study. Different rice germplasms were collected from 85 villages of Mae Hong Son and Chiang Mai. There were 3 groups of white, red and black that contained 165, 22 and 6 germplasms, respectively. Most of the grains were long medium bold. Alkali digestibility was used to indicate the gelatinization temperature in rice which rated from level 1 to 7. Most of germplasms from 7 villages in Mae Hong Son were rated at level 7 while level 1 and 2 were rated for those from 20 villages of Chiang Mai. All grain elongation after incubating at 80 $^{o}$C for 30 min were 1.04-48.17 % in length and 2.86-48.17% in width and water absorptions were in range of 1.00-5.33. The ability of elongation and water absorption were different by genotypes not color and location.

**Keywords:** alkali digestibility, diversity, grain, rice

## บทคัดย่อ

การศึกษาความแตกต่างของเชื้อพันธุ์ข้าวในพื้นคนที่ต่างๆมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้ได้มาซึ่งฐานข้อมูลในการศึกษาความหลากหลาย เชื้อพันธุ์ข้าวต่างๆ ถูกเก็บรวบรวมจาก 85 หมู่บ้าน 61 ตำบล 12 อำเภอ ของจังหวัดแม่ฮ่องสอนและเชียงใหม่ โดยแบ่งข้าวออกเป็น 3 กลุ่ม ตามเฉดสี คือ ขาว แดง และดำ จำนวน 165 22 และ 6 โดยแต่ละลักษณะมีจำนวน 106 44 21 9 6 5 และ 2 ตามลำดับ สำหรับค่าการสลายในด่างซึ่งเป็นการประเมินอุณหภูมิแป้งสุก แบ่งออกเป็น 1-7 ระดับ โดยเชื้อพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่ที่มาจาก 7 หมู่บ้าน ในแม่ฮ่องสอน อยู่ในระดับที่ 7 ในขณะที่ระดับที่ 1 และ 2 เป็นข้าวจาก 20 หมู่บ้านของจังหวัดเชียงใหม่ การยืดตัวของเมล็ดหลังจากได้รับอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที มีค่าการยืดตัวด้านความยาวอยู่ที่ 1.04-48.17% ความกว้าง 2.86-48.17% และมีค่าการดูดน้ำอยู่ในช่วง 1.00-5.33 ความสามารถในการยืดขยายเมล็ดและการดูดน้ำมีความแตกต่างไปตามสายพันธุ์ซึ่งไม่มีความสัมพันธ์กับเฉดสีหรือแหล่งรวบรวม

**คำสำคัญ**: การสลายตัวของเมล็ดข้าว ความหลากหลาย เมล็ดข้าว ข้าว

## คำนำ

ความหลากหลายของสายพันธุ์ข้าวในประเทศไทยมักพบได้ในพื้นที่ที่มีประชากรที่มีความแตกต่างทางด้านวัฒนธรรมและสังคม โดยเฉพาะพื้นที่สูงในเขตภาคเหนือจะเป็นที่ที่ชนเผ่าต่างๆ อาศัยอยู่หลากหลายชนเผ่า ความต้องการลักษณะของข้าว หรือคุณภาพข้าวในการบริโภคหรือใช้ในการประกอบพิธีกรรมย่อมมีความแตกต่างกันออกไป การประเมินลักษณะ ชนิด หรือคุณภาพข้าวนั้นประเมินเบื้องต้นจากลักษณะทางกายภาพ คือ ขนาด สี หรือกลิ่น ลักษณะทางด้านเคมีหรือคุณภาพทางการหุงต้มมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของปริมาณอะไมโลส ซึ่งสามารถประเมินได้หลายลักษณะ เช่น การยืดขยายของเมล็ดหลังจากผ่านกระบวนการหุงต้ม การสลายในด่าง การดูดน้ำ เป็นต้น การเก็บรวบรวมสายพันธุ์เพื่อนำมาประเมินลักษณะทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และคุณภาพทางการหุงต้มนี้ จะเป็นฐานข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการเก็บรวบรวมในอนาคตหรือการที่ต้องการพันธุ์ข้าวที่เป็นแหล่งพันธุกรรมข้าวตามคุณภาพ

## อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บรวบรวมข้าวจากพื้นที่สูงใน จ.เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน โดยเก็บข้าวที่ปลูกในฤดูนาปี ปี 2556 ทำการบันทึก

[1] สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Program in Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, 50290, Thailand

[2] ศูนย์วิจัยข้าวเชียงใหม่ ตำบลมะขามหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ 50120

[2] Chiang Mai Rice Research Center, Ma Kham Luang Sub-district, San Pa Tong, Chiang Mai, 50120, Thailand

พิกัดของข้าวแต่ละพันธุ์ที่เก็บมา นำเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวสารแต่ละสายพันธุ์มาวัดเฉดสี โดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ JUKI รุ่น 801 เมล็ดข้าวสารแต่ละสายพันธุ์ถูกนำมาประเมินความกว้างและยาวของเมล็ด จากนั้นประเมินคุณสมบัติทางเคมีของข้าวสาร ทดสอบการสลายในด่าง (Alkali digestibility) โดยแช่เมล็ดข้าวสารในสารละลาย KOH (19.45 g) ของ KOH ที่ละลายในน้ำ 1 ลิตร แช่นาน 23 ชั่วโมง (Juliao และ Villareal, 1993)ประเมินค่าการสลายในด่างเป็น 7 ระดับ ระดับที่ 7 หมายถึง เมล็ดข้าวสารสลายตัวมากที่สุด ระดับที่ 1 เมล็ดข้าวสารสลายตัวน้อยสุด จากนั้นทำการประเมินคุณสมบัติทางการหุงต้ม โดยประเมินค่ายืดขยายของเมล็ด เมื่อหุงที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที คำนวณเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นของปริมาตร และเปอร์เซ็นต์การยืดขยายด้านความกว้าง ความยาวของเมล็ด สำหรับค่าการดูดน้ำประเมินโดยชั่งเมล็ดข้าวสาร 2 กรัม ใส่ในหลอดทดลองใส่น้ำ 10 มิลลิลิตร แช่นาน 30 นาที จากนั้นนำไปแช่ใน water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศา นาน 45 นาที เมื่อครบ 45 นาที รีบนำหลอดมาใส่ในน้ำเย็นทันที วัดและบันทึกปริมาตรน้ำที่เหลือ นำข้อมูลทุกลักษณะที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติและวิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์

## ผลการทดลอง

ผลการเก็บรวบรวมข้าวจากพื้นที่สูง ได้เมล็ดพันธุ์ข้าวมาจำนวน 193 เชื้อพันธุ์ จาก 85 หมู่บ้าน 61 ตำบล 12 อำเภอของจังหวัดแม่ฮ่องสอน และเชียงใหม่ เมื่อทำการประเมินสีข้าวเปลือกและข้าวสาร ทำให้เห็นว่าสีของข้าวเปลือกและสีของเมล็ดข้าวสารไม่มีความสัมพันธ์กัน คือ สีข้าวเปลือกสีฟาง แต่เมล็ดข้าวสารอาจเป็นสีขาว สีแดง หรือ สีดำ ก็ได้ ค่าการวัดสีจึงใช้สีของเมล็ดข้าวสารในการจัดกลุ่มเฉดสีของเชื้อพันธุ์ข้าวที่เก็บรวบรวมมา โดยแบ่งข้าวออกเป็น 3 กลุ่ม คือ สีขาว สีแดง และ สีดำ โดยแต่ละสีมีจำนวน 165 22 และ 6 เชื้อพันธุ์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) สำหรับรูปร่างและลักษณะของเมล็ดข้าวสาร สามารถแบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม คือ ยาวเรียว ยาวค่อนข้างป้อม ยาวป้อม ปานกลางค่อนข้างป้อม ปานกลางป้อม สั้นค่อนข้างป้อม สั้นป้อม โดยแต่ละกลุ่มมีจำนวน 44 106 21 2 5 6 และ 9 เชื้อพันธุ์ ตามลำดับ (Figure 2)

สำหรับด้านคุณสมบัติทางเคมีซึ่งประเมินจากระดับการสลายในด่างนั้น พบว่าเมล็ดข้าวสารที่มีการสลายตัวในด่างระดับที่ 7 ล้วนเป็นพันธุ์ข้าวที่เก็บรวบรวมได้จาก อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน ในขณะที่ระดับที่ 1 และ 2 เป็นข้าวจาก 20 หมู่บ้านในจังหวัดเชียงใหม่ เมื่อพิจารณาค่าการสลายตัวในด่างของเมล็ดข้าวสารแต่ละเฉดสี พบว่าเมล็ดข้าวสารสีขาว 165 สายพันธุ์ มีการกระจายตัวของค่าการสลายในด่างตั้งแต่ 1-7 ระดับ โดยส่วนใหญ่ (38 %) มีค่าอยู่ในระดับที่ 2 ในขณะที่ข้าวสีดำและแดงมีค่าการสลายในด่างอยู่ที่ระดับ 2 (50%) และ 3 (35.7%) ในด้านคุณสมบัติในการหุงต้มในการศึกษานี้ทำการประเมิน 2 ลักษณะ คือ เปอร์เซ็นต์การยืดขยายของเมล็ด และค่าการดูดน้ำ เปอร์เซ็นต์การยืดขยายของเมล็ด ซึ่งประเมินเมล็ดข้าวที่ผ่านการหุงที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที พบว่าเมล็ดข้าว 193 สายพันธุ์ มีการยืดขยายด้านความยาวเพิ่มขึ้นที่แตกต่างกันไป โดยอยู่ในช่วง 1.04-48.17% และยืดขยายด้านความกว้างเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 2.86-48.17% สำหรับค่าการดูดน้ำของข้าวจำนวน 193 สายพันธุ์ มีค่าความแตกต่างกันไปตามแต่ละพันธุ์ โดยที่ไม่มีความสัมพันธ์กับเฉดสีของเมล็ดข้าวสาร โดยจะเห็นได้ว่าข้าวแต่ละเฉดสีมีค่าการดูดน้ำดังนี้ เมล็ดสีขาว มีค่าการดูดน้ำอยู่ในช่วง 1.0-4.7% โดยมีค่าการดูดน้ำส่วนใหญ่ อยู่ที่ 1.0 %เมล็ดข้าวสีแดงมีค่าการดูดน้ำอยู่ในช่วง 1.0-4.3% และเมล็ดสีดำมีค่าการดูดน้ำอยู่ในช่วง 1.0-2.0% ซึ่งมีค่าการดูดน้ำค่อนข้างน้อยกว่าเฉดสีอื่น

## วิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาความแตกต่างของเชื้อพันธุ์ข้าวในพื้นที่ต่างๆ เพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูลด้านความหลากหลายของเชื้อพันธุ์ข้าวที่เก็บรวบรวมจากพื้นที่สูงในจังหวัดแม่ฮ่องสอน และเชียงใหม่ พบข้าวเฉดสีหลายสายพันธุ์ ซึ่งส่วนใหญ่พบในข้าวของชาติพันธุ์ ชนเผ่าต่างๆ ที่มีการบริโภคข้าวหลากหลายสายพันธุ์แตกต่างกันไป นอกจากข้าวใช้ในการบริโภคแล้ว ชาวชนเผ่ายังนำข้าวไปใช้ประกอบพิธีต่างความต้องการทางด้าน ประเพณี และพิธีกรรม โดยเฉพาะข้าวเหนียวที่ชาวปกากญอหรือกะเหรี่ยง ส่วนใหญ่ไม่ค่อยนิยมบริโภคเป็นอาหารหลัก แต่ปลูกเอาไว้ทำขนมตอนทำพิธีต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นพิธีมัดมือ หรือพิธีเลี้ยงผี เช่นไหว้บรรพบุรุษ (อัจฉรา, 2544; วิชิต และวิศาล, 2552) วิถีชีวิตการบริโภคข้าวของหลายชนเผ่านั้นมักกินข้าวจ้าว ส่วนข้าวเหนียวใช้ทำอาหารหรือขนมเพื่อฉลองในวันสำคัญของประเพณีของเผ่า สำหรับการประเมินเฉดสีข้าวและพิจารณาความสัมพันธ์กับพื้นที่ปลูกจะเห็นได้ว่าเมล็ดข้าวสารที่มีการสลายตัวในด่างระดับที่ 7 ล้วนเป็นพันธุ์ข้าวที่เก็บรวบรวมได้จาก อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน ในขณะที่ระดับที่ 1 และ 2 เป็นข้าวจาก 20 หมู่บ้านในจังหวัดเชียงใหม่

สำหรับการประเมินคุณสมบัติในการหุงต้มนั้นมีความแตกต่างกันตามพันธุ์ข้าว ข้าวบางพันธุ์ที่มีค่าการสลายตัวในด่างต่ำและค่าการดูดน้ำน้อย เมื่อหุงจะใช้เวลาในการหุงต้มนาน และข้าวสุกมักมีลักษณะแห้งและร่วนแข็ง แต่พันธุ์ที่มีค่า

การสลายตัวในด่างสูง จะมีอุณหภูมิในการหุงต้มสูง จะใช้เวลาในการหุงต้มสั้น ข้าวสุกมี ลักษณะอ่อนนุ่ม ค่าดูดน้ำและเปอร์เซ็นต์การยืดขยายของเมล็ดข้าวสูง สามารถบ่งชี้ถึงลักษณะการหุงขึ้นหม้อ สำหรับการศึกษานี้ข้าวขาว มีความแตกต่างกันไปทั้งด้านคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติในการหุงต้ม แต่ข้าวเฉดสีแดง และดำ ซึ่งมีรงควัตถุสะสมที่ผิวชั้นนอกของเมล็ดข้าวสาร ซึ่งมักเป็นสารจำพวกแอนโทรไซยานิน สารเหล่านี้มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ แต่มักมีคุณสมบัติในการหุงต้มที่ไม่เป็นที่พอใจ คือ เมื่อหุงสุกแล้วมักเป็นข้าวร่วนแข็ง ซึ่งพันธุ์ข้าวที่เก็บรวบรวมมาในการศึกษานี้ก็มีลักษณะดังกล่าว โดยมีคุณสมบัติทางเคมี หรือมีค่าการสลายตัวในด่างค่อนข้างต่ำ คือ อยู่ที่ระดับ 1 และ 2 มีค่าการดูดน้ำค่อนข้างต่ำ และมีเปอร์เซ็นต์การยืดขยายตัวได้ต่ำเช่นกัน ซึ่งส่งผลให้ข้าวเฉดสีมีลักษณะเมื่อหุงต้มแล้วจะเป็นข้าวแข็ง ต้องใช้เวลาในการหุงต้มนาน สำหรับคุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวทั่วไปมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากปัจจัยด้านปริมาณอะมิโลส อันเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญซึ่งมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยืดตัวและการอุ้มน้ำของข้าวสุกเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอะมิโลสสูงขึ้น (สมาคมค้าข้าวไทย, มปป.) แต่สำหรับข้าวเฉดสีมีปัจจัยด้านองค์ประกอบของรงควัตถุที่สะสมที่ผิวชั้นนอก ซึ่งเป็นอุปสรรคในการดูดน้ำ และเป็นส่วนที่ไม่ละลายในด่าง ทำให้การประเมินคุณภาพข้าวเฉดสีเป็นข้าวแข็ง แต่อย่างไรก็ตามในการหุงต้มของ หรือกรรมวิธีที่นำไปใช้ในการทำอาหารของชนเผ่านั้น มักมีการแช่น้ำก่อนการนำไปนึ่ง ซึ่งจะเป็นวิธีการทำให้ข้าวนั้นอ่อนนุ่มขึ้นได้

## สรุปผล

ข้าวจำนวน 193 เชื้อพันธุ์ ถูกเก็บรวบรวมได้จากพื้นที่สูง ในจังหวัดเชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน การประเมินลักษณะทางกายภาพด้านเฉดสีของเมล็ดข้าวสาร สามารถแบ่งข้าวได้เป็น 3 กลุ่ม คือ สีขาว แดง และดำ ด้านรูปร่างลักษณะ ขนาดเมล็ด แบ่งข้าวได้เป็น 7 กลุ่ม โดยข้าวส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มเมล็ดยาวค่อนข้างป้อม สำหรับคุณสมบัติทางเคมี ซึ่งประเมินจากค่าการสลายตัวในด่าง และคุณภาพทางการหุงต้มนั้นมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละสายพันธุ์ โดยค่าการสลายตัวในด่างของข้าวสีขาวนั้นมีค่าตั้งแต่ระดับที่ 1-7 แต่ค่าการสลายในด่างและค่าการดูดน้ำของข้าวเฉดสีแดง และดำ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าการสลายตัวในด่างที่ระดับ 2-3 ค่าการดูดน้ำอยู่ที่ 1-2 ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้เห็นได้ว่าข้าวเฉดสีมีลักษณะหลังการหุงต้มเป็นข้าวแข็ง

## คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยโครงการการรวบรวมและศึกษาการเจริญเติบโต ความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารและผลผลิตของข้าวที่สูงที่ปลูกในสภาพไร่และนา โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวส่วนหนึ่งที่เก็บรวบรวมภายใต้โครงการวิจัยจึงนำมาศึกษาวิจัยในเชิงคุณภาพเมล็ดและขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. ปิยธิดา อำนวยการ ในการตรวจทานและแก้ไข adstract ในการศึกษาครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

วิชิต วิญญูกลุ และวิศาล บุญประกอบ, 2552, วิจัยผลิตภัณฑ์จากข้าวไร่ [สืบค้น], http://research.pcru.ac.th/rdb/pro_data/files/5203006.pdf [29/ July/ 15]

สมาคมค้าข้าวไทย, มปป, คุณภาพข้าว, [สืบค้น], http://www.thairiceassociation.com//index.php?page=rice3content&language=th&page=rice3content&group_id=28&topic_id=92. [23/ August /15].

อัจฉรา รักยุติธรรม, 2544, ข้าวปกากะญอ, สยามรัฐสัปดาห์วิจารณ์, 36-37.

อัญชลี ประเสริฐศักดิ์ สุนันทา วงศ์ปิยชน ศิริวรรณ ตั้งวิสุทธิจิต ศุภรัตน์ โฆษิตเจริญกุล และละม้ายมาศ ยังสุข, 2550, วารสารการข้าว, ความมีชีวิตและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้อง, 65-71.

Juliano, B.O. and Villareal, C.P., 1993, Grain Quality Evaluation of World Rices, International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

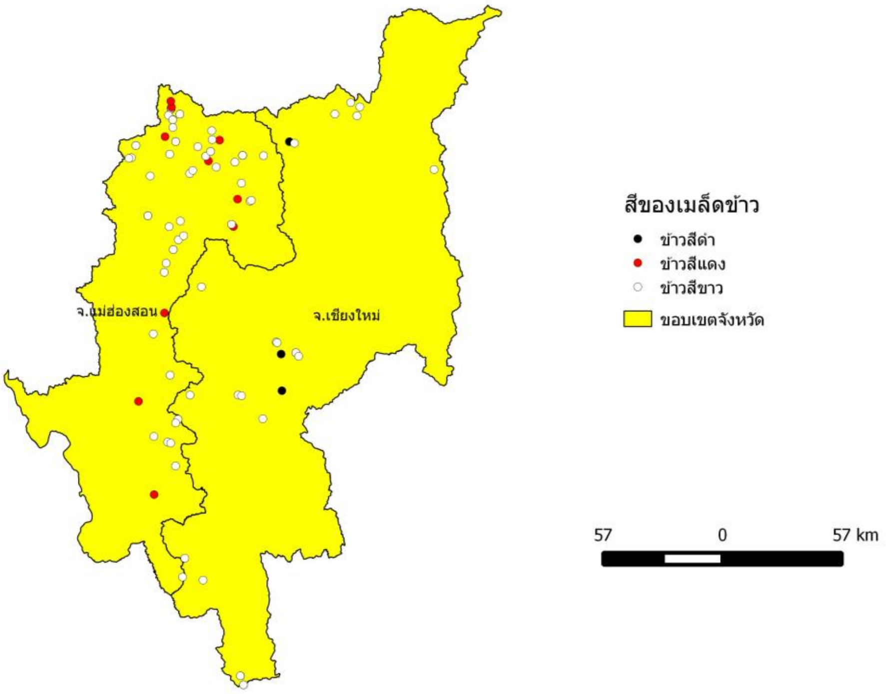



**Figure 1** The location of rice germplasm collection area which the color of rice grains (white, red and black) were indicated by the color of the circle on the map.

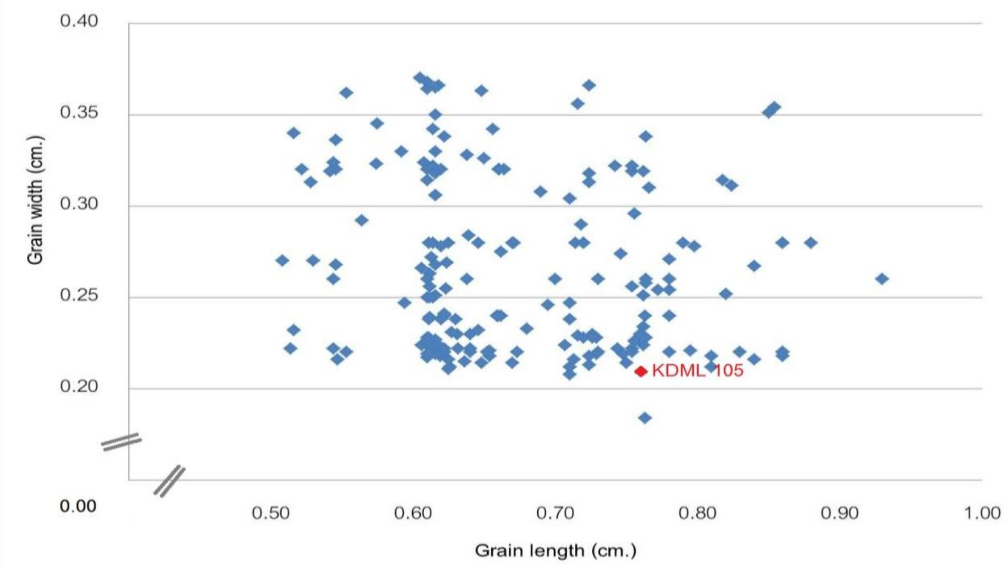



**Figure 2** Morphological of rice grain which present length and width (cm) of each germplasm.

**Table 1** Color of rice grain which classified to 3 groups by using color evaluated meter "Juki"

| Tone | L* | a* | b* | No. of race |
|---|---|---|---|---|
| white | 22.0 - 70.4 | 3.6 - 23.8 | 7.8 - 52.7 | 165 |
| red | 21.0 - 59.1 | 7.5 - 22.6 | -0.3 - 28.1 | 22 |
| black | 20.4 - 56.7 | 3.6 - 14.7 | -1.2 - 13.0 | 6 |

L* is the lightness ranging from 0-100%. Variable a* is the green to red and variable b* is the blue to yellow

# มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ "เกษตรศาสตร์ 75"

## New Cassava Variety "Kasetsart 75"

**สกล ฉายศรี[1] พชรดา ฉายศรี[1] กิ่งกานท์ พานิชนอก[2] ประภาส ช่างเหล็ก[3] สุปราณี งามประสิทธิ์[4] โอภาษ บุญเส็ง[5] และ เอ็จ สโรบล[6]**

Chaisri, S.[1], Chaisri, P.[1], Panitnok, K.[2], Changlek, P.[3], Ngamprasitthi, S.[4] Boonseng, O.[5] and Sarobol, A.[6]

### Abstract

Tested cassava yield Kasetsart 75 with 3 varieties recommended by Kasetsart University; Kasetsart 50, Huay Bong 60 and Huay Bong 80. This research was conducted by using the Randomized Complete Block Designs (RCBD) with 3 replications 28 experiments at Lop Buri Research Station and famer fields in 2008-15. The results showed that Kasetsart 75 gave average fresh root yield 6.6 tons per rai, starch yield 1.8 tons per rai., It was higher than varieties check for root starch content, root per plant and harvest index not significant.

**Keywords:** new cassava, breeding, Kasetsart 75

### บทคัดย่อ

ปลูกทดสอบผลผลิตมันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 75 ร่วมกับมันสำปะหลังพันธุ์แนะนำของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, พันธุ์ห้วยบง 60 และพันธุ์ห้วยบง 80 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Designs (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 28 การทดลอง ดำเนินการที่สถานีวิจัยลพบุรี และ แปลงเกษตรกร ในปี 2551 - 2558 ผลการทดลองพบว่า มันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 75 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 6.6 ตันต่อไร่, ผลผลิตแป้ง 1.8 ตันต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ร่วมทดสอบ สำหรับปริมาณแป้งในหัวสด, จำนวนหัวต่อต้น และ ดัชนีการเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกัน

**คำสำคัญ:** มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ ปรับปรุงพันธุ์ เกษตรศาสตร์ 75

### คำนำ

ปัจจุบันปริมาณความต้องการมันสำปะหลังเพื่อใช้ภายในประเทศสูงมาก และมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกมันสำปะหลังนอกจากจะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์แปรรูปเป็นแป้งเพื่อบริโภคและอุตสาหกรรมแล้ว ยังใช้ในอุตสาหกรรมพลังงาน เพื่อแปรรูปเป็นเอทานอลอีกด้วย ในฤดูกาลผลิตปี 2557/ 58 ประเทศไทยใช้พื้นที่ผลิตมันสำปะหลัง 8.84 ล้านไร่ สามารถผลิตได้ 31.24 ล้านตัน มีผลผลิตเฉลี่ย 3.55 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558; สกล, 2555)

การผลิตมันสำปะหลังจะได้ผลผลิตสูงหรือต่ำ มีคุณภาพของผลผลิตดีหรือไม่อย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับพันธุ์ การดูแลรักษาระหว่างปลูก และสภาพแวดล้อมที่ปลูก การใช้พันธุ์ดีถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย และสะดวกที่สุดสำหรับเกษตรกร ในการเพิ่มผลผลิตหรือปรับปรุงคุณภาพของมันสำปะหลัง แทนที่จะเปลี่ยนวิธีการเขตกรรมหรือวิธีการปฏิบัติต่อมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตาม หากมีการใช้พันธุ์ดีร่วมกับเทคโนโลยีที่เหมาะสม ผลผลิตที่ได้ก็จะสูงขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, มปป.; สกล, 2555)

[1] Lop-Buri Research Station, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900, Thailand

[1] **สถานีวิจัยลพบุรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพ ฯ 10900**

[2] Khao Hin Son Research Station, Kasetsart University, Bangkok, 10900, Thailand

[2] **สถานีวิจัยเขาหินซ้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพ ฯ 10900**

[3] Phetchabun Research Station, Kasetsart University, Bangkok, 10900, Thailand

[3] **สถานีวิจัยเพชรบูรณ์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพ ฯ 10900**

[4] Suwanwajokkasikit Field Crop Research Station, Kasetsart University, Bangkok, 10900, Thailand

[4] **สถานีวิจัยพืชไร่สุวรรณวาจกกสิกิจ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพ ฯ 10900**

[5] Rayong Filed Crops Research Center, Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Muang District, Rayong. 21150. Thailand

[5] **ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร และสหกรณ์ เมือง ระยอง 21150**

[6] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

[6] **ภาควิชาพืชไร่-นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพ ฯ 10900**

การจะเพิ่ม หรือยกระดับผลผลิตหัวมันสดของประเทศที่มีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ให้สูงกว่า 3.55 ตันต่อไร่ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยในปัจจุบัน และประเทศไทยจะผลิตมันสำปะหลังให้ได้มากกว่า 31.24 ล้านตันต่อปี จากการผลิตปี 2557/ 58 ดังนั้นพันธุ์มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตสูง จะเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรหันมาปลูกมันสำปะหลัง โดยเลือกใช้พันธุ์ที่เฉพาะเจาะจง และเหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ การปรับปรุงพันธุ์ และคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสดสูง มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี สามารถปรับตัวได้ดีในพื้นที่ปลูก ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิต และช่วยลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทย

การผลิตมันสำปะหลังจะได้ผลผลิตสูงหรือต่ำ มีคุณภาพของผลผลิตดีหรือไม่อย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับพันธุ์ และสภาพแวดล้อมที่ปลูก การใช้พันธุ์ดีถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่สะดวก และง่ายสำหรับเกษตรกรในการเพิ่มผลผลิตหรือปรับปรุงคุณภาพของมันสำปะหลัง แทนที่จะเปลี่ยนวิธีการเขตกรรมหรือวิธีการปฏิบัติต่อพืช (มันสำปะหลัง) อย่างไรก็ตาม หากมีการใช้พันธุ์ดีร่วมกับเทคโนโลยีที่เหมาะสมผลผลิตที่ได้ก็จะสูงขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, มปป.; สกล และคณะ, 2551)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### *อุปกรณ์*

1. มันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 75 และมันสำปะหลังพันธุ์แนะนำของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และห้วยบง 80

2. อุปกรณ์ สำหรับเก็บข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง แบบ Raiman Scale ไม้วัดความสูง ฯลฯ

### *วิธีการ*

1. ปลูกมันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 75 ที่ได้มาจากการทดสอบ และคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังลูกผสม ($F_1$) ระหว่าง มันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 60 กับ มันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 7 ของโครงการวิจัย และพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเฉพาะเขตสภาพแวดล้อม สถาบันวิจัย และพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และห้วยบง 80 เพื่อเปรียบเทียบผลผลิต ในต้นฤดูฝน เดือนพฤษภาคม และเก็บเกี่ยวผลผลิต เดือนเมษายน ของทุกปี ระหว่าง ปี 2551 - 2558 มีวิธีการปฏิบัติดังนี้ เตรียมพื้นที่ปลูกโดยไถผาล 3 แล้วตากดินไว้ประมาณ 10 – 15 วัน หว่านปุ๋ยมูลไก่แกลบ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ไถผาล 7 เพื่อกลบปุ๋ย และเตรียมดินให้ละเอียด ยกร่องสำหรับปลูกมันสำปะหลัง โดยยกร่องห่างกัน 1 เมตร ตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ทั้ง 4 พันธุ์ ยาวประมาณ 20 – 25 เซนติเมตร ปลูกโดยวิธีปักตรงบนสันร่อง ใช้ระยะปลูก ระหว่างต้น และระหว่างแถว 1 X 1 เมตร ฉีดสารเคมีควบคุมวัช และกำจัดพืชหลังปลูก อายุ 45 – 60 วัน ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15 – 15 - 15 อัตรา 25 กิโลกรัม ต่อไร่ กำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม และเก็บข้อมูล ดังต่อไปนี้ ลักษณะทางเกษตร, ผลผลิตหัวมันสด (กิโลกรัมต่อไร่), ผลผลิตแป้ง (กิโลกรัมต่อไร่), เปอร์เซ็นต์แป้ง (วัดโดยใช้เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง แบบ Raiman Scale), ความสูงต้นวันเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร), จำนวนหัวต่อต้น, ดัชนีการเก็บเกี่ยว และข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต ที่อายุเก็บเกี่ยว (ประมาณ 12 เดือน)

## ผลการทดลอง

### *ผลผลิตหัวสด*

ผลการทดลองพบว่า มันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 75 ให้น้ำหนักผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 6.6 ตันต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ร่วมทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง 60, เกษตรศาสตร์ 50 และ ห้วยบง 80 (5.8, 5.4 และ 5.2 9 ตันต่อไร่) ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

### *ผลผลิตแป้ง*

ผลการทดลองพบว่า มันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 75 ให้น้ำหนักผลผลิตแป้งเฉลี่ย 1.8 ตันต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ร่วมทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง 60, เกษตรศาสตร์ 50 และ ห้วยบง 80 (1.5, 1.4 และ 1.3 ตันต่อไร่) ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

### *ปริมาณแป้งในหัวสด*

ผลการทดลองพบว่า มันสำปะหลัง พันธุ์ห้วยบง 80 ให้ปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ย 26.8 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 75, ห้วยบง 60 และ เกษตรศาสตร์ 50 (26.6, 26.4 และ 25.6 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ทั้ง 4 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

***ความสูงต้นวันเก็บเกี่ยว***

ผลการทดลองพบว่า มันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 75 ให้ความสูงต้นวันเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 195.2 เซนติเมตร น้อยกว่ามันสำปะหลังที่นำมาปลูกทดสอบร่วมทั้ง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 80 และ ห้วยบง 60 (240.2, 232.4 และ 230.2เซนติเมตร) ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

***จำนวนหัวต่อต้น***

ผลการทดลองพบว่า มันสำปะหลัง พันธุ์ห้วยบง 80 ให้จำนวนหัวต่อต้น เฉลี่ย 12.2 หัว สูงกว่า พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และ เกษตรศาสตร์ 75 (11.8, 10.9 และ 10.9 หัว) ตามลำดับ ทั้ง 4 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

***ดัชนีการเก็บเกี่ยว***

ผลการทดลองพบว่า มันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 75 ให้ดรรชนีการเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 0.62 สูงกว่า พันธุ์ห้วยบง 60, ห้วยบง 80 และ เกษตรศาสตร์ 50 (0.58, 0.56 และ 0.52) ตามลำดับทั้ง 4 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

## วิจารณ์ผล

จากการวิจัย และพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลัง ได้ดำเนินการปลูกทดสอบ และคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตหัวสด และปริมารแป้งในหัวสูง ในแหล่งผลิต และปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญๆ ของประเทศ พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 75 ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งสูง กว่าพันธุ์ร่วมทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ สามารถปลูก และปรับตัวได้ดีในทุกสภาพพื้นที่ปลูก โดยเฉพาะพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง มีธาตุอาหารในดิน หรือ มีอินทรียวัตถุในดินสูง ประกอบกับมีการมีการจัดการที่ดี มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 75 ก็จะให้ผลผลิตสูง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับพันธุ์ร่วมทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ มีเพียงปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ยที่ต่ำกว่า มันสำปะหลัง พันธุ์ห้วยบง 80 แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อพิจารณาผลผลิตแป้งต่อไร่ มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 75 ให้ผลผลิตแป้งสูงกว่า พันธุ์ร่วมทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ ดังนั้น ในการพิจารณา คัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับปลูก ควรต้องพิจารณาถึงผลผลิตหัวมันสด ปริมาณแป้งในหัวมันสด และความเหมาะสมของพันธุ์ที่จะปลูกในแต่ละสภาพพื้นที่มาประกอบกันเพื่อพิจารณาก่อนที่จะปลูก

## สรุปผล

มันสำปะหลังพันธุ์ เกษตรศาสตร์ 75 เป็นมันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ ที่ให้ผลผลิตสูง โดยเฉพาะผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งเฉลี่ย 6.6 และ 1.8 ตันต่อไร่ สามารถปลูก และปรับตัวได้ดีในพื้นที่ปลูก และผลิตมันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศ เป็นที่ต้องการของเกษตรกร/ กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง รวมทั้งธุรกิจ และอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. โอภาษ บุญเส็ง ผู้เชี่ยวชาญ ด้านมันสำปะหลัง กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.มก.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558, สถิติการเกษตรของประเทศไทย.

สกล ฉายศรี โอภาษ บุญเส็ง พชรดา ฉายศรี ประภาส ช่างเหล็ก กิ่งกานท์ พานิชนอก สุปราณี งามประสิทธิ์ นิตยา ดนตรี และนิกร ตูมสันเทียะ, 2551, รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการประเมินเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังสำหรับจัดทำฐานข้อมูลด้านการปรับปรุงพันธุ์ โครงการวิจัยสถาบันวิจัย และพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2550-51

สกล ฉายศรี, 2555, มันสำปะหลัง.เอกสารประกอบคำบรรยาย *ใน* การฝึกอบรม และถ่ายทอดความรู้ เรื่อง การเพิ่มผลผลิต ข้าวโพด และ มันสำปะหลัง วันที่ 14 กรกฎาคม 2555 ณ อาคารฝึกอบรมสถานีวิจัยลพบุรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอโคกเจริญ จังหวัดลพบุรี

กรมวิชาการเกษตร, มปป., [สืบค้น], http://www.doa.go.th [14/ June/ 14]

**Table 1** Mean yield and some agronomic characters of 4 cassava varieties form 28 experiments, tested at Lop-Buri Research Station and Farmer field in 2008-15.

| Varieties | Fresh root yield (kg./rai) | Rel. to Mean | Starch yield (kg./rai) | Rel. to Mean | Root starch content (%) | Plant height (cm.) | Root per plant (no.) | Harvest index |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kasetsart 75 | 6.6[a] | 115 | 1.8[a] | 120 | 26.6 | 195.2[b] | 10.9 | 0.62 |
| Huay-Bong 80 | 5.2[b] | 91 | 1.3[b] | 87 | 26.8 | 232.4[ab] | 12.2 | 0.56 |
| Huay-Bong 60 | 5.8[ab] | 102 | 1.5[ab] | 100 | 26.5 | 230.2[ab] | 10.9 | 0.58 |
| Kasetsart 50 | 5.4[ab] | 95 | 1.4[ab] | 93 | 25.6 | 240.2[a] | 11.8 | 0.52 |
| Mean | 5.7 | | 1.5 | | 26.4 | 224.5 | 11.4 | 0.57 |
| F-test | * | | * | | ns | * | ns | ns |
| CV % | 14.6 | | 9.8 | | 12.4 | 12.8 | 14.9 | 12.2 |
| LSD 0.05 | 1.2 | | 0.4 | | 3.2 | 38.2 | 1.7 | 0.15 |

Agricultural Sci. J. 46(3)(Suppl.): 821-824 (2015) ว. วิทย์. กษ. 46(3)(พิเศษ): 821-824 (2558)

# ผลของบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศต่อคุณภาพของคะน้าปลอดสารพิษ

# Effect of Modified Atmosphere Packaging on Quality of Chinese Kale (*Brassica alboglabra*)

**กาญวิภา กลิ่นชู[1] พัชรี ชัยกิจวิสุทธิกุล[1] นพดล เกิดดอนแฝก[2] วรรณี ฉินศิริกุล[2] และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1]**

Klinchu, K.[1], Chaikitwisuttikul, P.[1], Kerddonfag N.[2], Chinsirikul, W.[2] and Thumthanaruk, B.[1]

## Abstract

The aim of this research was to study on quality changes of Chinese kale (*Brassica alboglabra*) in terms of weight loss, hue angle and firmness. Chinese kale was packed in a polyethylene based bag developed by National Metal and Materials Technology Center (MTEC-1) compared with polypropylene packaging (PP). The packing size was 300 grams per package. All samples were kept at 8±2ºC. The $O_2$ and $CO_2$ concentrations inside package reached to steady state after storage for 1 days. The $O_2$ and $CO_2$ concentrations in MTEC-1 bag were 15.31% and 1.64% and the control had 16.27 %$O_2$ and 3.40 %$CO_2$. The Chinese kale packed in MTEC-1 and PP lost their weights of 0.48% and 1.65% respectively. No differences of hue angle value and firmness of stalk and leaves were found in both MTEC-1 and PP. In conclusion, the Chinese kale packed in MTEC-1 bag combined with modified atmosphere could retain its qualities for 13 days.

**Keywords:** Modified atmosphere packaging, Pesticide Residue free, Chinese kale

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักคะน้าด้านน้ำหนัก ค่าสี Hue angle และความแน่นเนื้อ บรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีน(PP) เปรียบเทียบกับถุงพอลิเอทิลีนที่พัฒนาจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติคือ MTEC-1 บรรจุ 300 กรัมต่อถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่สภาพสมดุล วันที่ 1ของการเก็บรักษาปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในชุดบรรจุภัณฑ์ MTEC-1 เท่ากับ ร้อยละ 15.31 และ1.64 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ PP ร้อยละ16.27 และ 3.40 และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในชุดบรรจุภัณฑ์MTEC-1 มีค่าน้อยกว่าชุดบรรจุภัณฑ์ PP เท่ากับร้อยละ 0.48 และ1.65 ตามลำดับ ค่า hue angle และค่าความแน่นเนื้อในส่วนของก้านและใบทั้งในชุดบรรจุภัณฑ์MTEC-1 กับชุดบรรจุภัณฑ์ PP ไม่แตกต่างกัน สรุปผลการทดลองพบว่า คะน้าบรรจุในชุดบรรจุภัณฑ์ MTEC-1 ร่วมกับสภาวะดัดแปลงบรรยากาศสามารถช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้เป็นเวลานาน 13 วัน

**คำสำคัญ**: บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ ผักปลอดสารพิษ คะน้า

## คำนำ

ผักคะน้า (*Brassica alboglabra*) จัดเป็นผักใบ มีอายุการเก็บรักษาหลังจากเก็บเกี่ยวค่อนข้างต่ำ มีการเสื่อมสภาพหลังการเก็บเกี่ยวอย่างรวดเร็ว มีอัตราการหายใจสูงต้องเก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิต่ำเพื่อรักษาความสดของผัก (วิบูลย์ และคณะ, 2555) การเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจมีผลทำให้เกิดการสลายของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสารสีเขียวที่เป็นองค์ประกอบหลักในใบเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและมีการสูญเสียน้ำ (จริงแท้, 2549) การเก็บผลผลิตด้วยบรรจุภัณฑ์ที่สามารถดัดแปลงบรรยากาศ มีผลต่อสัดส่วนของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์ และอุณหภูมิการเก็บรักษา (Kader, 1992) ส่งผลต่อคุณภาพของผักทั้งลักษณะปรากฏและคุณค่าทาง

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรอาหารและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์สาย1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environment Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Pracharat Sai1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

[2] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[2] National Metal and Materials Technology Center, NSTDA, Ministry of Science and Technology 114 Thailand Science Park Paholyothin Road, Klong 1, KlongLuang, Pathumthani, 12120

โภชนาการ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ ขนส่ง และจำหน่าย (Watkins และ Ekman, 2005) การพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผลิตผลสดที่เรียกว่าบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ เพื่อควบคุมองค์ประกอบของก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ให้ผ่านเข้าออกตามความต้องการ จึงช่วยรักษาคุณภาพ และชะลออัตราการหายใจของผลิตผลลดลง (งามทิพย์, 2538) สำหรับในประเทศไทยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ได้พัฒนาฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชนิด EMA, PE และ PP ที่มีการเจาะรูขนาดไมครอนด้วยเลเซอร์เพื่อการยืดอายุในผักและผลไม้ ดังรายงานของจิรัฐิติกาล (2557) ศึกษาการยืดอายุข้าวโพดฝักอ่อนด้วยฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนพบว่า การบรรจุข้าวโพดฝักอ่อนปริมาณ 80 กรัม ปิดผนึกด้วยฟิล์ม MP-9 ซึ่งเป็นฟิล์ม BOPP ที่มีค่า OTR 98,000 ml/m$^2$.day สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 12 วัน และ เปลี่ยนเป็นอุณหภูมิ 8°C เป็นเวลา 10 วันโดยยังคงลักษณะทางกายภาพและประสาทสัมผัสที่ยอมรับได้ปณธรและคณะ(2557) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสดด้วยถุงฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดพิเศษ (EMA6000:OTR 5800-7200 ml/m$^2$.day) เปรียบเทียบกับพอลิโพรพิลีนที่มีสภาพการแพร่ผ่านได้ของก๊าซ (PP: OTR 1126-1136 ml/m$^2$.day) ภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิ 2°C เป็นเวลา 26 วันและเก็บรักษาที่ 8°C เป็นเวลา 15 วันรวมเวลา 41 วันสำหรับงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศต่อที่มีผลต่อคุณภาพของคะน้า เพื่อลดการสูญเสียน้ำ และรักษาคุณภาพคะน้า สามารถนำไปใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ต้นแบบเพื่อบรรจุผักปลอดสารพิษของกลุ่มปลูกผักปลอดสารพิษหนองศาลา จังหวัดราชบุรี

## อุปกรณ์และวิธีการ

ในงานวิจัยได้รับความอนุเคราะห์ตัวอย่างผักคะน้าปลอดสารพิษจากกลุ่มปลูกผักปลอดสารพิษหนองศาลา บรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน (PP) ซึ่งเป็นถุงที่ใช้ในทางการค้าเปรียบเทียบกับถุงพอลิเอทิลีนที่พัฒนาจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติคือ MTEC-1ล้างผักคะน้าปลอดสารพิษด้วยน้ำประปา (วิธีการปัจจุบันที่ทางกลุ่มปลูกผักปลอดสารพิษหนองศาลา)บรรจุลงถุงบรรจุภัณฑ์ ขนาดบรรจุ 300 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C จนกว่าจะเสื่อมเสีย เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ทุก 3 วัน ทำการทดสอบเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่าง ศึกษาการเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่างตามสมการ (1)

$$\%\text{การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \qquad (1)$$

ปริมาณ $O_2$และ $CO_2$ภายในบรรจุภัณฑ์ โดยเครื่อง Pack check $O_2/CO_2$ gas analyzer, Mocon ประเทศสหรัฐอเมริกา วัดค่าสีของตัวอย่างผักทั้งก้านและใบ โดยใช้ Hunter LabColor Quest ประเทศสหรัฐอเมริกาวัดความแน่นเนื้อของตัวอย่างผักทั้งก้านและใบ ด้วยเครื่อง Texture analyzer TA-XT2i ประเทศอังกฤษ

## ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า การเก็บรักษาคะน้าในบรรจุภัณฑ์PP และ MTEC-1 มีแนวโน้มค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่สภาวะคงที่ในวันที่ 1 ของการศึกษา ภายในบรรจุภัณฑ์ PP มีค่าออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ16.27 และ 3.40 ตามลำดับ ส่วนถุงบรรจุภัณฑ์ MTEC-1 มีค่าออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 15.31 และ 1.64 ตามลำดับ Figure 1(A) การสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่างคะน้ามีการลดลงในทั้งสองชุดการทดลอง โดยชุดบรรจุภัณฑ์ PP มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่า ถุงบรรจุภัณฑ์ MTEC-1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.65 และ 0.48 ตามลำดับ Figure 1(B) ของวันที่ 13 ของการเก็บรักษาค่าสีในระบบ L* a* b* พบว่าค่าสีของใบผักคะน้าลดลงอย่างต่อเนื่องในบรรจุภัณฑ์PP และ MTEC-1 แสดงค่าการลดลงในชุดบรรจุภัณฑ์ PP มีสีของใบคะน้าลดลง จากค่า 118 $^{\circ}$(สีเขียวเข้ม) ของวันแรกที่เก็บรักษาเป็น 98$^{\circ}$(สีเขียวอ่อน)ในวันสุดท้ายที่ทำการเก็บรักษา และในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิด MTEC-1 มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีจากค่า 115 $^{\circ}$(สีเขียวเข้ม)ของวันแรกที่เก็บรักษาเป็น 92 $^{\circ}$(สีเขียวอ่อนอมเหลือง)Fig. 2(A) ส่วนของสีก้านคะน้าในบรรจุภัณฑ์ PP และ MTEC-1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง คือมีค่าเป็น 105$^{\circ}$และ 105$^{\circ}$(เขียวอ่อน) ตามลำดับ ในวันสุดท้ายที่ทำการเก็บรักษาตัวอย่าง Figure 2(B)ความแน่นเนื้อของใบคะน้าไม่พบการเปลี่ยนแปลง Figure 3(A) แต่มีแนวโน้มค่าความแน่นเนื้อของก้านคะน้าสูงขึ้นในทั้งบรรจุภัณฑ์PP และ MTEC-1 Figure 3(B) การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏหลังการเก็บรักษานาน 13 วัน พบว่าคะน้าเกิดลักษณะใบเหี่ยว ผิวใบแห้ง ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และก้านคะน้ามีความแข็งมากขึ้น

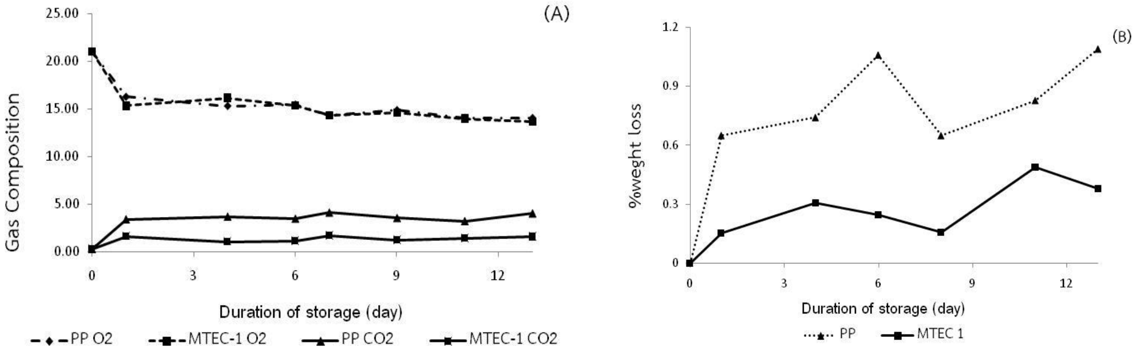



**Figure 1** Gas composition (A) and Weight loss (B) of Chinese kale in PP and MTEC-1 packaging at 8±2 °C

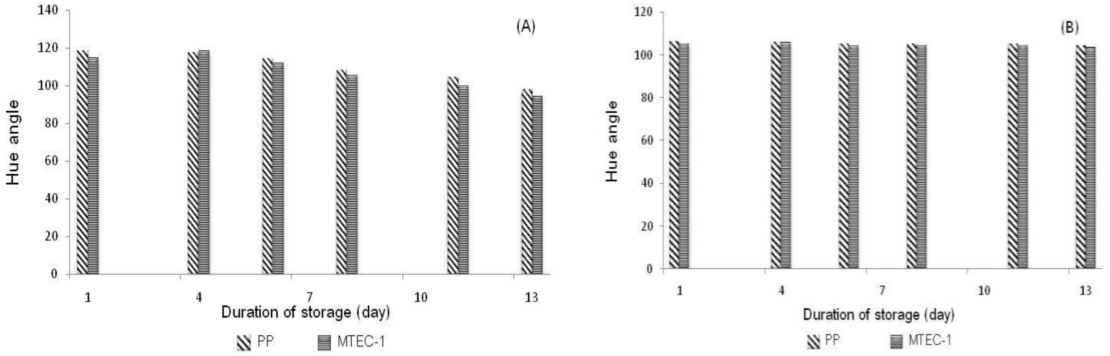



**Figure 2** Hue angle of Chinese kale leaf (A) and stalk (B) in PP and MTEC-1 packaging at 8±2 °C

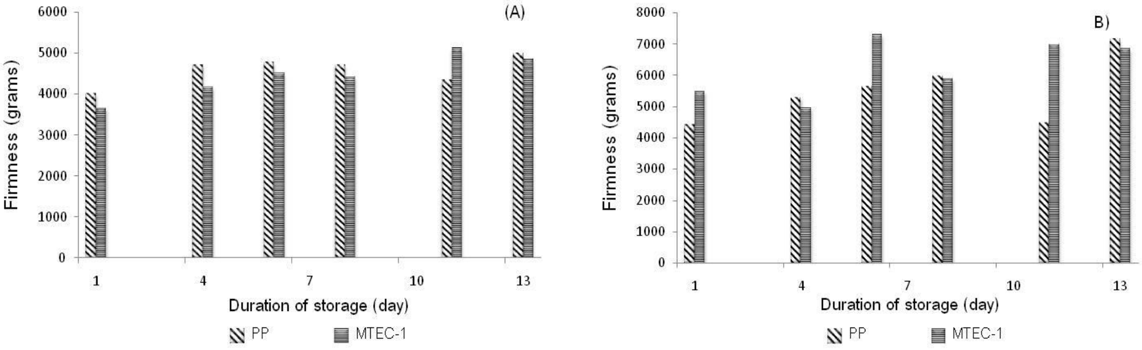



**Figure 3** Firmness of Chinese kale leaf (A) and stalk (B) in PP and MTEC-1 packaging at 8±2 °C

## วิจารณ์ผล

ผลของบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศต่อคุณภาพของคะน้าปลอดสารพิษในบรรจุภัณฑ์PP และ MTEC-1 พบว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ MTEC-1 ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์PP เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ MTEC-1 เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีสภาพบรรยากาศดัดแปลงเกิดสภาวะสมดุล มีปริมาณออกซิเจนลดต่ำลง ทำให้เกิดการหายใจของคะน้าน้อยลง สอดคล้องกับงานวิจัยของดนัย และคณะ (2554)ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักรวม 8 ชนิด ในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร 18 รู เปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ 4 แบบ และบรรจุภัณฑ์ที่ควบคุมปริมาณออกซิเจนเริ่มต้น 8 เปอร์เซ็นต์ พบว่าบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและยืดอายุการเก็บรักษาของผักทั้ง 8 ชนิดได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุมการสูญเสียน้ำจากเซลล์ ที่มีการระเหยของน้ำเคลื่อนสู่ภายนอกผ่านทางบาดแผล ปากใบ ขั้ว และบริเวณที่สารเคลือบใบเกิดการสลายตัว (จริงแท้, 2549) การเปลี่ยนแปลงค่าสีของคะน้าใน

บรรจุภัณฑ์ PP และบรรจุภัณฑ์ MTEC-1 เกิดจากการเสื่อมของคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียว หลังการเก็บเกี่ยวมีการทำงานของเอนไซม์ chlorophyllase ทำให้คลอโรฟิลล์สลายตัวกลายเป็นสารประกอบไม่มีสี (จริงแท้, 2549) ส่งผลให้ใบคะน้าเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน และกลายเป็นสีเหลืองในที่สุด ส่วนค่าความแน่นเนื้อ มีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งในบรรจุภัณฑ์ PP และ MTEC-1 ที่ใช้บรรจุเนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษา คะน้ายังคงมีกระบวนการหายใจ และการคายน้ำอยู่ จึงมีผลทำให้โครงสร้างของก้านมีความแข็งมากขึ้น (สุพจน์, 2552) ซึ่งแสดงว่าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแน่นเนื้อแต่บรรจุภัณฑ์ชนิด MTEC-1 มีผลช่วยในการชะลอการสูญเสียน้ำได้ดีกว่าถุง PP

## สรุปผล

บรรจุภัณฑ์ชนิด MTEC-1 สามารถสร้างบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุลทำให้คะน้ามีอัตราการหายใจเข้าสู่สภาวะสมดุล มีการเปลี่ยนแปลงสีและความแน่นเนื้อของใบและก้านเป็นไปตามอายุการเก็บรักษาคะน้า บรรจุภัณฑ์ชนิด MTEC-1 สามารถยืดอายุ ชะลดการสูญเสียน้ำหนักและรักษาความสดของคะน้า หลังจากการเก็บรักษานาน 13 วันได้ส่วนในบรรจุภัณฑ์PP เก็บได้ 13 วันเท่ากัน แต่ลักษณะปรากฏพบหยดน้ำที่เห็นได้ชัดจากการคายน้ำ คะน้าเกิดใบเหลืองและใบเหี่ยวมากกว่าบรรจุภัณฑ์ MTEC-1

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่สนับสนุนวัสดุและอุปกรณ์ ในการทำงานวิจัย และกลุ่มปลูกผักปลอดสารพิษหนองศาลาที่สนับสนุนในการจัดหาวัตถุดิบในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2538, ก๊าซกับบรรจุภัณฑ์อาหาร, โรงพิมพ์ลินคอร์นโปรโมชั่น, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช, 2549, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิรัฐิติกาล บุณธนากร วรรณี ฉินศิริกุล นภดล เกิดดอนแฝก ชาริณี วิโนทพรรษ์ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ และปกขวัญ หุตางกูร, 2557, การยืดอายุข้าวโพดฝักอ่อนด้วยฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 25(3): 1-10.

ดนัยบุณยเกียรติ พิชญา บุญประสม พูลลาภ และชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน, 2554, ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของพืชผักและสมุนไพรอินทรีย์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3)(พิเศษ): 677-680.

ปณธร จันทนพ วรรณี ฉินศิริกุล ชาริณี วิโนทพรรษ์ วิชัย ดำรงโภคภัณฑ์ และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์, 2557, คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลลำไยสดบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 24(3): 614-623.

วิบูลย์ ช่างเรือ ดามร บัณฑุรัตน์ พิชญา บุญประสม พูลลาภ ดนัย บุณยเกียรติ สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์ สายสมร ลำยอง บุญสม บุษบรรณ์ พิเชษฐ์ น้อยมณี ปาริชาติ เทียนจุมพล และวรรณวรางค์ พัฒนะโพธิ์, 2555, รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การประเมินความสูญเสียและความปลอดภัยในกระบวนการจัดการสายโซ่อุปทานคะน้าและกะหล่ำปลีในจังหวัดเชียงใหม่, เสนอต่อศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2554, 73 หน้า

สุพจน์ บุญแรง, 2552, คุณภาพและความปลอดภัยทางอาหารของผักอินทรีย์สดพร้อมบริโภค, ห้างหุ้นส่วนจำกัด เชียงใหม่โรงพิมพ์แสงศิลป์, เชียงใหม่.

Kader, A.A., 1992, Postharvest Technology of Horticultural Crops, Second Edition, University of California Division of Agriculture and Natural Resources Publication, 3311: 227-281.

Watkins, C.B. and Ekman, J.H., 2005, How Post-harvest Technologies Affect Quality, In: Environmental Friendly Technologies for Agriculture Produce Quality, Ben-Yehohua, S.(ed.), CRD Press Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL, pp. 447-491.

# สูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตสารปฏิชีวนะจากราเดนโดไฟท์ของต้นหนอนตายหยาก

# Medium Optimization of Antibiotic Production by an Endophytic Fungus of *Stemona* spp.

Meas, S.[1], Akepratumchai, S.[1], Salaipeth, L.[2], and Vichitsoonthonkul, T.[1*]

## Abstract

*Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4, an endophytic fungus, produced antibiotic that strongly inhibited two human bacterial pathogens, i.e. *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. To achieve high antibiotic production, changing compositions of culture medium or condition are important. Therefore, the present work aimed to study effects of carbon and nitrogen sources in culture medium on growth and antibiotic production by *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4 in submerged culture. Several kinds of carbon sources, including sucrose, commercial sucrose, glucose, commercial glucose, maltose and cassava starch, at a final concentration of 3% was investigated. All carbon sources tested enabled growth of the fungus. Among them, maltose and cassava starch inhibited antibiotic production, while other carbon sources (i.e. glucose and sucrose) provided high antimicrobial activities. To investigate effect of nitrogen sources, ammonium tartrate, the nitrogen source in M1D medium, was substituted with various nitrogen sources both organic and inorganic nitrogens. The results revealed that organic nitrogens (peptone, yeast extract, and beef extract) yielded fungal biomass far higher than inorganic nitrogens (ammonium tartrate, ammonium sulphate, potassium nitrate, and urea) but not the antibiotic production. Ammonium tartrate gave the best antimicrobial activity; however, the antibiotic activity was not detected in other nitrogen sources.

**Keywords:** endophytic fungi, *Stemona*, medium optimization, antibiotic

## บทคัดย่อ

*Fusarium* sp. RYR-SB 6-4 เป็นราเอนโดไฟท์ซึ่งได้แยกมาจากต้นหนอนตายหยากสร้างสารปฏิชีวนะที่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในคนได้แก่ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* การเพิ่มการผลิตสารปฏิชีวนะโดยจุลินทรีย์สามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของอาหารหรือสภาวะที่เลี้ยงเชื้อ งานวิจัยนี้ศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนในอาหารเลี้ยงเชื้อต่อการสร้างสารปฏิชีวนะของ *Fusarium* sp. RYR-SB 6-4 และแหล่งคาร์บอนที่นำมาทดสอบได้แก่กลูโคส ซูโครส มอลโตส และแป้งมันสำปะหลัง ความเข้มข้นร้อยละ 3 ผลการวิจัยพบว่าราเอนโดไฟท์สามารถเจริญได้ในทุกแหล่งคาร์บอน ถึงแม้ว่าน้ำตาลมอลโตสและแป้งมันสำปะหลังยับยั้งการสร้างสารปฏิชีวนะแต่น้ำตาลกลูโคสและซูโครส ทำให้ราเอนโดไฟท์สร้างสารปฏิชีวนะได้ดี ส่วนการทดสอบผลของแหล่งไนโตรเจนทั้งที่เป็นไนโตรเจนอินทรีย์ (ได้แก่ เปปโตน, ยีสต์สกัด, และสารสกัดจากเนื้อสัตว์) และไนโตรเจนอนินทรีย์ (ได้แก่ แอมโมเนียมทาร์เทรต แอมโมเนียมซัลเฟต โปแตสเซียมไนเตรต และยูเรีย) พบว่า *Fusarium* sp. RYR-SB 6-4 ใช้แหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ในการเจริญได้ดีกว่าแหล่งไนโตรเจนอนินทรีย์มาก แต่ราเอนโดไฟท์นี้ไม่สามารถสร้างสารปฏิชีวนะได้ในทุกแหล่งไนโตรเจน ยกเว้นแอมโมเนียมทาร์เทรต ซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้สำหรับการสร้างสารปฏิชีวนะจากราเอนโดไฟท์

**คำสำคัญ**: ราเอนไฟท์ หนอนตายหยาก สุตรอาหารที่เหมาะสม สารปฏิชีวนะ

## Introduction

Antibiotics are antimicrobial compounds produced by living microorganisms that kill, or stop the growth of pathogenic microorganisms, including both bacteria and fungi (Helen *et al.*, 2012). Antibiotics are essential for the treatment of bacterial infections in humans and animals (Allen *et al.*, 2010). Pathogenic

[1] Division of Biotechnology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 Soi Tien Thale 25, Bangkuntien Chaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] Division of Natural Resources Management, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 Soi Tien Thale 25, Bangkuntien Chaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

microorganisms gain resistance to the existing antibiotics and become a multi-drugs resistance (Zin *et al.*, 2014) because antibiotic resistance genes are found on transposons, integrons or plasmids, which can be mobilized and transferred to other bacteria (Aarestrup, 2005). Therefore, in recent years, many researchers have been interested to find new antibiotic compounds from microbes, particularly endophytes. Endophytes are microorganisms, often fungi and bacteria, living in plant cells without causing any harm to their host plants (Tan *et al.*, 2001). Endophytes provide a broad variety of active secondary metabolites with unique structures including alkaloids, glycosides, benzopyranones, flavonoids, phenolic acids, quinones, steroids, xanthones, terpenoids and tetralones (Tan *et al.*, 2001). *Stemona* spp. are interesting sources for isolating endopytic fungi because they produce many secondary metabolites like alkaloids. Moreover, *Stemona* roots have been used in traditional medicine in South East Asia such as China, called “Bai Bu” and Japan, Vietnam and Thailand which they have been used as anti-parasitics on humans and animals. The *Stemona* plant is known in the Thai as “Pong Mot Ngam” or “Non Tai Yak” and Vietnamese called them “Bach Bo” (Greger, 2006). Boonmakard *et al.* (2007) and Ratnarathorn *et al.* (2009) isolated endophytic fungi from leaves and roots of *Stemona kerri*, *S. burkilliic* and *S. colinsae* collected from many parts in Thailand. Their results showed that 15 fungal endophytes produced antimicrobial compounds against plant pathogens including bacteria (i.e. *Erwinia caratovora*, *Pseudomonas solanacearum* and *Xantromonas citrii*) and fungi (i.e. *Alternaria brassicola*, *Penicillum* sp., *Fusarium solani* and *F. oxysporum*). Therefore, it is likely that these fungal endophytes could produce antimicrobial compounds against human pathogens. In the screening for antibiotic production against *E. coli* and *S. aureus* by these 15 fungi, *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4 produced strong activity. After screening of antibiotic producers, the optimization of process parameters of bioactive compound production is necessary for obtaining highest yield of secondary metabolites.

## Materials and Methods

**Fungal strain**. The fungal endophyte, *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4, was grown on PDA (potato dextrose agar) at 27°C for 7 days and kept at 4°C until used. The fungus was subcultured every month.

**Fungal inoculum and fermentation**. Fifteen mycelial disks of *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4, grown on PDA plates for 7 days were punched out with a sterile 3 mm diameter cork borer and transferred into the medium. The fungus was grown at 27°C, 120 rpm in a rotary shaker. The culture broth was collected at day 3 and 7 and centrifuged at 10,000 rpm, 4°C for 20 minutes. Fungal biomass was washed twice with distilled water and dried overnight at 60°C until constant dry weight was obtained. The antimicrobial activity was determined by agar diffusion method.

**Optimization of bioactive compound production**. M1D (Stroble *et al.*, 2002) was used as a basal medium in optimization experiment. Sucrose in M1D is replaced by carbon sources individually, including sucrose, commercial sucrose, glucose, commercial glucose, cassava and maltose, at a final concentration of 3%. The nitrogen source of M1D medium (i.e. ammonium tartrate) was substituted with various nitrogen sources (ammonium sulphate, potassium nitrate, urea, peptone, yeast extract, and beef extract).

**Analytical method**. Antibiotic activity of culture media containing fungal metabolites against test bacteria (*E. coli* and *S .aureus* ) was determined by agar diffusion method as reported by Boonmakard *et al.* (2007). A range of mercuric chloride (0-200 ug/mL) was used as standard solutions. The activities were expressed as AU (Arbitory Unit). One AU was defined as the antimicrobial compounds that gave inhibitory zone equivalent to that produces by 5 ug/mL.

## Results and discussion

Since carbon sources play an important role in secondary metabolite production in fungi, the effects of various kinds of carbon sources (sucrose, commercial sucrose, glucose, commercial glucose, cassava starch and maltose) on the antibiotic production by *Fusarium* sp. RYR-SB 6-4 were studied. Sucrose in M1D medium was replaced by different carbon sources at a final concentration of 3%. The fungal biomass in glucose, sucrose and maltose (ranging from 3.8 to 5.4 g/L) at day 7 were higher than that in cassava starch (2.13 g/L) medium (Table 1). Maltose and cassava starch could not be the carbon sources for antibiotic production because the antimicrobial activities were not detected in these culture broths. Bioactivity produced by RYR-SB 6-4 in commercial sucrose amended media was statistically significant higher than other carbon sources (sucrose, commercial glucose, and glucose). Many studies found that sucrose was a suitable carbon source for secondary metabolite production in fungi. Bhattacharyya *et al*. (2011) reported sucrose is the best for growth and bioactive metabolite and biomass production. Ismaiel *et al*. (2010) also found that sucrose was the best carbon source for antimicrobial compound and biomass production by *Fusarium roseum* FGCC# 61. Glucose gave the highest growth of the fungus, but significantly in higher concentration of glucose of many fermentation processes showed a suppressive effect on production of bioactive metabolites (Hutter, 1982). It should be noted that at the concentration of glucose used in this work did not inhibit/suppress antimicrobial compound production of *Fusarium* sp. RYR-SB 6-4. To find out optimal nitrogen sources for antibiotic production by *Fusarium* sp. RYR-SB 6-4, ammonium tartrate in M1D medium was substituted by a number of inorganic and organic nitrogen sources. Amendment of ammonium tartrate in M1D medium enhanced the antibiotic production while peptone, yeast extract and beef extract dramatically increased biomass production but not bioactive metabolite production (Table 2). This could be due to organic nitrogen sources contain high concentrations of preferable nutrients such as amino acids, mineral and vitamins resulting in high growth rate. However, these preferable nutrients showed inhibitory/suppressive effects on secondary metabolite production.

## Summary

This work showed that endophytic fungi are a promising source of new natural bioactive agents in human pathogen. From the above investigation, it is evident that bioactive compound(s) produced *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4, isolated from *Stemona* spp. showed high activity against both Gram (+) and (-) bacterial pathogens. The production of antibiotic of *Fusarium* sp. RYR-SB 6-4 could be achieved in M1D medium supplemented with sucrose (3%) or glucose (3%) as carbon and ammonium tartrate (%) as an inorganic nitrogen source.

## Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the financial support by UNESCO Biotechnology School in Asia and Research Budget from King Mongkut's University of Technology Thonburi.

**Table 1** Biomass and antibiotic production of *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4 in different carbon sources.

| Carbon source | Biomass (g dry weight/L) | | Antimicrobial activity (AU/mL) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *E. coli* | | *S. aureus* | |
| | Day3 | Day7 | Day3 | Day7 | Day3 | Day7 |
| Sucrose | 3.278±0.104 | 5.406±0.152 | 3.174±0.086 | 3.316±0.086 | 4.195±0.289 | NI |
| C-sucrose | 2.971±0.347 | 4.467±0.135 | 3.306±0.075 | 3.431±0.126 | 4.711±0.164 | 2.549±0.006 |
| Glucose | 3.242±0.230 | 4.168±0.006 | 3.101±0.039 | 3.434±0.096 | 4.522±0.113 | NI |
| C-glucose | 2.889±0.033 | 3.918±0.200 | 3.061±0.045 | 3.596±0.121 | 4.314±0.455 | NI |
| Cassava starch | 1.609±0.039 | 2.133±0.133 | NI | NI | NI | NI |

NI= No inhibitory zone

**Table 2** Biomass and antibiotic production of *Fusarium* sp. strain RYR-SB 6-4 in different nitrogen sources.

| Nitrogen sources | Biomass (g dry weight/L) | | Antimicrobial activity (AU/mL) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *E. coli* | | *S. aureus* | |
| | Day3 | Day7 | Day3 | Day7 | Day3 | Day7 |
| Ammonium tartrate | 2.288±0.01 | 3.682±0.082 | 3.254±0.031 | 2.906±0.058 | 4.782±0.483 | 2.547±0.097 |
| Ammonium sulphate | 2.885±0.095 | 4.533±0.097 | NI | NI | NI | NI |
| Potassium nitrate | 4.682±0.216 | 5.497±0.213 | NI | NI | NI | NI |
| Urea | 4,283±0.039 | 5.534±0.52 | NI | NI | NI | NI |
| Beef extract | 6.469±0.087 | 8.818±0.334 | NI | NI | NI | Ni |
| Peptone | 6.591±0.067 | 8.89±0.088 | NI | NI | NI | NI |
| Yeast extract | 6.507±0.097 | 8.946±0.144 | NI | NI | NI | NI |

NI= No inhibitory zone

## Literature cited


Aarestrup, F.M., 2005, Veterinary Drug Usage and Antimicrobial Resistance in Bacteria of Animal Origin, Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology, 9: 271–281.

Allen, H.K., Donato, J., Wang, H.H., Cloud-Hansen, K. a, Davies, J. and Handelsman, J., 2010, Call of the Wild: Antibiotic Resistance Genes in Natural Environments, Nature Reviews. Microbiology, 8: 251–259.

Bhattacharyya, P. and Jha, D., 2011, Cultural Conditions Affecting Growth and Improved Bioactive Metabolite Production by a Subsurface *Aspergillus* Strain, International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology, 4: 133–143.

Boonmakard, C., Supatrakul, A. and Vichitsoonthonkul, T., 2007, Bioactive Compound Produced by Endophytic Fungai of *Stemona* spp. for Bacterial Plant Pathogen Control, 38: 339–343.

Greger, H., 2006, Structural Relationships, Distribution and Biological Activities of *Stemona* Alkaloids, Planta Medica, 72: 99–113.

Helen, P.A.M., Shiny, M., Ruskin, S., Sree, S.J., and Nizzy, A.M., 2012, Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology, 1: 141–151.

Hutter, R., Design of culture media capable of provoking widegene expression, 1982, In: Bullock Jd,Nisbet LJ, Winstanley DJ (eds) Bioactive microbial products, Search and Discovery. Academic Press, London, p 37–50.

Ismaiel, A., Ahmed, E.S., Asmaa, A. and Mahmoud, A., 2010, Some Optimal Culture Conditions for Production of Cyclosporine A by *Fusarium roseum*, Proceeding of Fifth Scientific Environmental Conference, Zagazig Uni., Egypt, p 21 -35.

Ratnarathorn, N., Phoemsuk, K. and Vichitsoonthomkul, T., 2009, Active Metabolites against Plant Pathogenic Fungi from Endophytic Fungi Isolated from *Stemona* spp., Agricultural Science Journal, 21: 114–117.

Strobel, G.A., Ford, E., Worapong, J., Harper, J.K., Arif, A.M., Grant, D.M., Fung, C.W. and Chan K., 2002, Ispoestacin, an Isobenzofuranone from *Pestalotiopsis microspora*, Possessing Antifungal and Antioxidant Activities, Phytochemistry, 60: 179-183.

Tan, R. X. and Zou, W.X., 2001, Endophytes: a Rich Source of Functional Metabolite, Natural Product Reports, 18: 448–459.

Zin, N.M., Badya, N., Ismail, A., Hanafiah, A. and Latip, J., 2014, Anti-Bacterial Activity of Endophytic *Streptomyces* sp. towards Acine to bacterbaumannii, 4(February 2012): 4075–4083.

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเสริมสาหร่ายผมนาง

## Product Development of Gracilaria Sai-ouh

**เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์**[1] **และ สาวิตรี คำแสน**[1]
Steinrut, L.[1] and Sawitre, C.[1]

### Abstract

The objective of this study was to evaluate panelist test from Sai-ouh, Thai style sausage, added with different the levels of *Gracilaria* seaweed of 50, 70 and 100 grams (1 %, 1.4% and 2%), in 3 kilograms of pork meat, and 2 kilograms of pork fat. The sensory acceptability was taken by 100 untrained panels. Results of preference sensory evaluation using 9-point hedonic scale indicated that adding 100 grams of *Gracilaria* seaweed resulted in the highest score of appearance (7.12), color (7.05), odor (6.92), test (7.07), hot (6.43), texture (7.11), salty (6.90) and overall liking (7.41). The study indicated that 100 grams of *Gracilaria* seaweed in Sai-ouh was accepted as indicated by all sensory attributes. Future studies should involve in possibility of adding more *Gracilaria* seaweed to this recipe. Furthermore, other products added with *Gracilaria* seaweed would be considered.

**Keywords:** seaweed, sensory evaluation, Sai-ouh, *Gracilaria fisheri*

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การศึกษานี้เพื่อทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ไส้อั่วที่เสริมสาหร่ายผมนาง โดยเสริมสาหร่ายผมนาง ปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 50 70 และ 100 กรัม (1%, 1.4% และ 2%) ในไส้อั่วสูตรมาตรฐานที่มีส่วนประกอบหลัก คือเนื้อหมู 3 กิโลกรัมและมันหมู 2 กิโลกรัม ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนความชอบ 1-9 ระดับ โดยผู้ทดสอบ 100 คน นำผลที่ได้มาหาค่าทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบ ไส้อั่วสูตรที่ใส่สาหร่ายผมนาง 100 กรัม (2%) มากที่สุด ทั้งในด้านลักษณะ (7.12) สี (7.05) กลิ่น (6.92) รสชาติ (7.07) ความเผ็ด (6.43) เนื้อสัมผัส(7.11) และความชอบรวม (7.41) ซึ่งแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงสรุปว่า ผู้บริโภคยอมรับไส้อั่วสูตรที่เสริมสาหร่ายผมนาง 100 กรัม มากที่สุดในทุกๆด้านของการทดสอบ การศึกษาในขั้นตอนต่อไปควรทดลองเติมสาหร่ายในปริมาณเพิ่มขึ้น ในสูตร และหารูปแบบผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นที่สามารถเสริมสาหร่ายผมนางได้อย่างเหมาะสมและผู้บริโภคยอมรับ

**คำสำคัญ**: สาหร่ายผมนาง การทดสอบประสาทสัมผัส ไส้อั่ว *Gracilaria fisheri*

### คำนำ

สาหร่ายผมนาง มีชื่อสามัญว่า gracilaria ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Gracilaria fisheri* ทัลลัสของสาหร่ายผมนาง มีลักษณะเป็นสายแตกแขนงอิสระ เป็นพุ่มขนาดใหญ่ มีส่วนคล้ายรากเกาะกับหิน เปลือกหอยหรือวัตถุพื้นแข็งในน้ำ ทัลลัสจะตั้งขึ้นมองดูคล้ายเส้นผม จึงได้ชื่อว่า "สาหร่ายผมนาง " มีสีเขียวแกมม่วงหรือม่วงแดง ลายมีลักษณะทรงกระบอก แข็งกรอบ อวบน้ำ โคนแขนงที่แยกออกจากแกนกลางอาจคอดหรือไม่คอดก็ได้ ปลายแขนงเรียว ประกอบด้วย เซลล์รูปกลมจำนวนมากเรียงกันแบบพาเรนไคมา ผนังเซลล์บาง เซลล์บริเวณกลางสายมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์บริเวณขอบ แหล่งที่พบคือบริเวณตามชายฝั่งอ่าวไทย และทะเลสาบสงขลา(มะสะอุดี, 2535)

สาหร่ายผมนางมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิตวุ้น สกุลกราซิลาเรียมีอยู่หลายสายพันธุ์ และมีชื่อเรียกตามท้องถิ่นเช่นในประเทศไทยเรียกสาหร่ายผมนาง, สาย, สาหร่ายข้อ, สาหร่ายเขากวาง หรือสาหร่ายวุ้น แพร่กระจายอยู่ตามชายฝั่งของอ่าวไทยและฝั่งมหาสมุทรอินเดีย เช่น จังหวัดตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี พัทลุง สงขลา ระนอง ปัตตานี และ นราธิวาส จะพบสาหร่ายผมนาง ได้ทั่วไปบริเวณน้ำตื้นหรือชายฝั่งที่ลมพัดไม่แรงมากนัก สาหร่ายผมนางอาจขึ้นรวมกับสาหร่ายชนิดอื่น หรือขึ้นตามลำพังชนิดเดียวก็ได้โดยอิสระหรือยึดเกาะ กับก้อนกรวด หิน

[1] สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
[1] Department of Food and Nutrition, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani, 12110

เปลือกหอย นอกจากนี้ยังสามารถพบได้ตามบริเวณป่าชายเลนโดยจะอยู่บริเวณน้ำตื้น พื้นเป็นทรายปนโคลน ความลึกของน้ำทะเลไม่เกิน 1- 2 เมตร สาหร่ายผมนางส่วนมากจะขึ้นในบริเวณดินปนทราย (คณิต,2535)

การใช้ประโยชน์สาหร่ายผมนางด้านอาหาร สาหร่ายผมนางใช้เป็นอาหารมนุษย์ ประเทศที่นิยมนำสาหร่ายผมนางมาบริโภคเป็นอาหารได้แก่ จีน ญี่ปุ่น อินเดีย ฟิลิปปินส์ ไทย และ เวียดนาม คุณค่าทางอาหารที่ได้จากสาหร่ายผมนาง ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ โดยเฉพาะธาตุไอโอดีนและวิตามิน (Natta และคณะ, 2014) ทางการแพทย์นิยมใช้สาหร่ายมาทำยารักษาโรคโดยใช้รักษาโรคกระเพาะ ยาระบาย และยาแก้โรคคอพอกและยังนำวุ้นมาทำเป็นแคปซูลสำหรับหุ้มยา นอกจากนี้ใช้ในผู้ป่วยที่เป็นโรคลำไส้ใหญ่อักเสบ ริดสีดวงทวาร โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง หลอดเลือดแข็งข้ออักเสบ โรคอ้วน อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร ใช้สาหร่ายผมนางเป็นวัตถุดิบในการผลิต แยม ขนมปัง เนย มายองเนสและลูกกวาด โดยเป็นตัวช่วยให้นิ่มและข้น ใช้ผสมในอาหารกระป๋อง ช่วยป้องกันสนิม ผลิตภัณฑ์ยา ใช้เป็นยาระบายปลอกแคปซูลยา ใช้เลี้ยงแบคทีเรีย ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางใช้ผสมครีมและน้ำมันทาผิว สารสกัดใช้ป้องกันโรคในกุ้ง ปลาและหอย (Kanjana และคณะ, 2011; Kanokpan และคณะ, 2014)

ไส้อั่ว เป็นอาหารพื้นเมืองทางภาคเหนือของประเทศไทย (ศรีสมร, 2540) อั่ว หมายถึง ใส่ไส้, แทรก, ยัดไว้ตรงกลาง ปกติทำจากเนื้อหมูบด ผสมพริกแห้ง กระเทียม ขมิ้น (ใส่หรือไม่ใส่ก็ได้) ข่า ใบมะกรูด หอมแดง และ เครื่องปรุงรสแล้วกรอกลงไปในไส้อ่อนของหมูที่เกลาจนบางแล้ว บิดให้เป็นท่อนพอประมาณ จากนั้นนำไปย่างให้เกรียม จะทำให้มีกลิ่นหอมชวนรับประทาน สีของไส้อั่วจะมีลักษณะสีแดงอมเหลืองของพริกแกง เมื่อย่างหรือปิ้งจะมีสีเหลืองน้ำตาล รสชาติของไส้อั่วจะมีรสเค็มนำและ รสเผ็ดเล็กน้อยมีกลิ่นหอมของเครื่องเทศ โดยมากชาวเหนือจะนิยมรับประทานไส้อั่วกับข้าวเหนียว ชาวภาคกลางนิยมรับประทานไส้อั่วกับข้าวสวย นอกจากไส้อั่วจะเป็นกับข้าวแล้ว ยังสามารถดัดแปลงเป็นกับแกล้มหรืออาหารว่างรูปแบบต่างๆ เช่นรับประทานกับเครื่องเคียง ขิง พริกขี้หนูหั่นหอมแดง ก็ได้ (สุนทรี, 2545)

ไส้อั่วอาหารพื้นเมืองของภาคเหนือ ที่ปัจจุบันนิยมรับประทานทั่วประเทศไทย เครื่องปรุงรสประกอบด้วยเครื่องเทศและสมุนไพรหลายชนิด (รุ่งรัตน์, 2540) ทำให้สามารถลดกลิ่นโคลนและกลิ่นคาวของสาหร่ายผมนางได้ดี ไส้อั่วมีกลิ่นหอม น่ารับประทาน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเสริมสาหร่ายผมนาง จึงเป็นอาหารที่มีรสชาติอร่อย กลมกล่อม และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วสูตรมาตรฐาน และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วผสมสาหร่ายผมนาง

## อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการศึกษา โดยทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วสูตรมาตรฐาน 3 สูตร ซึ่งในแต่ละสูตรมีส่วนประกอบและปริมาณแตกต่างกัน การประเมินใช้ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน ซึ่งมีระดับคะแนนความชอบของแต่ละปัจจัย ตั้งแต่ 1-9 (Hedonic 9-Point scale test) เพื่อคัดเลือกสูตรมาตรฐานไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเสริมสาหร่ายผมนาง การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสไส้อั่วสาหร่ายผมนาง โดยเสริมสาหร่ายผมนางในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 50 กรัม(1%), 70 กรัม(1.4%) และ 100 กรัม(2%) ผู้ทดสอบจำนวน 100 นำมาหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Rang Test วิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วสูตรมาตรฐาน 3 สูตร เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด โดยทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ผลการทดสอบพบว่าไส้อั่วสูตรมาตรฐานทั้ง 3 สูตร (Table 1) ผลคะแนนความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม และคะแนนรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ค่าคะแนนความเผ็ด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ไส้อั่วสูตรที่ 1 มากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะที่ปรากฏ 7.09 $\pm$ 1.57, สี 6.69 $\pm$ 1.49, รสชาติ 7.39 $\pm$ 1.67, ความเผ็ด 7.08 $\pm$ 1.66, เนื้อสัมผัส 7.10 $\pm$ 1.60, ความชอบโดยรวม 7.64 $\pm$ 1.38 และคะแนนรวมเฉลี่ย 7.23 $\pm$ 1.28 โดยไส้อั่วสูตรที่ 1 ประกอบด้วย หมูเนื้อแดง/หมูบดมันสันคอ 3 กิโลกรัม, หมูสามชั้นหรือมันหมู 2 กิโลกรัม, พริกแกงเผ็ด 2 ขีด, กะทิ 1กล่อง (150 มิลลิลิตร) และใบมะกรูดหั่นฝอย 1 ถ้วยตวง ดังนั้นไส้อั่วสูตรที่ 1 คือสูตรที่ได้คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด จึงเหมาะสมในการใช้ทำผลิตภัณฑ์ไส้อั่วสาหร่ายผมนางในการทดสอบขั้นต่อไป

การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเสริมสาหร่ายผมนาง ทั้ง 3 สูตร โดยเสริมสาหร่ายผมนางในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 50 กรัม(1%), 70 กรัม(1.4%) และ 100 กรัม(2%) (Table 2) ผลการศึกษาพบว่า ค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเผ็ด และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าคะแนนประเมินด้านเนื้อสัมผัส ความเค็ม มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ไส้อั่วสูตรเสริมสาหร่ายผมนางปริมาณ 100 กรัม (2%) มากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะที่ปรากฏ 7.12 ± 1.49, สี 7.05 ± 1.57, กลิ่น 6.92 ± 1.70, รสชาติ 7.07 ± 1.84, ความเผ็ด 6.43 ± 2.29, เนื้อสัมผัส 7.11 ± 1.59, ความเค็ม 6.90 ± 1.87, ความชอบโดยรวม 7.41 ± 1.52 และคะแนนรวม7.00 ± 1.44 ดังนั้นการเสริมสาหร่ายผมนาง 100 กรัมเป็นปริมาณที่เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด จึงใช้ใน การทำผลิตภัณฑ์ไส้อั่วสาหร่ายผมนางในการทดสอบขั้นตอนต่อไป

**Table 1** Sensory acceptance of 3 recipes Sai-Ouh

| Sensory parameter | Sai-ouh | | |
|---|---|---|---|
| | Recipes 1 | Recipes 2 | Recipes 3 |
| Appearance* | 7.09 ± 1.57[a] | 6.62 ± 1.47[b] | 7.12 ± 1.59[a] |
| Color* | 6.69 ± 1.49[a] | 6.44 ± 1.55[b] | 7.29 ± 1.76[a] |
| Odor* | 7.38 ± 1.72[b] | 6.73 ± 1.56[b] | 6.81 ± 1.46[a] |
| Flavor* | 7.39 ± 1.67[a] | 6.75 ± 1.41[b] | 6.71 ± 1.43[b] |
| Hot ns | 7.08 ± 1.66 | 6.72 ± 1.46 | 6.74 ± 1.58 |
| Texture* | 7.10 ± 1.60[a] | 6.55 ± 1.59[b] | 6.65 ± 1.42[b] |
| Overall liking * | 7.64 ± 1.38[a] | 6.93 ± 1.24[b] | 6.79 ± 1.70[b] |
| Average score* | 7.23 ± 1.28[a] | 6.67 ± 1.23[b] | 6.87 ± 1.22[b] |

Remark: Sample with difference letter in the same row is significant difference ($p< 0.05$)

* : Significant difference($p<0.05$) ns : Non-significant difference($p>0.05$)

**Table 2** Sensory acceptance of 3 Gracilaria Sai-Ouh

| Sensory parameter | Gracilaria Sai-ouh | | |
|---|---|---|---|
| | 50 grams (1%) | 70 grams (1.4%) | 100 grams (2%) |
| Appearance ns | 6.96 ± 1.33 | 6.77 ± 1.47 | 7.12 ± 1.49 |
| Color ns | 6.70 ± 1.73 | 6.59 ± 1.66 | 7.05 ± 1.57 |
| Odor ns | 6.73 ± 1.79 | 6.71 ± 1.35 | 6.92 ± 1.70 |
| Flavor ns | 6.63 ± 1.94 | 6.49 ± 1.81 | 7.07 ± 1.84 |
| Hot ns | 6.16 ± 1.94 | 6.29 ± 1.89 | 6.43 ± 2.29 |
| Texture * | 6.60 ± 1.59[b] | 6.62 ± 1.63[b] | 7.11 ± 1.59[a] |
| Salty* | 6.39 ± 1.86[ab] | 6.27 ± 1.98[b] | 6.90 ± 1.87[a] |
| Overall liking ns | 7.19 ± 1.28 | 7.09 ± 1.28 | 7.41 ± 1.52 |
| Average score ns | 6.67 ± 1.33 | 6.61 ± 1.33 | 7.00 ± 1.44 |

Remark: Sample with difference letter in the same row is significant difference ($p< 0.05$)

* : Significant difference($p<0.05$) ns : Non-significant difference($p>0.05$)

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วสาหร่ายผงนาง โดยคำนวณคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเสริมสาหร่ายผมนาง ตามปริมาณส่วนผสมในการทำผลิตภัณฑ์ไส้อั่วสาหร่ายผมนาง ที่ผู้บริโภคให้คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงสุด (ตารางที่ 3)

ผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเสริมสาหร่าย ผมนาง 1 ชิ้น(100 กรัม) ให้คุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ พลังงาน 38.34 กิโลแคลอรี่ คาร์โบไฮเดรต 1.22 กรัม โปรตีน 1.20 กรัม ไขมัน 3.24 กรัม ใยอาหาร 0.18 กรัมแคลเซียม 12.04 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 14.98 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 0.90 มิลลิกรัม วิตามินเอ 34.97 I.U. และวิตามินซี 0.88 มิลลิกรัม

**Table 3** Nutritive value comparison of Garcilaria Sai-ouh product in recipes and piece

| Packaging size | Nutrient | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Energy (Kcal) | CHO (g.) | Prot (g.) | Fat (g.) | Fiber (g.) | Ca (mg.) | P (mg.) | Fe (mg.) | Vit.A (I.U.) | Vit.C (mg.) |
| 1 recipes (3,000 grams) | 3,833.80 | 122.04 | 120.37 | 324.10 | 18.06 | 1,203.75 | 1497.25 | 90.15 | 3,496.30 | 87.20 |
| 1 piece (100 grams) | 38.34 | 1.22 | 1.20 | 3.24 | 0.18 | 12.04 | 14.98 | 0.90 | 34.97 | 0.88 |

Source: Nutritive value of Thai foods, Nutrition division, Department of Health.

Remark: I.U. (International Unit)

## สรุปผล

การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสไส้อั่วสูตรมาตรฐานทั้ง 3 สูตร ซึ่งคะแนนประเมินด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม และคะแนนรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าคะแนนประเมินความเผ็ด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาแสดงว่าผู้บริโภคให้คะแนนประเมินผลิตภัณฑ์ไส้อั่ว สูตรที่ 1 มากที่สุด ซึ่งประกอบด้วย หมูเนื้อแดง/หมูบดมันสันคอ 3 กิโลกรัม, หมูสามชั้นหรือมันหมู 2 กิโลกรัม, พริกแกงเผ็ด 2 ขีด, กะทิกล่อง (150 มิลลิลิตร) และใบมะกรูดหั่นฝอย 1 ถ้วยตวง

การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วเสริมสาหร่ายผมนางทั้ง 3 สูตร ในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 50 กรัม (1%), 70 กรัม (1.4%) และ 100 กรัม (2%) คะแนนการประเมินด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเผ็ด และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คะแนนประเมินด้านเนื้อสัมผัส และความเค็มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพบว่าคะแนนการประเมินของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วสูตรเสริมสาหร่ายผมนางในปริมาณ 100 กรัม (2%) มีค่าสูงที่สุด และมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในทุกด้าน อาจเนื่องจากมีปริมาณสาหร่ายผมนางสูงสุด ทำให้เนื้อสัมผัสนิ่ม และความเค็มเพิ่มขึ้น

การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเสริมสาหร่ายผมนาง ควรเสริมสาหร่ายผมนางในปริมาณเพิ่มขึ้น ควรลดปริมาณความเผ็ดและความเค็มให้พอเหมาะกับผู้บริโภค ควรศึกษาสาหร่ายชนิดอื่นๆ เพื่อนำมาทดลองผลิตไส้อั่ว และควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มีรูปแบบ และรสชาติที่หลายหลากเพื่อเพิ่มทางเลือกแก่ผู้บริโภค เช่น ไตปลา คั่วกลิ้ง แกงเผ็ด เขียวหวาน ต้มยำ รสลาบ หรือใช้เนื้อสัตว์อื่นๆ เช่น ไก่ ปลา เพื่อให้เหมาะสมกับวัฒนธรรมของภาคต่างๆ

## คำขอบคุณ

สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

## เอกสารอ้างอิง

คณิต ไชยาคำ และคุสิต ตันวิไล, 2535, การทดลองเลี้ยงสาหร่ายผมนาง *Gracilaria fisheri* บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก, เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 7, สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์ฯชายฝั่ง.

มะสะอุดี ปาจอ, 2535, การเพาะเลี้ยงสาหร่ายผมนาง, โปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์.

รุ่งรัตน์ เหลืองที่เทพ, 2540, พืชเครื่องเทศและสมุนไพร, กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ศรีสมร คงพันธุ์, 2540, อาหารเหนือ, กรุงเทพฯ: แสงแดด.

สุนทรี ศรีลำราญ, 2545, ไส้อั่วแช่แข็ง, ปทุมธานี: สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

Kanjana, K., Radtanatip, T., Asuvapongpatana, S., Withyachumnarnkul, B. and Wongprasert, K., 2011, Solvent Extracts of the red Seaweed *Gracilaria fisheri* Prevent *Vibrio harveyi* Infections in the Black Tiger Shrimp *Penaeus monodon*, Fish & Shellfish Immunology, 30: 389-396.

Kanokpan, W., Tawut, R. and Jantana, P., 2014, Immunostimulatory Activity of Sulfated Galactans Isolated from the Red Seaweed *Gracilaria fisheri* and Development of Resistance Against Spot Syndrome Virus (WSSV) in Shrimp, Fish & Shellfish Immunology, 36: 52-60.

Natta, L., Orrapun, S. and Orapin, K., 2014, Seafood-like Flavor Obtained from the Enzymatic Hydrolysis of the Protein by-product of Seaweed (*Gracilaria sp.*), Food Chemistry, 158: 162-170.

# สมบัติความหนืดของแป้งเมล็ดเงาะสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต และการใช้ทดแทนแป้งสาลีในขนมบิสกิต

# Change in Fat Content of Rambutan Seeds during Extraction with Supercritical Carbon Dioxide, Pasting Properties of Rambutan Seed Flour and its use as a Wheat Flour Substitute in Biscuits

จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์[1] โศรดา วัลภา[1] และ สุกิจ ขำเปรื่องเดช[1]
Eiamwat, J.[1], Wanlapa, S.[1] and Kampruengdet, S.[1]

## Abstract

The change in fat content of rambutan seeds by SC-$CO_2$ extraction at 35 MPa and 45 °C decreased with increasing extraction time. A mathematical model was developed and displayed a good fit with $R^2$ = 0.976. The defatted rambutan flour, consisting of 83.37% of carbohydrate, 9.58% of protein and 5.00% of fat, showed lower peak viscosity, breakdown and setback, but exhibited greater pasting temperature when compared to those of all-purpose wheat flour. Substituting wheat flour at 5-10% levels of rambutan seed flour in biscuits gave hardness and L*, a*, b* values different from the control. The 5% rambutan seed flour substitution in the formulation was acceptable at the level of “like slightly” to “like moderately”.
**Keywords:** supercritical carbon dioxide (SC-$CO_2$), rambutan seed flour, pasting properties, wheat flour substitute

## บทคัดย่อ

การสกัดไขมันจากเมล็ดเงาะด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤตที่ความดัน 35 เมกะปาสคาล และอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันของเมล็ดเงาะในระหว่างการสกัดด้วย SC-$CO_2$ จะลดลงตามเวลาที่ใช้ในการสกัด ซึ่งสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงด้วยสมการเส้นตรง ที่มีค่า $R^2$ = 0.976. แป้งเมล็ดเงาะซึ่งประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 83.37% โปรตีน 9.58% และไขมัน 5.00% มีค่าความหนืดสูงสุด ค่าผลต่างความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดต่ำสุด และค่าการคืนตัวต่ำกว่า แต่ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดเจลสูงกว่าเมื่อเทียบกับแป้งสาลี. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดเงาะที่ปริมาณ 5-10% ในขนมบิสกิตมีผลทำให้ค่าความแข็ง และค่าสีแตกต่างจากสูตรควบคุม. ขนมบิสกิตที่ใช้แป้งเมล็ดเงาะ 5% ได้รับการยอมรับในระดับความชอบเล็กน้อยถึงความชอบปานกลาง
**คำสำคัญ**: คาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต แป้งเมล็ดเงาะ สมบัติความหนืด การทดแทนแป้งสาลี

## คำนำ

เมล็ดเงาะ (*Nephelium lappaceum*) เป็นเศษเหลือทิ้งจากการบริโภคสด และการแปรรูปผลไม้กระป๋องในระดับอุตสาหกรรม ประกอบด้วยไขมัน 14-41% ที่มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางส่วนที่คล้ายคลึงกับเนยโกโก้ สามารถใช้ทดแทนเนยโกโก้สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมหวาน และช็อกโกแลต (Sirisompong และคณะ, 2011; ชัยขจรวัฒน์, 2555) นอกจากเป็นวัตถุดิบไขมันพืชที่มีศักยภาพแล้ว เมล็ดเงาะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 28-46% (Solis-Fuentes และคณะ, 2010; Yanty และคณะ, 2013) ที่สามารถพิจารณานำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร ทั้งนี้ ข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับแป้งเมล็ดเงาะยังมีอยู่น้อยมาก

การสกัดไขมันจากเมล็ดเงาะโดยทั่วไปใช้ตัวทำละลายเฮกเซน แต่ข้อควรระวังของการใช้เฮกเซน คือ ความปลอดภัยเนื่องจากเป็นสารระเหยไวไฟ และความเป็นอันตรายต่อสุขภาพที่เกิดจากสารระเหยตกค้าง ดังนั้น การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟ และเป็นตัวทำละลายที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Chemat และคณะ, 2013; Reverchon และ Macro, 2006)

งานวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สกัดไขมันเมล็ดเงาะด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤตที่ความดัน 35 เมกะปาสคาล และอุณหภูมิ 45 °ซ, 2) ตรวจสอบสมบัติความหนืดแป้งเมล็ดเงาะที่ได้ และ 3) ศึกษาผลของปริมาณ

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ถ. เลียบคลองห้า อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120
[1] Food technology department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research,35 Moo 3, Technopolis, Leab Khlong 5 Rd., Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

แป้งเมล็ดเงาะที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมบิสกิต ต่อคุณลักษณะและการยอมรับทางประสาทสัมผัส

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมวัตถุดิบ

นำเมล็ดเงาะล้างทำความสะอาด อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50-55 °ซ นาน 24-48 ชั่วโมง จากนั้นบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดระหว่าง 10 และ 100 เมช บรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิทและเก็บในโถดูดความชื้นก่อนนำมาสกัด

### การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤตและการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ

บรรจุตัวอย่างเมล็ดเงาะบดแล้ว (ขนาดคละประมาณ 0.15-2.0 มม.) 25 กรัม ในคอลัมน์สกัดขนาด 50 มล. แล้วประกอบเข้าเครื่องสกัด Speed SFE (Applied Separations Inc., Allenton, PA, USA) โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลวความบริสุทธิ์สูง (> 99.5%) ควบคุมอัตราการไหลประมาณ 2 ลิตรต่อนาที กำหนดความดันที่ 35 เมกะปาสคาล และอุณหภูมิ 45 °ซ แปรระยะเวลาในการสกัด 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง ตรวจวัดปริมาณไขมันในตัวอย่างที่แต่ละช่วงเวลาด้วยวิธี Soxhlet โดยใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์เป็นตัวทำละลาย. วิเคราะห์หาองค์ประกอบโดยประมาณในตัวอย่างเมล็ดเงาะก่อนและหลังสกัด ตามวิธี AOAC (2000) ทดลอง 3 ครั้งในแต่ละตัวอย่าง

### การวิเคราะห์สมบัติความหนืด

วิเคราะห์หาสมบัติความหนืดของตัวอย่างแป้งเมล็ดเงาะ โดยใช้เครื่อง Rapid visco analyser (RVA-TecMaster, Newport Scientific, Australia) เปรียบเทียบกับตัวอย่างก่อนนำไปสกัด และแป้งสาลี ตามวิธี AACC 61-02 (2000) จำนวน 3 ซ้ำ

### การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมบิสกิตและการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

เตรียมขนมบิสกิตประกอบด้วยแป้งสาลี 55.4% นมสด 24.2% เนย 12.6% น้ำตาลทราย 6.25% ผงฟู 1.3% และผงคัสตาร์ด 0.25% ศึกษาผลของปริมาณแป้งเมล็ดเงาะ (0, 2.5, 5, 7.5 และ 10% โดยน้ำหนัก) ต่อความแข็ง (hardness) โดยใช้เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA.XTplus (Stable Microsystems, UK) ค่า water activity ($a_w$) โดยใช้เครื่อง Dew point moisture analyzer รุ่น AquaLab series 4TE (Decagon Devices, USA) ค่าสี (L*, a*, b*) โดยใช้เครื่อง Chroma meter รุ่น CR-400 (Konica Minolta, Japan) และการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ตามวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรม SPSS (version 13.0) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลกับค่าเฉลี่ย ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดไขมันเมล็ดเงาะด้วย SC-$CO_2$ ที่ ความดัน 35 เมกะปาสคาล และอุณหภูมิ 45 °ซ พบว่า ปริมาณไขมันเมล็ดเงาะมีแนวโน้มลดลงตามเวลาที่ใช้ใน (Figure 1) โดยสามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{M_0} + kt \qquad (1)$$

โดยที่ M = ปริมาณไขมันของตัวอย่างเมล็ดเงาะหลังสกัดที่เวลาใดๆ (%น้ำหนักแห้ง)
$M_0$ = ปริมาณไขมันของตัวอย่างเมล็ดเงาะก่อนนำไปสกัด (%น้ำหนักแห้ง)
k = อัตราการลดลงของปริมาณไขมันของเมล็ดเงาะ (ชั่วโมง$^{-1}$)
t = เวลาในการสกัด (ชั่วโมง)

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปคำนวณหาสัมประสิทธิ์ k จากสมการ (1) ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเส้นตรง ซึ่งมีค่า $R^2$ = 0.976 โดยมีค่า k = 0.0207 ชั่วโมง$^{-1}$ (Figure 2)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของเมล็ดเงาะก่อนทำการสกัดและหลังผ่านการสกัด ด้วย SC-$CO_2$ นาน 10 ชั่วโมง (Table 1) โดยแป้งเมล็ดเงาะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 83.37% ไขมัน 5.00% และโปรตีน 9.58% อยู่ในช่วงโปรตีนของแป้งสาลีคือร้อยละ 9-12 (%โดยน้ำหนักแห้ง)

การศึกษาสมบัติความหนืด พบว่าแป้งเมล็ดเงาะมีค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ค่าผลต่างความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดต่ำสุด (breakdown) และค่าการคืนตัว (setback) เพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนการสกัดไขมัน ยกเว้นค่าอุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดเจล (pasting temperature) สูงขึ้นเพียงเล็กน้อย (Table 2) แต่มีค่า peak viscosity ค่า breakdown และ ค่า setback ต่ำกว่า แต่ pasting temperature สูงกว่า เมื่อเทียบกับแป้งสาลี ทั้งนี้อาจเนื่องจากแป้งเมล็ดเงาะมีพันธะภายในแบบร่างแหที่แข็งแรง ทำให้มีความคงตัวสูง มีค่าความหนืดต่ำ และการเกิดเป็นเจลต่ำ (Taggart, 2004) เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของแป้งเมล็ดเงาะทางโภชนาการ มีความเป็นไปได้เพื่อนำมาใช้ส่วนประกอบของอาหาร

การใช้แป้งเมล็ดเงาะทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่แตกต่างกันต่อค่า $a_w$ ค่าความแข็ง และค่าสีของขนมบิสกิต (Table 3) พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดเงาะที่ปริมาณ 2.5-10% มีผลทำให้ค่า $a_w$ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.19-0.29 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่จุลินทรีย์ไม่เจริญ ($a_w$ < 0.3) (Fennema, 1996) ส่วนค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยมีค่าในช่วง 1073-1335 กรัมแรง สำหรับค่าสี มีผลทำให้ค่า L* มีแนวโน้มลดลง ที่มีค่าในช่วง 80.0-82.9 สำหรับค่า a* และค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่มีค่าในช่วง 0.95-3.87 และ 22.17-26.32 ตามลำดับ

การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Table 4) พบว่าขนมบิสกิตทดแทนด้วยแป้งเมล็ดเงาะ 5% มีค่าคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ แต่คะแนนเฉลี่ยด้านสีและกลิ่นไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม อยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงความชอบปานกลาง

## สรุปผล

การสกัดไขมันของเมล็ดเงาะด้วย SC-$CO_2$ ที่ความดัน 35 เมกะปาสคาล และอุณหภูมิ 45 $^{o}$ซ พบว่าปริมาณไขมันจะลดลงตามเวลาที่ใช้ในการสกัด มีความสัมพันธ์กันในลักษณะเป็นเส้นตรง แป้งเมล็ดเงาะสกัดไขมันด้วย SC-$CO_2$ มีค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ค่าผลต่างความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดต่ำสุด (breakdown) และค่าการคืนตัว (setback) เพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนการสกัดไขมัน ขนมบิสกิตที่ใช้แป้งเมล็ดเงาะ 5% ทดแทนแป้งสาลี ได้รับการยอมรับในระดับความชอบเล็กน้อยถึงความชอบปานกลาง

## คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้งบประมาณสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

ภควรรณ ชัยขจรวัฒน์, 2555, การผลิตไขมันทดแทนเนยโกโก้จากไขมันเมล็ดเงาะด้วยกระบวนการอินเตอร์เอสเตอร์ริฟิเคชั่นโดยใช้เอนไซม์ไลเปส, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

AOAC, 2000, Official method of analysis, 16th ed., Association of Official Analytical Chemists; Arlington, VA.

AACC, 2000, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10$^{th}$ ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

Chemat, F., Vian, M.A. and Cravotto, G., 2013, Green Extraction of Natural Products: Concepts and Principles – A Review, International Journal of Molecular Sciences, 13: 8615-8627.

Fennema, O.R., 1996, Food Chemistry, 3$^{rd}$ ed. Marcel Dekker, Inc. New York, NY.

Reverchon, E. and De Macro, I., 2006, Supercritical Fluid Extraction and Fractionation of Natural Matter, The Journal of Supercritical Fluids, 38(2): 146-166.

Sirisompong, W., Jirapakkul, W. and Klinkesorn, U., 2011, Response Surface Optimization and Characteristics of Rambutan (*Nephelium lappaceum*) Kernel Fat by Hexane Extraction, LWT – Food Science and Technology, 44: 946-1951.

Solís-Fuentes, J.A., Camey-Ortíz, G., Hernández-Medel, M.D.R., Pérez-Mendoza, F. and Durán-de-Bazúa, C., 2010, Composition, Phase Behavior and Thermal Stability of Natural Edible Fat from Rambutan (*Nephelium lappaceum*) Seeds, Bioresource Technology, 101: 799-803.

Taggart, P., 2004, Starch as an Ingredient: Manufacture and Implication. In: Elliason AC, editor. Starch in Food. England: CRC Press, 363-392.

Yanty, N.A.M., Marikkar, J.M.N., Long, K. and Ghazali, H.M., 2013, Physico-chemical Characterization of the Fat from Red-skin Rambutan (*Nephelium lappaceum*) Seed, Journal of Oleo Science, 62(6): 335-343.

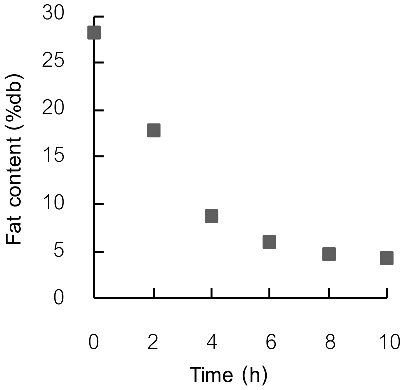



**Figure 1** Change in fat contents (%dry basis) of rambutan seeds during SC-$CO_2$ extraction at 35 MPa, 45 °C

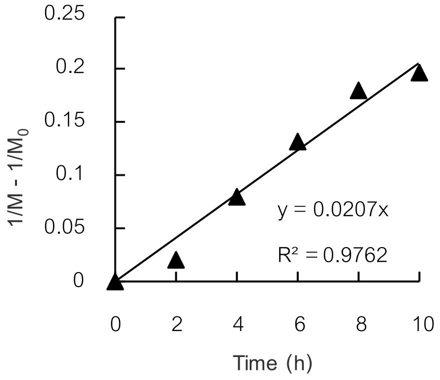



**Figure 2** Relationship between $1/M - 1/M_0$ and extraction time

**Table 1** Proximate compositions (g/100 g dry weight) of non-defatted and defatted rambutan seed flour

| | Moisture | Fat | Protein | Ash | Carbohydrate |
|---|---|---|---|---|---|
| Non-defatted flour | $6.30^{a} \pm 0.04$ | $28.18^{b} \pm 0.82$ | $7.90^{a} \pm 0.09$ | $1.49^{a} \pm 0.05$ | $62.43^{a} \pm 0.70$ |
| Defatted flour | $6.74^{b} \pm 0.14$ | $5.00^{a} \pm 0.16$ | $9.58^{b} \pm 0.35$ | $2.07^{b} \pm 0.04$ | $83.37^{b} \pm 0.28$ |

$^{a,b}$ Means within rows followed by a different letter are significantly different ($p < 0.05$)

**Table 2** Pasting characteristics of non-defatted and defatted rambutan seed flour compared with wheat flour

| | Non-defatted flour | Defatted flour | Wheat flour |
|---|---|---|---|
| Pasting temperature (°C) | $85.60^{b} \pm 0.83$ | $86.98^{b} \pm 0.46$ | $65.75^{a} \pm 0.48$ |
| Peak viscosity (cP) | $482.33^{a} \pm 2.52$ | $1097.00^{b} \pm 15.62$ | $2025.00^{c} \pm 53.73$ |
| Breakdown (cP) | $68.67^{a} \pm 2.31$ | $110.00^{b} \pm 1.73$ | $1204.60^{c} \pm 41.90$ |
| Setback (cP) | $129.67^{a} \pm 3.21$ | $437.33^{b} \pm 9.02$ | $908.00^{c} \pm 19.52$ |

$^{a-c}$ Means within rows followed by a different letter are significant different ($p < 0.05$)

**Table 3** Water activity, hardness and color values for biscuits at different levels of defated rambutan seed flour substitution

| substitution (%) | $a_w$ | Hardness (g force) | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|---|---|
| (control) 0 | $0.183^{a} \pm 0.001$ | $1037.39^{a} \pm 52.47$ | $83.04^{a} \pm 0.07$ | $0.78^{a} \pm 0.02$ | $22.02^{a} \pm 0.07$ |
| 2.5 | $0.188^{a} \pm 0.001$ | $1073.01^{a} \pm 243.30$ | $82.62^{b} \pm 0.31$ | $0.95^{a} \pm 0.04$ | $22.17^{a} \pm 0.36$ |
| 5.0 | $0.214^{b} \pm 0.001$ | $1203.08^{ab} \pm 192.69$ | $82.83^{ab} \pm 0.15$ | $1.20^{a} \pm 0.63$ | $24.42^{b} \pm 0.09$ |
| 7.5 | $0.261^{c} \pm 0.006$ | $1286.73^{b} \pm 351.79$ | $82.10^{c} \pm 0.27$ | $2.18^{b} \pm 0.17$ | $25.63^{c} \pm 0.13$ |
| 10.0 | $0.288^{d} \pm 0.003$ | $1334.64^{b} \pm 152.90$ | $80.19^{d} \pm 0.18$ | $3.87^{c} \pm 0.11$ | $26.32^{d} \pm 0.22$ |

$^{a-c}$ Means within columns followed by a different letter are significant different ($p < 0.05$)

**Table 4** Sensory attributes of biscuits at different levels of defatted rambutan seed flour substitution

| substitution (%) | Appearance | Color | Odor | Texture | Total acceptance |
|---|---|---|---|---|---|
| (control) 0 | $5.80^{ab} \pm 1.10$ | $5.80^{ns} \pm 1.16$ | $5.67^{ns} \pm 1.37$ | $5.83^{c} \pm 1.78$ | $5.33^{b} \pm 1.65$ |
| 2.5 | $5.90^{ab} \pm 1.24$ | 5.83 ± 1.49 | 5.70 ± 1.66 | $6.07^{ab} \pm 1.31$ | $5.80^{b} \pm 1.63$ |
| 5.0 | $6.17^{a} \pm 1.05$ | 6.33 ± 1.03 | 6.13 ± 1.38 | $6.57^{a} \pm 0.86$ | $6.43^{a} \pm 1.17$ |
| 7.5 | $5.53^{b} \pm 1.31$ | 5.57 ± 1.17 | 5.57 ± 1.41 | $5.80^{b} \pm 1.24$ | $5.77^{b} \pm 1.25$ |
| 10.0 | $6.13^{a} \pm 0.18$ | 5.70 ± 1.10 | 5.70 ± 1.44 | $5.90^{b} \pm 1.42$ | $5.93^{ab} \pm 1.36$ |

$^{a-c}$ Means within columns followed by a different letter are significant different ($p < 0.05$)

$^{ns}$ No significant difference ($p > 0.05$)

# สมบัติทางเคมีกายภาพและสารต้านอนุมูลอิสระของเคซีนจากวัวไฮโดรไลส์ซ์ด้วย เอนไซม์ซิสเตอีน โปรตีเนสและเซรีน โปรตีเนส

# Physiochemical and Antioxidant Properties of Bovine Caseinate Hydrolyzed with Cysteine Proteinase and Serine Proteinase

**พรชัย เหลืองบริสุทธิ์[1] และ ภัชรี สิทธิกิจโยธิน[1]**

Luangborisut, P.[1] and Sittikityotin, P.[1]

## Abstract

This research was aimed to study the physio-chemical properties of bovine casein hydrolysed with three proteinase enzymes; bromelain, papain and trypsin at 37 $^{o}$C for 30, 60 and 90 min. The protein pattern of enzymatic hydrolysed bovine caseinate (eHBC) was studied by Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis, and then proteins were fractionated with the 1 kDa Ultrafiltration membrane centrifuge. The supernatant was collected and antioxidant activity by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) was tested. Results showed that Bromelain resulted in the highest hydrolysis of bovine casein of 36.48% when hydrolysed for 90 min. However, the antioxidant activity by DPPH of BC peptides hydrolysed with papain, bromelain and trypsin when passed through 1 kDa Ultramembrane had the great antioxidant activity of 75.00%, 68.09% and 19.00%, respectively.

**Keywords:** bovine caseinate hydrolysate, enzymatic hydrolysis, antioxidant

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของไฮโดรไลเซทเคซีนจากวัวที่ย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอส 3 ชนิด ได้แก่ โบรมิเลน ปาเปน ทริปซิน บ่มระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไฮโดรไลเซทเคซีนจากวัวมาศึกษารูปแบบของเพปไทด์ด้วยเทคนิค Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis และนำมาแยกด้วย Ultrafiltration Membrane Centrifuge ขนาด 1 kDa เก็บส่วนที่ผ่าน Membrane มาศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) จากผลการทดลองพบว่าโบรมิเลนมีประสิทธิภาพในการย่อยเคซีนจากวัวได้ดีที่สุดเท่ากับร้อยละ 36.48 ที่ระยะเวลาบ่มนาน 90 นาที ส่วนการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยเคซีนจากวัวด้วยเอนไซม์ปาเปน โปรมิเลนและทริปซิน และนำมาผ่าน Ultramembrane 1 kDa มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 75.00 68.09 และ 19.00 ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** เคซีนจากวัวไฮโดรไลเซท การย่อยด้วยเอนไซม์ สารต้านอนุมูลอิสระ

## คำนำ

เคซีนเป็นโปรตีนหรือที่เรียกชื่อว่าฟอสโฟโปรตีนเพราะมีธาตุฟอสฟอรัสยึดเกาะกันด้วยพันธะโควาเลนท์ตรงกรดอะมิโน เซรีน เคซีนเป็นส่วนประกอบในน้ำนมเช่นน้ำนมวัวส่วนใหญ่มีเคซีนอยู่ประมาณร้อยละ 80 ปัจจุบันมีการประยุกต์นำเอาเคซีนไปใช้ประโยชน์ในอาหารรูปแบบต่างๆ ทำยารักษาโรค ทางการแพทย์ และในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับเครื่องสำอางค์เป็นการเพิ่มรายได้ทางเศรษฐกิจไม่น้อย เนื่องจากเคซีนเป็นโปรตีนดังนั้นจึงมีโครงสร้างเป็นพอลีเพปไทด์ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากซึ่งมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายของเรารวมอยู่ด้วยการที่เคซีนถูกย่อยโดยเอนไซม์หรือที่เรียกว่าไฮโดรไลเซทเคซีนอาจจะเป็นเอนไซม์ที่มาจากสัตว์ แบคทีเรีย รา หรือจากพืช เช่นมะละกอ สับปะรด จะมีผลต่อทางเคมีกายภาพของเพปไทด์ให้แสดงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพเปลี่ยนแปลงไป เช่นมีผลต่อระบบการสร้างภูมิคุ้มกัน การต้านทานต่ออนุมูลอิสระ เป็นต้น มีการค้นพบว่า เคซีนเป็นโปรตีนที่มีโครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันอยู่เป็น

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce 126/1 Vibhavadee Rangsit Road, Dindaeng Bangkok 10400, Thailand

4 ชนิด คือ αs1-casein มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 23 กิโลดาลตัน ประมาณร้อยละ 38.49 αs2-casein มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 25 กิโลดาลตัน ประมาณร้อยละ 10.06 β-casein มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 24 กิโลดาลตัน ประมาณร้อยละ 38.74 และK-casein มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 19 กิโลดาลตัน ประมาณร้อยละ 12.57 (Wang และคณะ 2013) การศึกษาทำความเข้าใจการนำเอาความรู้เกี่ยวกับการทำไฮโดรไลเซท ไปใช้ได้อย่างถูกต้องนั้นนับว่าจะเป็นประโยชน์และมีความสำคัญต่อการวิจัยต่อไปเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจะศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของการทำไฮโดรไลเซทเคซีนจากวัวที่ย่อยด้วยเอนไซม์ ทริปซิน เป็นเอนไซม์จากสัตว์ซึ่งอยู่ในกลุ่มของเอนไซม์เซรีน โปรติเนส เอนไซม์โบรมีเลน และเอนไซม์ปาเปน เป็นเอนไซม์ที่ได้จากพืชซึ่งอยู่ในกลุ่มของเอนไซม์ซีสเตอีน โปรติเนส ศึกษารูปแบบของเพปไทด์ด้วยเทคนิค Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis และศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (Kumar และคณะ, 2013)

## อุปกรณ์และวิธีการ

**วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง**

เคซีน(Casein, code no.435963, CAS No.9000-71-9, CARLO ERBA)

ปาเปน(Papain from papaya latex, ~1.5-10 U/mg , P3375: Sigma, CAS-No. : 9001-73-4

โบรมีเลน(Bromelain from pineapple stem,~5-15 U/mg , Sigma, CAS-No. : 37189-34-7

ทริปซิน(Trypsin from porcine pancreas, ~90 U/mg , SIGMA,PCode.101238362)

**การตรวจสอบปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry (1951)**

นำสารตัวอย่างปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสมระหว่างโซเดียมคาร์บอนเนตในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และคอปเปอร์ซัลเฟต 0.5 กรัม ในสารละลายโพแทสเซียมโซเดียมตราเตรทร้อยละ 1 ในอัตราส่วน 50:1 ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติม Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งในตู้ incubator 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร โดยใช้ bovine serum albumin (BSA) เป็นโปรตีนมาตรฐาน

**การทำไฮโดรไลเซทเคซีนจากวัวที่ย่อยด้วยเอนไซม์ โปรติเอสบางส่วน**

**การย่อยโปรตีนเคซีนด้วยเอนไซม์ปาเปน โบรมีเลน และทริปซิน**

ชั่งโปรตีนเคซีน 0.5,1.0,1.5 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองที่1,2 และ3 ใส่สารละลายบัพเฟอร์ 0.1 M Sodium acetate บัพเฟอร์ pH 6.5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันจากนั้นเติมเอนไซม์ปาเปนกำหนดให้มีค่า CDU/mg เท่ากับ 156,963.50 ในแต่ละหลอดทดลอง

ชั่งโปรตีนเคซีน 0.5,1.0,1.5 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองที่1,2 และ3 ใส่สารละลายบัพเฟอร์ 0.1 M Sodium acetate บัพเฟอร์ pH 6.5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันจากนั้นเติมเอนไซม์โบรมิเลนกำหนดให้มีค่า CDU/mg เท่ากับ156,963.50 ในแต่ละหลอดทดลอง

ชั่งโปรตีนเคซีน 0.5,1.0,1.5 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองที่1,2และ3ใส่สารละลายบัพเฟอร์ 0.1 M Tris (hydroxylmethyl) aminometane-Hydrochloric acid บัพเฟอร์ pH 8 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันจากนั้นเติมเอนไซม์ทริปซินกำหนดให้มีค่า CDU/mg เท่ากับ156,963.50 ในแต่ละหลอดทดลอง

โดยทุกเอนไซม์ทำ 3 ชุดๆละ 3 ซ้ำ นำเอนไซม์ทั้งสามชนิดไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 30 60 และ 90 นาที เมื่อครบในแต่ละช่วงเวลา เติมสาร Trichloroacetic acid (TCA) 0.3 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาปั่นแยกส่วนใสและตะกอนเก็บส่วนใสไว้ที่อุณหภูมิ 0-8 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดสอบดูรูปแบบของโปรตีนโดยใช้เทคนิค Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis(SDS-PAGE) การวิเคราะห์เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry (1951) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไฮโดรไลเซทหลังการย่อย

**การตรวจสอบรูปแบบของเพปไทด์ด้วยเทคนิค Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis ตามวิธีของ Laemmli (1970)**

ประกอบชุดเจลอิเล็กโตรโฟรีซีส (เครื่อง power supply ;Bucher instrument model no.4333650, USA, Amersham ECL Gel-Box no.28-9906-08, GE Healthcare, Life Sciences, USA) เปิดกระแสไฟฟ้าที่ 160 โวลต์ นำตัวอย่างโปรตีนที่ต้องการทดสอบความบริสุทธิ์และหาน้ำหนักโมเลกุลมาต้มในอ่างน้ำเดือด ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ทิ้งให้เย็นลงแล้วแบ่งมา 15 ไมโครลิตรผสมกับสีย้อม bromophenol blue ปริมาณ 7 ไมโครลิตร เติมลงในช่องว่างสำหรับใส่ตัวอย่างโปรตีนบริเวณส่วนบนของ stacking gel โดยทำพร้อมกับโปรตีนมาตรฐานที่ทราบน้ำหนัก

โมเลกุล ปล่อยให้ตัวอย่างโปรตีนเคลื่อนที่ไปภายในเจล จนเห็นสีของ bromophenol blue เคลื่อนที่ลงไปจนสุดขอบล่างของเจล นำเจลและแม่พิมพ์ออกจากชุดทดสอบนำเจลที่ได้ไป Fix ด้วย fixing solution ประมาณ 30 นาที แล้วย้อมด้วยสีย้อม Coomassie Billiant Blue R-250 จะติดสีน้ำเงินนานประมาณ 10 นาที ล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำ แล้วแช่เจลต่อใน Destaining solution ทำ 2-3 ครั้งๆ ละประมาณ 10 นาที จนกระทั่งส่วนที่เป็น background ใส

**การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Amsterdam และคณะ, 1992)**

**วิธีการเตรียมสาร**

1.100 µM DPPH ชั่ง DPPH 0.0195 g เติม ethanol 99% ปรับปริมาตรให้ได้ 500 ml

2.10 mM ascorbic acid ชั่ง 0.2 g เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml

นำเพปไทด์ที่ได้จากการทำไฮโดรไลเซทมาผ่านเครื่อง Amicon Ultramembrane ซึ่งมีขนาด Molecular weight cut-off 1 kDa (MWCO) หลังจากนั้นให้นำมาวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยนำเพปไทด์ที่ได้มา 100 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่ปิดสนิทด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ เติมสารละลาย 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ที่ความเข้มข้น 100 µM ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าดูดกลืนคลื่นแสงที่ 517 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

$$\text{Inhibitory activity(\%)} = (A_C - A_{CB}) - (A_S - A_{SB}) / (A_C - A_{CB}) \times 100$$

## ผลการทดลอง

**การตรวจสอบปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry**

เมื่อนำเคซีนไปตรวจวัดปริมาณโปรตีนกับโปรตีนมาตรฐานได้ปริมาณโปรตีนเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 0.1516 กรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อทำไฮโดรไลเซทเคซีนด้วยเอนไซม์ โปรติเอส ทั้งสามชนิดได้แก่ โบรมิเลน ปาเปน และทริปซินได้ปริมาณโปรตีน 0.0553, 0.0301, 0.0273 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

**การตรวจสอบรูปแบบของเพปไทด์ด้วยเทคนิค Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis**

จากผลทดลองโดยการทำ SDS-PAGE เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนมาตรฐานทั้ง 11 แถบ ซึ่งที่มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 10.5-175 กิโลดาลตัน พบว่าการทำไฮโดรไลเซทเคซีนจากวัวที่ย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน มีน้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนอยู่ในช่วงระหว่าง 10.5 – 24.39 กิโลดาลตัน โดยการวิเคราะห์หาค่า Rf ของโปรตีนมาตรฐาน โดยเคซีนมีน้ำหนักโมเลกุลของแถบโปรตีนอยู่ที่ 29 กิโลดาลตัน ดังแสดงใน Figure 1 A

**การทำไฮโดรไลเซทเคซีนจากวัวที่ย่อยด้วยเอนไซม์ โปรติเอสบางส่วน**

การทำไฮโดรไลเซททีมีปริมาณเคซีนสูงสุด 1.5 กรัม ด้วยเอนไซม์ โปรติเอส ทั้งสามชนิดได้แก่ โบรมิเลน ปาเปน และทริปซิน โดยบ่มระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าการย่อยด้วยเอนไซม์ทั้งสามสามารถย่อยเคซีนได้เพิ่มมากขึ้นในทุกๆเอนไซม์ที่มีเวลาและปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจะเห็นได้ว่าเอนไซม์โบรมิเลนมีประสิทธิภาพในการย่อยเคซีน จากวัวได้ดีทีสุดเท่ากับร้อยละ 36.48 เอนไซม์ปาเปนมีประสิทธิภาพในการย่อยเคซีนจากวัวได้เท่ากับร้อยละ 19.86 เอนไซม์ทริปซินมีประสิทธิภาพในการย่อยเคซีนจากวัวได้เท่ากับร้อยละ 18.07 ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 1 B

**การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH**

จากผลการทดลองพบว่าเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยเคซีนจากวัวด้วยเอนไซม์ปาเปน โบรมิเลน และทริปซิน หลังจากนำมาผ่าน Ultramembrane 1 kDa โดยนำมาบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 75.00 68.09 และ 19.00 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1

## สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

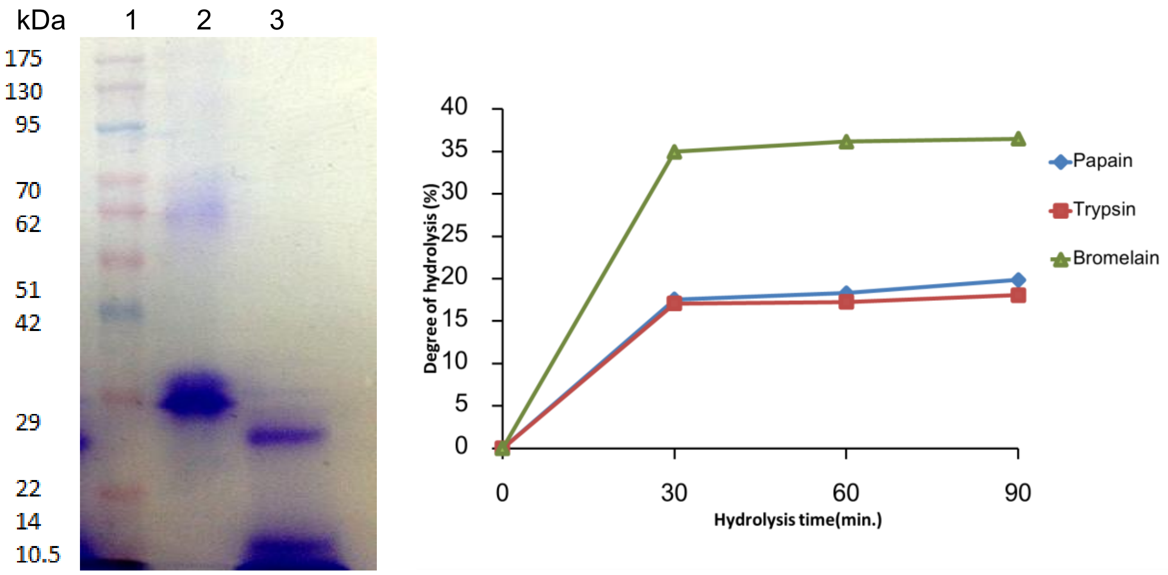
ไฮโดรไลเซทเคซีนจากวัวที่ย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสได้แก่ ปาเปน โบรมิเลนและทริปซิน ผลมีความแตกต่างกัน โดยดูจากประสิทธิภาพในการย่อยเคซีน เอนไซม์โบรมีเลนย่อยได้ดีที่สุดและทุกๆ เอนไซม์จะย่อยได้ดีที่สุดในช่วงก่อนเวลา 30 นาที หลังจากนั้นจะมีการย่อยเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อตรวจสอบรูปแบบของเพปไทด์ด้วยเทคนิค SDS-PAGE โดยดูจากการที่เคซีนถูกย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปนพบว่าเคซีนถูกย่อยได้มากโดยดูแถบของโปรตีนที่ปรากฏ แต่จากการทดลองการย่อยในช่วงเวลาทั้งหมด 90 นาที นั้น เคซีนบางส่วนยังถูกย่อยได้ไม่หมด ทั้งนี้การที่เคซีนจะถูกย่อยได้ดีนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเอนไซม์ ปริมาณของซับสเตรต เวลา อุณหภูมิ ความเป็นกรดเบสในการทำปฏิกิริยาต้องมีความเหมาะสม จากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระพบว่าให้ผลที่ดีทั้งสองเอนไซม์คือปาเปนและโบรมีเลน ร้อยละ 75.00 และ68.09 ส่วนเอนไซม์ทริบซิน ให้ผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ ร้อยละ 19 ใกล้เคียงกับที่ Kumar และคณะ (2013) ได้ทำการทดลองไว้ ร้อย

ละ 21 และจะเพิ่มขึ้นได้อีกเมื่อให้เวลาการบ่มนานขึ้นเป็น 1.35 ชั่วโมง ร้อยละ 54.6 แสดงว่าการทำไฮโดรไลเซทเคซีนมีผลทำให้ทางเคมีกายภาพของพอลีเพปไทด์เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อการต้านทานอนุมูลอิสระได้ คุณสมบัติเช่นนี้นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและทางการแพทย์

Table 1 Antioxidant Activities of the 30 minutes bovine casein hydrolysates

| Protease | Percent Inhibition Ultramembrane 1 kDa MWCO Permeate. |
|---|---|
| Papain | 75.00 ±0.1029[a] |
| Bromelain | 68.09 ±0.1290[a] |
| Trypsin | 19.00 ±0.4352[a] |

a: Values are the mean of ± SEM of three independent determinations.




A B

Figure 1 SDS-PAGE pattern of casein hydrolysates by papain, Lane 1; Molecular weight standard protein: Cromatein Prestained Protein Ladder the range of 10.5-175 kDa. Lane 2; casein, Lane 3; hydrolysate obtained after 60 min of hydrolysis.(A) Enzymatic hydrolysis curves of casein hydrolysates obtained with a protease preparation from bromelain, papain and trypsin.(B)

## คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงษ์ พินิจกลาง และผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชนี ไสยประจงที่ให้คำปรึกษาแนะนำเป็นอย่างดียิ่ง

## เอกสารอ้างอิง

Amsterdam, van, F.T., Roveri, A., Maiorino, M., Ratti, E. and Ursini, F., 1992, Lacidipine: a Dihydropyridine Calcium Antagonist with Antioxidant Activity, Free Radical Biology and Medicine, 12: 183-187.

Kumar, S., Teotia, U.V.S., Sanghi, A., 2013, Antioxidative Property of Cow Milk Caseinates Hydrolyzed with Different Proteases, International Journal of Pharmaceutical Science, 5(2): 418-422.

Laemmli, U.K., 1970, Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4, Nature, 277: 680-685.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, Journal Biological Chemistry, 193: 265-275.

Wang, J., Su, Y., Jai, F. and Jin, H., 2013, Characterization of Casein Hydrolysates Derived from Enzymatic hydrolysis, Chemistry Central Journal, 7: 62.

# ผลการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครต่อการชะลอการเสื่อมสภาพของกล้วยไข่โดยวิธีการฉีดพ่น

# Effect of 1-Methylcyclopropene Microbubbles on Delaying of Senescence in 'Khai' Banana by Spraying

เปมิกา พรหมแก้ว[1] ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,2] และ วาริช ศรีละออง[1,2]
Promkaew, P.[1], Pongprasert, N.[1,2] and Srilaong, V.[1,2]

## Abstract

'Khai' banana (Musa AA group) develops to ripen and senesce rapidly after harvesting. This study aimed to investigate the effects of 1-MCP microbubbles (1-MCP-MBs) on delaying of senescence in 'Khai' banana by spraying method. 'Khai' bananas were sprayed with 1-MCP-MBs at concentration of 750 950 and 2,500 ppb then stored at 25°C for 8 days. The control was the fruit without sprayed with 1-MCP-MBs. Banana sprayed with 2,500 ppb1-MCP-MBs showed the lower respiration rate and ethylene production compared to the control. Moreover, 2,500 ppb1-MCP-MBs delayed percentage of weight loss and changes of peel color. In addition, this treatment retarded the degradation of total chlorophyll content in peel, the accumulation of total soluble solids in pulp tissues and the formation of senescence spot on peel during storage. While, 750 ppb1-MCP- MBs was not effective to control "Khai' banana ripening compared with the untreated fruit. The results indicate that an application of 1-MCP-MBs by spraying method can be used as an alternative method for delaying the ripening and postharvest quality losses of 'Khai' banana fruit. It is possible to apply the technique with retail market.

**Keywords:** banana, 1-MCP-MBs, spraying

## บทคัดย่อ

กล้วยไข่ (Musa AA group) มีการพัฒนาสู่การสุกและเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโคร (1-MCP-MBs) ต่อการชะลอการสุก และการเสื่อมคุณภาพของกล้วยไข่ในระหว่างการเก็บรักษาด้วยวิธีการฉีดพ่น โดยการนำกล้วยไข่มาฉีดพ่นด้วย 1-MCP-MBs ที่ระดับความเข้มข้น 750 950 และ2,500 ppb และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25ºC เป็นเวลา 8 วัน โดยชุดควบคุมคือกล้วยไข่ที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วย 1-MCP-MBs ผลการศึกษาพบว่ากล้วยไข่ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 2500 ppb มีอัตราการหายใจ และอัตราการผลิตเอทิลีนน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม กล้วยไข่ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 2,500 ppb ยังสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักผลและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก นอกจากนี้ยังชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในเปลือกและการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อผล และยังสามารถชะลอการเกิดจุดสีน้ำตาลบนเปลือกผล ในขณะที่การใช้ 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 750 ppb ให้ผลไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้1-MCP-MBs โดยการฉีดพ่นสามารถชะลอการสุกและการเสื่อมคุณภาพของกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถนำไปใช้ในระหว่างการขายปลีก

**คำสำคัญ**: กล้วย 1-MCP-MBs การฉีดพ่น

## คำนำ

กล้วยไข่ (Musa AA group)เป็นผลไม้เขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งซึ่งเป็นสินค้าเกษตรที่มีศักยภาพในการส่งออกแต่เนื่องจากกล้วยไข่เป็นผลไม้ที่มีการพัฒนาสู่การสุกและเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว เป็นที่ทราบกันดีกว่าเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีความสำคัญในการเร่งกระบวนการสุกของกล้วยดังนั้นจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาในการผลิตกล้วยไข่เพื่อการส่งออกวิธีการในการยับยั้งการสุกของกล้วยไข่ที่นิยมใช้กันได้แก่การใช้สาร 1-

[1] สายวิชาเทคโนโลยีเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีกรุงเทพฯ 10140
[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangkok 10400

Methylcyclopropene (1-MCP) จากการศึกษาในปัจจุบันพบว่ามีการใช้สาร1-MCP ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่ม cyclopropene มีโครงสร้างเป็น cyclic olefin เพื่อยับยั้งการทำงานของเอทิลีน Sserek และคณะ (1994) มีการใช้ 1-MCP กันอย่างแพร่หลายในผลผลิตทางการเกษตร เพื่อรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว รวมถึง กล้วยด้วย Blankenship และ Dole (2003) โดยส่วนใหญ่มีการใช้ 1-MCPในรูปแบบของการรม ที่ความเข้มข้นและเวลาที่ต่างกันในผลิตผลหลายชนิด Dong และคณะ (2002) แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการรมด้วย 1-MCP ใช้ระยะเวลาในการรมนานถึง 6-24 ชั่วโมง ซึ่งต้องใช้เวลานาน อีกทั้งยังพบปัญหา การรั่วซึ่งของ 1-MCP Harris และคณะ (2000) และจะต้องมีการใช้ในระบบปิดเพื่อป้องกันการรั่วซึม Choi และ Huber (2008)

ฟองอากาศขนาดไมโคร (Microbubble, MBs) คือ ฟองก๊าซที่มีขนาด 50 -200 มีคุณสมบัติเด่นคือ มีพื้นที่ผิวจำนวนมาก ( Large surface area/ Large Specific volume) และคงตัวอยู่ในน้ำได้นาน ( Long retention time in water) (Kaneo และ Masayoshi, 2010) เนื่องจากคุณสมบัติดังกล่าว จึงได้มีแนวคิดในการประยุกต์ใช้ 1-MCP ร่วมกับการ MBs เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้ายับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ดีขึ้น และลดระยะเวลาในการใช้ 1-MCPจากการศึกษาของ ณัฐชัย และคณะ (2555) ศึกษาการใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครและนาโน พบว่าสามารถชะลอการสุกของกล้วยหอมระหว่างการเก็บรักษาได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้ ฟองก๊าซ1-MCP ขนาดไมโครต่อการชะลอการสุข และเสื่อมสภาพของกล้วยไข่โดยวิธีการฉีดพ่น เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับผู้ผลิต ผู้ส่งออก และสามารถนำไปใช้ในระหว่างการขายปลีกกล้วยไข่ต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเตรียมผง 1-MCP (0.19% 1-MCP tablet, BioLene Co., Ltd., China) สำหรับการใช้งานในรูปแบบของฟองก๊าซ ขนาดไมโคร (1-MCP-Mbs) ตามวิธีของ Pongprasert และ Srilaong (2014) โดยนำกล้วยไข่ (*Musa AA group*) มาทำการตัดแบ่งกล้วย 1 หวี เป็น 3 ส่วน นำน้ำ 1-MCP-Mbsมาฉีดพ่นบนผลกล้วยไข่โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณขั้วหวี ที่ระดับความเข้มข้น 750 950 และ 2500ppb และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 8วัน โดยชุดควบคุมคือกล้วยไข่ที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นด้วยน้ำ1-MCP-Mbsโดยทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 2 วัน เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพดังนี้ อัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีนการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (Hue angle Value) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อผล และการประเมินการเกิดจุดสีน้ำตาลบนเปลือกกล้วยไข่

## ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าอัตราการหายใจ (Figure A) และการผลิตเอทิลีน (Figure B) ของกล้วยไข่ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย1-MCP-MBs (2500ppb) เพิ่มขึ้นช้ากว่าของกล้วยไข่ในชุดการทดลองอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งของกล้วยไข่ในชุดควบคุม และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การสูญเสียน้ำหนักสด(Figure C) ของผลกล้วยไข่ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย 1-MCP-MBs (2500 ppb) เพิ่มขึ้นช้ากว่าในชุดการทดลองอื่นๆตลอดอายุการเก็บรักษาการเปลี่ยนแปลงสีแสดงในค่า Hue angle value (FigureD) สอดคล้องกับค่าการเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Figure E) ของเปลือกกล้วยไข่โดยจากการทดลองพบว่ามีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น โดยกล้วยไข่ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย1-MCP-MBs (2500ppb) มีค่าลดลงช้าที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับชุดควบคุม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกล้วยไข่ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย1-MCP-MBs (2500ppb) เพิ่มขึ้นช้ากว่าของกล้วยไข่ในชุดการทดลองอื่นๆตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และการเกิดจุดสีน้ำตาลบนเปลือกกล้วยไข่ (Figure G) เริ่มปรากฏขึ้นในวันที่ 6ของการเก็บรักษาในชุดทุกชุดการทดลองโดยกล้วยไข่ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย1-MCP-MBs (2500ppb) มีคะแนนการเกิดจุดสีน้ำตาลสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆโดยเฉพาะอย่างยิ่งของกล้วยไข่ในชุดควบคุม และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## วิจารณ์ผล

การสุกของกล้วยภายหลังการเก็บเกี่ยวทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระและทางเคมีหลายอย่าง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดคือ การผลิตเอทิลีน อัตราการหายใจ เกิดการเปลี่ยนแปลงสี การสังเคราะห์น้ำตาล และการเกิดจุดสีน้ำตาล (จริงแท้, 2549) การสุกของผลไม้เกิดขึ้นอย่างชัดเจนในผลไม้ประเภท climacteric เช่นกล้วย โดยผลกล้วยจะมีอัตราการหายใจสูงระหว่างพัฒนาการของผลในช่วงก่อนการสุก แล้วจะค่อยๆ ลดลงเมื่อผลมีอายุมากขึ้น ในขณะที่การผลิตเอทิลีน

ต่ำมาก แต่เมื่อผลเริ่มสุกจะมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นก่อนการเพิ่มขึ้นของการหายใจ และการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เนื่องจากความเข้มข้นของเอทีลีนที่เพิ่มขึ้นภายในผลจะเป็นตัวชักนำให้เกิด climacteric rise ของกระบวนการหายใจและการหายใจจะเพิ่มขึ้นพร้อมการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อต่างๆ จากทดลอง พบว่ากล้วยไข่ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย1-MCP-MBs (2500)ppb สามารถลดอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนได้ มีรายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเอทิลีนที่มีผลต่อการกระตุ้นการหายใจในผลไม้หลายชนิด เช่น ในสตอร์เบอรี่ (Wills และ Ku, 1999) และกล้วย (Golding และคณะ, 1998) เนื่องจาก1-MCP มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทิลีน เช่น ACC Oxidase, ACC synthase เป็นต้น (Dong และคณะ, 2001) เช่นเดียวกับรายงานของ Ranjith และคณะ (2013) รายงานว่าการใช้ 1-MCP-MBs สามารถชะลอการเพิ่มสูงขึ้นของอัตราการผลิตเอทิลีนได้ดีกว่าการการรมด้วย 1-MCP ในกล้วยหอมทอง การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกกล้วย เกิดจากการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ (chlorophylls) และการพัฒนาของคาโรทีนอยด์ (carotenoides) โดยมีรายงานว่า ethylene เป็นฮอร์โมนพืชที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของ Chromoplastกล่าวคือ ethylene ทำให้เกิดการสลายตัวของ cholophyll และการสังเคราะห์สารสีอื่นๆ ในผลไม้และใบไม้ ในปี 1980 Abeles F.B โดยจากการทดลองพบว่า 1-MCP-MBs (2500ppb) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสี และการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ของเปลือกกล้วยไข่เนื่องจาก 1-MCP-MBs สามารถเข้าทำการจับกับตัวรับของเอทิลีน (ethylene recepter) ซึ่งทำให้มีผลในการจำกัด และขัดขวางการทำงานของเอทิลีนได้ (Rohm and Hass Co.Ltd, 1999) โดยปกติแล้วระหว่างการสุกของกล้วย อาหารสะสมในรูปของแป้งจะถูกย่อยสลายไปอยู่ในรูปของน้ำตาลอย่างรวดเร็วหรืออยู่ในรูปของของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Areas และ Lajolo, 1980; Garcia และ Lajolo, 1988) จากนั้นเมื่อกล้วยไข่อยู่ในระยะการสุกสมบูรณ์และมีการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีเหลือง จะปรากฏการเกิดจุดสีน้ำตาลบนผิวเปลือกของกล้วยไข่ และของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยกล้วยไข่ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย1-MCP-MBs 2500ppb เกิดช้ากว่าชุดการทดลองอื่นๆ โดยเฉพาะชุดควบคุม เนื่องจาก1-MCP-MBsสามารถชะลอกระบวนการสุกของกล้วยไข่ได้

## สรุปผล

กล้วยไข่ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย1-MCP-MBs ความเข้มข้น 2500 ppb สามารถลดอัตราการหายใจและลดอัตราการผลิตเอทิลีน อีกทั้งยังสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อผลและการเกิดจุดสีน้ำตาลบนเปลือกผล ในขณะที่การใช้ 1-MCP-MBs ความเข้มข้น 750 ppb ให้ผลไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า 1-MCP-MBs สามารถชะลอการสุกและการเสื่อมคุณภาพของกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยวได้

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำการทดลอง ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวสำหรับเงินทุนในการทำการวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

Ku, v.v.v., Wills, RB.H. and Ben-Yehosua, S., 1999, 1-methylcycopopane Can Differentially after the Postharvest Life of Strawberries Exposed to Ethylene, HortScience, 34: 119-120.

Serek, M., Sisler, E.C. and Reid, M.S., 1994, Novel Gaseous Ethylene Binding Inhibitor Prevents Ethylene Effects in Potted Flowering Plants, Journal of the American Society for Horticultural Science, 119: 1230-1233.

Golding, J.B., Shearer, D., Wyllie, G. and Mcglasson, W.B., 1998, Applications of 1–methylcyclopropene and Propylene to Identify Ethylene-dependent Ripening Process in Mature Banana Fruit, Postharvest Biology and Technology, 14: 87-98.

Fan, X. and Mettheis, J.P., 2000, Yellowing of Broccoli in Storage is Reduced by 1-methylcycopopane, HortScience, 35: 885-887.

Feng, X., Apelbaum, A., Sisler, E.C. and Goren, R., 2000, Control of Ethylene Responses in Avocado Fruit with 1-methylcycopopane, Postharvest Biology and Technology, 20: 143-150.

Pongprasert, N. and Srilaong, V., 2014, A Novel Technique Using 1-MCP Microbubbles for Delaying Postharvest Ripening of Banana Fruit, Postharvest Biology and Technology, 95: 42–45.

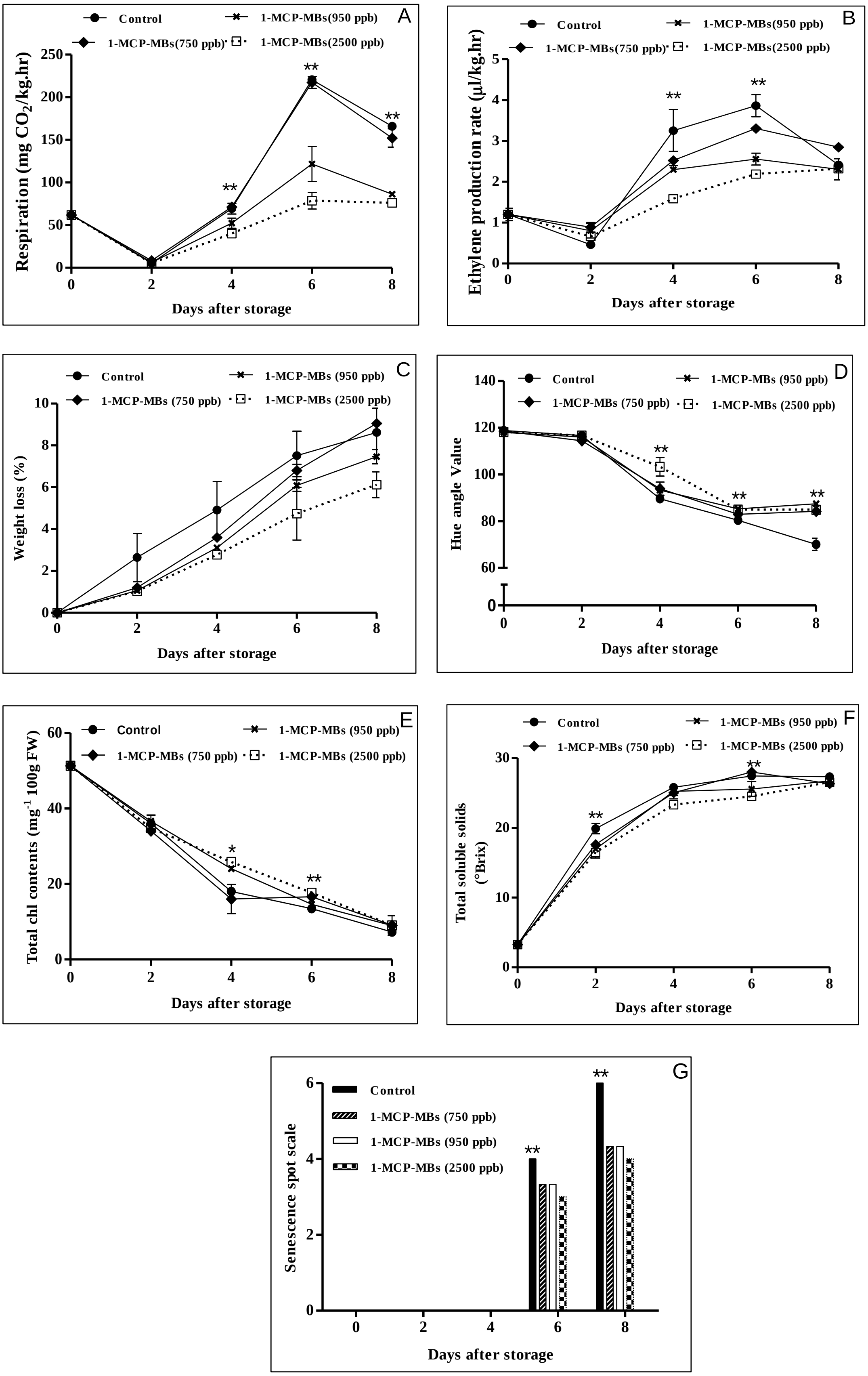



Figure 1 Change in respiration rate (mg $Co_2$ kg.hr) (A), ethylene production (μL $C_2H_4$ kg.hr) (B), weight loss (%)(C), hue angle value (D), total chl contents ($mg^{-1}$ 100g FW) (E), total soluble solids (°Brix) (F), senescence spot scale (G) of 'Khai' bananas weresprayed with 1-MCP-MBsat concentration of750 950 and 2,500 ppb .The control was the fruit without sprayed with 1-MCP-MBs then stored at 25 °C for 8 days.

# การเจริญเป็นต้นใหม่ของ *Aristolochia ringens* Vahl โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

## Regeneration of *Aristolochia ringens* Vahl by Tissue Culture

**อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม[1] ฐิรญากานต์ เดชแทน[1] ชุติมา แซ่เฮ้ง[1] บุษราคำ ลิ้มเจริญเงิน[1] และ ทัศนารถ กระจ่างวุฒิ[2]**

Poeaim, A.[1], Dechtan, T.[1], Saeheng, C.[1], Limchalearngern, B.[1] and Krajangvuthi, T.[2]

### Abstract

Node culture of *Aristolochia ringens* Vahl was performed on solid MS medium (Murashige and Skoog 1962) treated with different concentrations of 0.5, 1, 3 and 5 mg/L BA (6-benzylaminopurine) 30 g/L sucrose and 2.6 g/L phytagel for 60 days. Results showed that the MS with 1 mg/L BA was the best to induce average multiple shoots. Root generation, was monitored on MS medium supplemented with 0.5, 1, 3 and 5 mg/L BA (Indole-3-butyric acid) in the light condition for 60 days. Results showed that 3 mg/L BA induced the greatest number of roots and the complete plantlets were then transferred to the sterile soil into pots.

**Keywords:** *Aristolochia*, tissue culture

### บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากส่วนข้อของไก่ฟ้าพญาลอ (*Aristolochia ringens* Vahl) ในอาหารแข็งสูตร MS (Murashige and Skoog 1962) ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 0.5, 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และไฟตาเจล 2.6 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลาเวลา 60 วัน พบว่าในอาหารสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุด ในการชักนำให้เกิดจำนวนยอดเฉลี่ยมากที่สุด จากนั้นนำต้นมาชักนำให้เกิดราก ในอาหารแข็ง สูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต IBA (Indole-3-butyric acid) ความเข้มข้น 0.5, 1, 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และไฟตาเจล 2.6 กรัมต่อลิตร ในสภาวะที่มีแสง เป็นระยะเวลาเวลา 60 วัน พบว่าในอาหารที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต IBA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุด ในการชักนำให้เกิดจำนวนรากเฉลี่ยมากที่สุด นำต้นที่มียอดและรากที่สมบูรณ์ย้ายออกปลูกในกระถางที่มีดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

**คำสำคัญ**: *Aristolochia* การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

### คำนำ

ไก่ฟ้าพญาลอ *Aristolochia* เป็นพืชอยู่ในวงศ์ Aristolochiaceae ประกอบด้วยสายพันธุ์ประมาณ 500 สายพันธุ์ ซึ่งจะพบในเขตร้อน และบางสายพันธุ์จะอยู่ในบริเวณใกล้เขตร้อน หรือบริเวณที่มีอากาศค่อนข้างร้อน (Kelly และ Gonzalez, 2003) และพบประมาณ 90 สายพันธุ์ในเขตอุณหภูมิปกติของประเทศบราซิล (Leitao และ Kaplan, 1992) ไก่ฟ้าพญาลอ มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Aristolochia ringens* Vahl มีชื่อทั่วไปเรียกว่า เถากระเช้าสีดา ไก่ฟ้า มีลักษณะเป็นไม้เถาเลื้อย นำมาปลูกเป็นไม้ประดับในประเทศเขตร้อน สามารถขึ้นได้ดีทุกพื้นที่ ออกดอกตลอดปี นิยมนำมาปลูกเป็นไม้ประดับและปลูกเป็นอาหารสำหรับตัวอ่อนของผีเสื้อ (วีระชัย, 2538) ส่วนรากของ *Aristolochia* แต่ละสายพันธุ์ มักนำมาใช้เป็นยาสมุนไพร และมีการศึกษาในระดับโมเลกุลถึงผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ความรุนแรงของสารพิษที่สร้างขึ้นจากสายพันธุ์นี้ นำมาประยุกต์ใช้อย่างจำเพาะ เช่น เป็นเซรุ่มแก้พิษงู ต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ต้านการปฏิสนธิ เป็นพิษต่อเซลล์ของร่างกาย ต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ หรือโปรโตซัว และเป็นสารฆ่าแมลง (Nascimento และคณะ, 2004) เนื่องจากเป็นพืชที่มีสรรพคุณทางยา การต้านทานแมลง การฆ่าแมลง การต้านทานแบคทีเรีย และการต้านทานไวรัส (Wu และคณะ, 2004) สารทุติยภูมิในพืชกลุ่มนี้ ได้แก่ aristolochic acid, aristolactams, benzylisoquinoline, alkaloids, monoterpene, diterpene และ triterpene (Leitao และ Kaplan, 1992; Wu และคณะ, 2004) สารในกลุ่ม sesquiterpene ประมาณ 24

---

[1] **ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังกรุงเทพ 10520.**

[1] Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520.

[2] **พระตำหนักสวนปทุม ปทุมธานี 12000**

[2] Phra Tamnak Suan Pathum, Pathumthani 12000.

ชนิด ได้มีการศึกษา และอธิบายเอาไว้อย่างมาก โดยหลักแล้วจะประกอบไปด้วย cadinanes aristolanes germacrenes และ bicyclogermacrenes (Wu และคณะ, 2004)

จากประโยชน์ที่กล่าวมาข้างต้นคณะ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อให้ได้ปริมาณมาก และเพื่อใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ และการอนุรักษ์พันธุกรรมต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การชักนำให้เกิดยอดจากส่วนข้อ**

ตัดส่วนของต้นไก่ฟ้าพญาลอ (*Aristolochia ringens* Vahl) นำมาตัดแยกเป็นชิ้นส่วนลำต้น และข้อ จากนั้นล้างด้วยน้ำไหลผ่าน นำมาฟอกฆ่าเชื้อในสารละลายคลอร็อกซ์ที่ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับทวีน-20 เขย่าเป็นเวลา 20 นาที ล้างชิ้นส่วนข้อด้วยน้ำที่ปราศจากเชื้อ 4 ครั้ง จากนั้น นำส่วนข้อไปเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 0.5 1 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และไฟตาเจล 2.6 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในสภาพที่มีแสงสว่างอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาเวลา 60 วัน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 30 และ 60 วัน โดยการนับจำนวนยอด นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 20 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดใหม่ และจำนวนยอดเฉลี่ยต่อต้น

**การชักนำให้เกิดราก**

นำยอดที่สมบูรณ์ ย้ายมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต IBA ความเข้มข้น 0.5 1 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และไฟตาเจล 2.6 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงในสภาพที่มีแสงสว่างอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาเวลา 60 วัน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต เป็นเวลา 30 และ 60 วัน โดยการนับจำนวนการเกิดราก และคำนวนเปอร์เซ็นต์การเกิดราก และจำนวนรากเฉลี่ยต่อต้น

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเพาะเลี้ยงส่วนข้อของต้นไก่ฟ้าพญาลอในอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 1 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทุกสูตรอาหารสามารถชักนำให้เกิดเป็นยอดใหม่จากบริเวณข้อ และนำค่าการเกิดเป็นยอด มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า BA ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดต่อต้นได้สูงที่สุด 3.73 ยอดต่อต้น เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 60 วัน (Table 1, Figure 1 และ Figure 2) ส่วนการชักนำให้เกิดรากจากส่วนของต้นในอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต IBA ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 1 3 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าในอาหารที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต IBA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสูตรอาหารที่ดีที่สุด สามารถชักนำให้เกิดจำนวนรากเฉลี่ยมากที่สุด 3.4 รากต่อต้น (Table 2, Figure 3 และ Figure 4 A-C) และสามารถชักนำให้เป็นต้นที่สมบูรณ์ (Figure 4 D) และสามารถย้ายปลูกในดินได้สำเร็จ (Figure 4 E)

**Table1** Effect of MS media supplemented with 0.5, 1, 3 and 5 mg/l BA for shoot regeneration on node explant of *Aristolochia ringens* Vahl on 30 and 60 days

| Concentration of BA mg/l | Number of node | Number of shoot formation | % of shoot formation | Shoot per explant | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 30 days | 60 days |
| 0.5 | 15 | 14 | 93.33 | $1.13^{b}$ | $2.47^{b}$ |
| 1 | 15 | 15 | 100.00 | $1.8^{a}$ | $3.73^{a}$ |
| 3 | 15 | 13 | 86.67 | $1.2^{ab}$ | $2.27^{bc}$ |
| 5 | 15 | 10 | 66.67 | $0.73^{b}$ | $1.20^{c}$ |

Means indicated by the same letter (a and b ) within a column are not significantly different at (P<0.05) level by DMRT

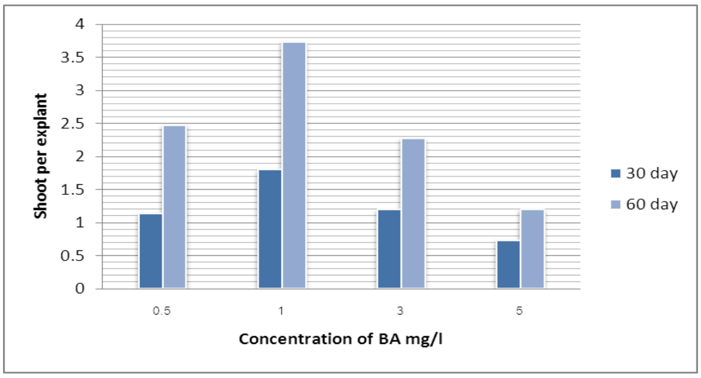



**Figure1** Effect of MS media supplemented with 0.5, 1, 3 and 5 mg/l BA for shoot regeneration on node explant of *Aristolochia ringens* Vahl on 30 and 60 days.

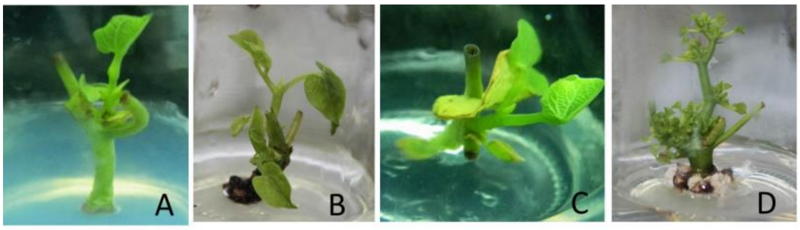



**Figure 2** Effect of MS media supplemented with 0.5, 1, 3 and 5 mg/l BA for shoot regeneration on node explant of *Aristolochia ringens* Vahl on 30 days ( A, B) and 60 (C, D) days

**Table 2** Effect of MS media supplemented with 0.5, 1, 3 and 5 mg/l IBA for root regeneration from stem explant of *Aristolochia ringens* Vahl on 30 and 60 days

| Concentration of IBA mg/l | Number of stem explant | Number of root formation | % of root formation | Root per explant | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 30 days | 60 days |
| 0.5 | 15 | 10 | 66.67 | 1.27 | 1.40 |
| 1 | 15 | 5 | 33.33 | 1.47 | 2 |
| 3 | 15 | 10 | 66.67 | 2.87 | 3.4 |
| 5 | 15 | 3 | 20 | 1.67 | 1.67 |

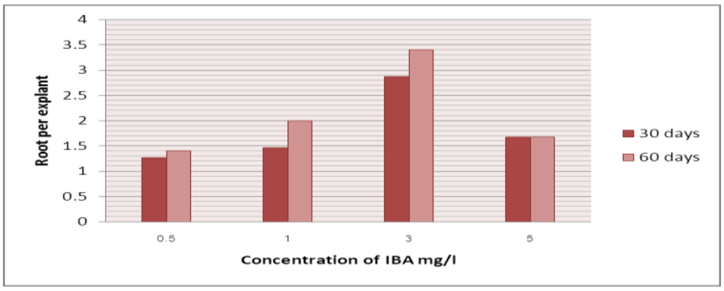



**Figure 3** Effect of MS media supplemented with 0.5, 1, 3 and 5 mg/l IBA for root regeneration from stem explant of *Aristolochia ringens* Vahl on 30 and 60 days

**Figure 4** Characteristic of roots regeneration from stem explant after transferring to regeneration roots media for 2 weeks (A,B), Shoot and root regeneration of shoot on MS medium supplemented with 3 mg/l BAP and 2.6 g/l phytagel for 4 weeks (C) and 6 weeks (D), Plantlets of were transferred into the plastic pots (E)

## สรุปผล

จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากส่วนข้อของไก่ฟ้าพญาลอ พบว่าในอาหารสูตร MS ในระยะเวลา 30 และ 60 วัน ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุด ในการชักนำให้เกิดจำนวนยอดเฉลี่ยมากที่สุด 3.73 ยอดต่อต้น ส่วนการชักนำให้เกิดราก ในอาหารแข็ง สูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต IBA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุด ในการชักนำให้เกิดจำนวนรากเฉลี่ยมากที่สุด 3.4 รากต่อต้น และสามารถชักนำให้เป็นต้นที่สมบูรณ์ พร้อมย้ายปลูกลงดินได้สำเร็จ ในการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการขยายพันธุ์ การปรับปรุงพันธุ์ และการอนุรักษ์พันธุกรรมของไก่ฟ้าพญาลอได้เป็นผลสำเร็จ

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณประจำปี 2558 จากคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## เอกสารอ้างอิง

วีระชัย ณ นคร, 2538, พรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ เล่ม 2, สำนักพิมพ์โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ.

Kelly, L.M. and González, F., 2003, Phylogenetic Relationships in Aristolochiaceae, Systematic Botany, 28: 236-249.

Leitao, G.G. and Kaplan, M.A.C., 1992, Quı´mica do geˆnero *Aristolochia*, Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, 73: 65-75.

Murashige, T. and Skoog, F., 1962, A Revised Medium for Rapid Growth and Bio-assays with Tobacco Tissue Cultures, Plant Physiology, 15: 473-497.

Nascimento, I.R., Murata, A.T., Bortoli, S.A. and Lopes, L.M., 2004, Insecticidal Activity of Chemical Constituents from *Aristolochia pubescens* against *Anticarsia gemmatalis* Larvae, Pest Management Science, 60: 413-416.

Wu, T.S., Damu, A.G., Su, C.R. and Kuo, P.C., 2004, Terpenoids of *Aristolochia* and their Biological Activities, Natural Product Reports, 21: 594-624.

# การชักนำดอกแก้วมังกรนอกฤดูด้วยสาร CPPU

# Off-season Floral Induction in Dragon Fruit (*Hylocereus* sp.) by CPPU

รวี เสรฐภักดี[1] เพลินใจ ทองล้วน[1] ธีร์ หะวานนท์[1] ศุภธิดา อับดุลลากาซิม[1] และ ภาสันต์ ศารทูลทัต[1]

Sethpakdee, R.[1], Thongluan, P.[1], Havananda, T.[1], Abdullakasim, S.[1] and Saradhuldhat, P.[1]

## Abstract

In Thailand, dragon fruit plants do not naturally flower during November – February due to their long day flowering habit. This research showed off-season flower induction in dragon fruit by forchlorfenuron (CPPU) application conducted in Saraburi (14.8004 N, 101.3470 E) during January (11.16 h photoperiod). Dark green mature stems of white flesh cultivar were selected, and then spines covering the swollen buds were gently removed. The buds were brushed with CPPU at 0, 2000, 3000 or 4000 ppm. A week after CPPU-buds began to grow and flowering rates were 50.0, 61.8 and 55.9% for CPPU at 2000, 3000 and 4000 ppm, respectively. Untreated buds (control) did not flower. Flower widths at 10 days after the applications were 4.3 to 5.4 mm and at 3 weeks were 6.6, 9.8 and 8.1 mm for CPPU-buds which were 30.5 mm long. These results indicate that CPPU (3,000-4,000 ppm) applied on mature buds can potentially induce off-season flowering in dragon fruit plants.

**Keywords:** forchlofenuron, long day plant, plant regulator, pitaya

## บทคัดย่อ

แก้วมังกรเป็นพืชวันยาว ไม่พบการออกดอกตามธรรมชาติช่วงพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ในประเทศไทย งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นผลของสารควบคุมพืช forchlorfenuron (CPPU) ต่อการชักนำตาดอกในช่วงนอกฤดู (มกราคม) ซึ่งเป็นสภาพวันสั้น (11.16 ชม.แสง) ในแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวที่ปลูกใน จ.สระบุรี (14.8004 N, 101.3470 E) โดยเลือกกิ่งแก่สีเขียวเข้มมีตุ่มหนามนูนสม่ำเสมอ ปลิดหนามเหนือตาออก ใช้พู่กันป้ายตาด้วย CPPU เข้มข้น 0 (ควบคุม), 2000, 3000 หรือ 4000 ppm ติดตามการพัฒนาตาดอก พบว่าตาที่ได้รับ CPPU 2000, 3000 และ 4000 ppm พัฒนาเป็นตุ่มดอกได้ 50, 62 และ 56% ของจำนวนตาที่ได้รับสาร ในขณะที่ตาที่ไม่ได้รับสารไม่มีการพัฒนา ที่ระยะ 10 วันหลังได้รับสาร ดอกที่พัฒนามีขนาดความกว้าง 4.3-5.4 mm จากนั้นขนาดดอกค่อยๆ เพิ่มขึ้น และมีขนาดเป็น 6.6, 9.8 และ 8.1 mm ตามลำดับ และมีความยาวดอก 30.5 mm ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่า CPPU ความเข้มข้นประมาณ 3000-4000 ppm สามารถชักนำตาดอกแก้วมังกรให้พัฒนาในช่วงนอกฤดูได้

**คำสำคัญ:** พืชวันยาว สารควบคุมพืช ฟอคลอเฟนูรอน พิทายา

## คำนำ

แก้วมังกรเป็นไม้ผลที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยที่ปัจจุบันกำลังมีความสำคัญมากขึ้นตามความต้องการของตลาด เนื่องจากแก้วมังกรเป็นพืชวันยาว (Zee และคณะ, 2004) ในสภาพแวดล้อมของไทยจึงสามารถออกดอกตามธรรมชาติได้ระหว่างเดือนมีนาคมถึงตุลาคม และไม่ออกดอกในสภาพวันสั้นระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ในขณะที่ในเขตกึ่งร้อนของอิสราเอลแก้วมังกรสามารถออกดอกเพียง 3-6 เดือนต่อปี (Khaimov และ Mizrahi, 2006) จึงได้มีความพยายามวิจัยเพื่อหาวิธีการชักนำดอกและผลิตแก้วมังกรนอกฤดูกาลในหลายๆ ประเทศ

การให้แสงสว่างเพิ่มในเวลากลางคืนหรือการให้แสงสว่างคั่นช่วงเวลากลางคืน (night break) ในสภาพวันสั้นสามารถช่วยชักนำการออกดอกของแก้วมังกรนอกฤดูกาลได้ (Saradhuldhat และคณะ, 2009; Jiang และคณะ, 2012; นริสา, 2553) พบว่าชนิดของหลอดไฟและความเข้มแสงมีผลต่อการออกดอก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหลอดไส้ (incandescent bulb) มีประสิทธิภาพดีกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ แต่ก็สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากกว่าหลายเท่าตัว ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[1] Tropical Fruit Research and Development Center, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakon Pathom 73140

มากและไม่สะดวกใช้งานในบริเวณที่ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง การใช้สารเคมีควบคุมการเจริญเติบโตพืชจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีการศึกษาวิจัยกันอย่างมาก

สารควบคุมการเติบโตพืชหลายชนิดทั้งในกลุ่มส่งเสริมและชะลอการเติบโตพืชได้ถูกนำมาทดสอบใช้กับแก้วมังกร สาร paclobutrazol, ethephon, gibberellic acids, benzyladenine, hydrogen cyanamide ไม่สามารถชักนำดอกนอกฤดูได้ (Khaimov และคณะ, 2006; นริสา, 2553) ในขณะที่ CPPU ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์กลุ่มไซโตไคนินมีแนวโน้มว่าสามารถช่วยชักนำการออกนอกฤดูได้บ้างเมื่อฉีดพ่นไปบนต้นแก้วมังกร (Khaimov และ Mizrahi, 2006) วิธีการใช้และความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาเพื่อหาคำตอบ

การวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลของสาร CPPU และระดับความเข้มข้นที่มีต่อการชักนำการเกิดดอกนอกฤดู ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาการผลิตแก้วมังกรนอกฤดูต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองที่สวนแก้วมังกรใน อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี (14.8004 N, 101.3470 E) ในช่วงต้นเดือนมกราคม 2558 ซึ่งมีช่วงแสง 11.16 ชั่วโมงต่อวัน เลือกต้นแก้วมังกร (*Hylocereus* sp.) พันธุ์เนื้อขาวที่ขึ้นบนเสาซีเมนต์สูง 1.8 เมตร เลือกกิ่งมีอายุมากกว่าสี่เดือนขึ้นไปและมีสีเขียวเข้ม เลือกตุ่มหนามที่อยู่บนสันมีลักษณะบวมเล็กน้อยและหันออกด้านนอกทรงพุ่ม ใช้ปลายนิ้วดันปลิดหนามที่ปิดทับตาออกอย่างระมัดระวัง ป้ายตาใต้หนามที่มีสีเหลืองเขียวด้วยพู่กันจุ่มสารละลาย CPPU เข้มข้น 0, 2000, 3000 หรือ 4000 ppm จากนั้นติดตามการเกิดตาดอกและการพัฒนาของดอกแก้วมังกร ทำการทดลองทรีทเมนต์ละ 35 ตา

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การออกดอกตามธรรมชาติของแก้วมังกรในประเทศไทยสอดคล้องกับรายงานในต่างประเทศที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร (Zee และคณะ, 2004) ที่สามารถออกดอกตามธรรมชาติได้เฉพาะในช่วงฤดูร้อน หรือสำหรับในประเทศไทยเป็นช่วงเดือนมีนาคมถึงตุลาคม (ช่วงฤดูร้อนและฝน) ซึ่งเป็นช่วงที่มีสภาพวันยาวมากกว่าช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ เป็นการยืนยันได้ว่าแก้วมังกรเป็นพืชวันยาว (long day plants) จึงไม่ออกดอกในสภาพวันสั้น (Jiang และคณะ, 2012) เช่นเดียวกับต้นแก้วมังกรพันธุ์เนื้อสีขาวในการทดลองนี้ที่มีช่วงเวลารับแสงประมาณ 11 ชั่วโมง 16 นาที ไม่สามารถออกดอกตามธรรมชาติได้ (Table 1) แม้ว่าช่วงแสง (photoperiod) ของไทยมีความแตกต่างระหว่างฤดูกาลในรอบปีไม่มากนัก แต่กลับสามารถควบคุมการออกดอกได้อย่างชัดเจน

ในการทดลองนี้เลือกใช้ตาที่อยู่ในตำแหน่งหันออกทางด้านนอกหรือด้านบนของทรงพุ่มจากกิ่งแก่สีเขียวเข้มที่โค้งห้อยลง ซึ่งคาดว่ามีอายุกิ่งมากกว่าสี่เดือน และเป็นกิ่งที่มีความสมบูรณ์มากพร้อมชักนำให้ตาดอกพัฒนาไปเป็นดอกได้ ตาที่อยู่ใต้หนามเมื่อได้รับสาร CPPU เข้มข้น 2000-4000 ppm หลังจากปลิดหนามออกแล้วมีการพัฒนาขึ้นมาเป็นตุ่มดอกอย่างชัดเจนภายใน 5 วัน โดยมีการเกิดดอกระหว่าง 50-62% ของจำนวนตาที่ได้รับสาร (Table 1 และ Figure 1A) ในขณะที่ตาที่ไม่ได้ป้ายด้วย CPPU ไม่มีการพัฒนาเป็นดอกเลย นอกจากนี้ยังมีตาอีกจำนวนหนึ่งที่ถูกชักนำขึ้นมาเป็นกิ่ง (Figure 1 B) แสดงให้เห็นว่าความสมบูรณ์ของตาใต้หนามและกิ่งนี้อาจมีบทบาทสำคัญต่อการกำหนดชนิดและพัฒนาการของตาว่าจะเจริญไปเป็นดอก (reproductive buds) หรือกิ่ง (vegetative buds) ต่อไปหลังจากถูกชักนำด้วย CPPU

ความเข้มข้นของ CPPU ที่ใช้ในการทดลองนี้มีผลต่อการชักนำดอกต่างกันเล็กน้อย ที่ความเข้มข้น 2000, 3000 และ 4000 ppm พบว่าแก้วมังกรมีการออกดอกได้ 50, 62 และ 56% ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งเห็นได้ว่าความเข้มข้นสารที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 3000-4000 ppm ซึ่งทำให้มีการออกดอกได้เกิน 50% การใช้ในระดับความเข้มข้นที่ต่ำหรือสูงเกินไปอาจไม่ได้ผลและเกิดความสิ้นเปลืองเกินความจำเป็น (ชวิศร์, 2550) นอกจากนั้นยังช่วยทำให้ดอกมีขนาดใหญ่สมบูรณ์ด้วย อย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้ระดับความเข้มข้นที่ใช้และได้ผลดียังต่างกันถึง 1000 ppm จึงอาจมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อหาระดับความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพดีและประหยัดด้วย

การพัฒนาตาดอกแก้วมังกรตามธรรมชาติเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาได้รับแสง เมื่อแก้วมังกรได้รับแสงยาวนานกว่าช่วงแสงวิกฤต (critical day length) ตาดอกจะถูกกระตุ้นให้มีการพัฒนาไปเป็นดอก (Saradhuldhat และคณะ, 2009) โดยพบว่าการพัฒนานี้สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ trans-zeatin ซึ่งเป็นไซโตไคนินในพืช (Khaimov และคณะ, 2012) จึงเป็นไปได้ว่าสภาพวันยาว (หรือกลางคืนสั้น) เป็นสภาพแวดล้อมภายนอกที่ไปกระตุ้นให้เกิดการสร้างไซโตไคนินภายในพืชทำให้ตาที่พักตัวอยู่เข้าสู่กระบวนการพัฒนาเป็นดอกต่อไปได้ แก้วมังกรต่างสายพันธุ์กันมีความไวต่อช่วงเวลาได้รับแสงแตกต่างกัน

(Tran และคณะ, 2015) กลุ่มพันธุ์เนื้อสีแดง (*Hylocereus* spp.) สามารถออกดอกได้ง่าย หรือไวต่อช่วงเวลาได้รับแสงน้อยกว่ากลุ่มพันธุ์เนื้อสีขาว (*Hylocereus undatus*) จึงสามารถให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปีเมื่อปลูกในเขตประเทศมาเลเซีย (Then และคณะ, 2014) ซึ่งมีความแตกต่างของช่วงเวลาได้รับแสงในรอบปีน้อยกว่าบริเวณที่อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรออกไป เช่น ประเทศไทย เวียดนาม หรือ ไต้หวัน

ตาดอกแก้วมังกรมีการพัฒนาไปเป็นดอกหลังจากถูกกระตุ้นด้วยสาร CPPU จากการทดลองพบว่าหลังป้ายสารบนตาใต้หนามแล้วประมาณ 5 วัน ตามีลักษณะบวมนูนมีขนาดประมาณ 2-4 มิลลิเมตร (Figure 1A) จากนั้นเริ่มมีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนเห็นชั้นกลีบเลี้ยงและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ความยาวดอกประมาณ 3.5 เซนติเมตร ในวันที่ 21 หลังได้รับสาร การพัฒนาของดอกในช่วงนี้เป็นไปอย่างช้าๆ มากกว่าการพัฒนาดอกในช่วงฤดูร้อน อาจเนื่องจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำของฤดูหนาวเช่นเดียวกับที่ Tran และคณะ (2015) ได้รายงานไว้ก่อนหน้าว่าผลแก้วมังกรนอกฤดูมีช่วงเวลาพัฒนาผลยาวนานกว่าผลในฤดูกาลปกติ แต่ทำได้ผลมีขนาดและคุณภาพดีกว่าการผลิตในฤดู

นอกจากนั้นแปลงปลูกแก้วมังกรในการทดลองนี้ไม่มีระบบให้น้ำที่เพียงพอในช่วงฤดูหนาว ต้นส่วนใหญ่จึงอยู่ในสภาพมีการเจริญเติบโตน้อยมาก จึงทำให้ดอกที่กำลังบานหรือผลที่เพิ่งติดผลร่วงทั้งหมด ไม่สามารถพัฒนาต่อไปได้ ซึ่งกระบวนการพัฒนาผลของแก้วมังกรจำเป็นต้องมีน้ำเพียงพอเพื่อให้ผลสามารถเพิ่มขนาดและมีคุณภาพที่ดี การจัดการน้ำให้เพียงพอหลังติดผลสำหรับการผลิตแก้วมังกรนอกฤดูจึงอาจเป็นอีกอุปสรรคหนึ่งนอกเหนือจากการชักนำให้ตาดอกพัฒนาไปเป็นดอกที่สมบูรณ์

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าการใช้สาร CPPU ป้ายตาที่อยู่ใต้หนามบนกิ่งแก่ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ให้ผลได้ดีนอกเหนือจากการชักนำให้แก้วมังกรออกดอกนอกฤดูด้วยการให้แสงสว่างเพิ่มในเวลากลางคืน ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการผลิตแก้วมังกรเนื่องเป็นช่วงที่มีความต้องการมาก (Mizrahi และคณะ, 1997) เกษตรกรสามารถขายได้ราคาสูงกว่าในฤดูกาลผลิตปกติ การวิจัยเพิ่มเติมควรศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม การเลือกตาที่รวดเร็วและแม่นยำเพื่อให้ได้ตาที่พร้อมพัฒนาเป็นดอกมากยิ่งขึ้น

## สรุปผล

จากการทดลองใช้สาร CPPU เข้มข้น 0-4,000 ppm เพื่อชักนำดอกแก้วมังกรนอกฤดูพบว่าสามารถทำให้ตาดอกพัฒนาขึ้นเป็นดอกได้ภายใน 5 วันหลังป้ายสาร โดยระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3,000-4,000 ppm สามารถชักนำให้เกิดดอกได้มากกว่า 50%

## เอกสารอ้างอิง

ชวิศร์ สวัสดิสาร, 2550, อิทธิพลของความเข้มแสง ช่วงแสง ไซโตไคนิน จิบเบอเรลลิน และเอทิลีนที่มีผลต่อการออกดอกในการผลิตแก้วมังกรนอกฤดู, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทสาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นริสา สอนศาสตร์, 2553, อิทธิพลของความเข้มแสงและไฮโดรเจนไซยานาไมด์ที่มีผลต่อการออกดอกในการผลิตแก้วมังกรชนิดเวียดนามและชนิดไต้หวันนอกฤดู, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทสาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Jiang, Y.L., Liao, Y.Y., Lin, T.S., Lee, C.L., Yen, C.R. and Yang, W.J., 2012, The Photoperiod – Regulated Bud Formation of Red Pitaya (*Hylocereus* sp.), HortScience, 47(8): 1063-1067.

Khaimov, A. and Mizrahi, Y., 2006, Effects of Day-length, Radiation, Flower Thinning and Growth Regulators on Flowering of the Vine Cacti *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus*, Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 81: 465-470.

Khaimov, A., Novak, O., Strnad, M. and Mizrahi, Y., 2012, The Role of Endogenous Cytokinins and Environmental Factors in Flowering in the Vine Cactus *Hylocereus undatus*, Isreal Journal of Plant Science, 60(3): 371-383.

Mizrahi, Y., Nerd, A. and Nobel, P.S., 1997, Cacti as Crops, Horticultural Reviews, 18: 291-391.

Saradhuldhat, P., Kaewsongsang, K. and Suvittawat, K., 2009, Induced Off-season Flowering by Supplemented Fluorescent Light in Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*), International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences, 15(1): 231-238.

Tran D.H., Yen, C.R. and Chen, Y.H., 2015, Flowering Response of a Red Pitaya Germplasm Collection to
852 Light Addition, International Scholar and Science Research & Innovation, 9(2): 175-179.

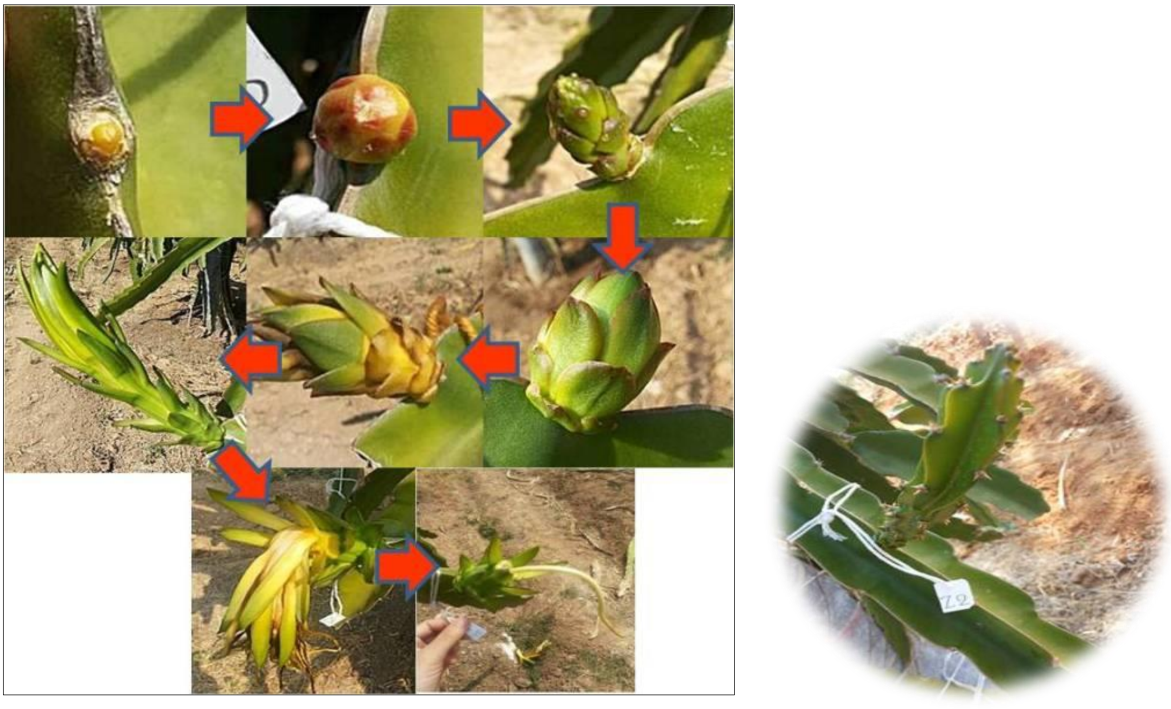
Zee, F., Yen, C.R. and Nishina, M., 2004, Pitaya (Dragon Fruit, Strawberry Pear) in Fruits and Nuts, 9: 1-3.

**Table 1** Flowering percentage of the dragon fruit at five days after the CPPU applications (n=17)

| CPPU (ppm) | % Flowering |
|---|---|
| 0 (control) | 0.0 |
| 2,000 | 50.0 |
| 3,000 | 61.8 |
| 4,000 | 55.9 |

**Table 2 Flower size of the dragon fruit at 11 and 21 days after the CPPU treatments (DAT)**

| CPPU (ppm) | Flower diameter (cm) | | Flower length (cm) |
|---|---|---|---|
| | 11 DAT | 21 DAT | 21 DAT |
| 0 (control) | - | - | - |
| 2,000 | 0.43 | 0.66 | 3.76 |
| 3,000 | 0.54 | 0.98 | 3.50 |
| 4,000 | 0.47 | 0.81 | 3.05 |



(A) (B)

**Figure 1** The dragon fruit buds developed into flower (A) and stem (B) after induced by CPPU.

# อิทธิพลของออกซินต่อการเกิดรากของหน่อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

# Influences of Auxins on Root Development in 'Pattavia' Pineapple Suckers

**ธนากร บุญกล่ำ**[1] **วรรณวิษา ผ่องน้อย**[1] **พิมพ์นิภา เพ็งช่าง**[2] **กัลยาณี สุวิทวัส**[2] **และ ภาสันต์ ศารทูลทัต**[1]

Boonklam, T.[1], Pongnoi, W.[1], Phengchang, P.[2], Suvittawat, K.[2] and Saradhuldhat, P.[1]

## Abstract

Adventitious root formation is an early step in pineapple sucker development and possibly associated with auxins. This experiment demonstrated how external auxins affected adventitious root formation of 'Pattavia' pineapple. Suckers (ca. 300 g) were basal dipped into water (control), NAA 5 ppm, IBA 10 ppm or NAA 5 ppm plus IBA 10 ppm prior to be placed in sand mixed with rice husk charcoal. The experimental design was in a CRD and root formation was monitored weekly. Adventitious roots occurred at the first week after planting. Control suckers yielded 10.9 roots with 0.9 g root FW which were higher than the suckers in other treatments which yielded 3.4-6.8 roots with 0.2-0.4 g root FW. Root development increased during first five weeks then stabilized with no differences in root number and weight among the treatments. The results indicated that external auxins did not promote adventitious root formation in 'Pattavia' pineapple.

**Keywords**: adventitious root, development, NAA, IBA

## บทคัดย่อ

การเกิดรากพิเศษเป็นขั้นตอนแรกในการเจริญเติบโตของหน่อสับปะรดซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับสารควบคุมพืชกลุ่มออกซิน การทดลองนี้แสดงผลของการให้ออกซินจากภายนอกต่อการเกิดรากพิเศษของหน่อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยนำหน่อ (ขนาด 300 กรัม) แช่โคนหน่อด้วยน้ำเปล่า (ควบคุม), NAA 5 ppm, IBA 10 ppm หรือ NAA 5 ppm ร่วมกับ IBA 10 ppm แล้วนำไปปลูกในทรายผสมถ่านแกลบ วางแผนการทดลองแบบ CRD ติดตามการเกิดรากพิเศษทุกสัปดาห์ จากการทดลองพบว่ามีรากพิเศษเกิดขึ้นภายในหนึ่งสัปดาห์หลังปลูก โดยหน่อควบคุมเกิดราก 10.9 ราก/หน่อ และมีน้ำหนักสดราก 0.9 กรัม ซึ่งมากกว่าหน่อในทรีทเมนต์อื่นๆ ที่มี 3.4-6.8 ราก และมีน้ำหนักสดราก 0.2-0.4 กรัม รากมีการเติบโตเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 5 แล้วเริ่มคงที่ทั้งจำนวนและน้ำหนักราก โดยมีจำนวนราก น้ำหนักสดและแห้งรากไม่แตกต่างกันระหว่างทรีทเมนต์ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าออกซินจากภายนอกไม่มีผลช่วยส่งเสริมการเกิดรากพิเศษของหน่อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

**คำสำคัญ**: รากพิเศษ การเจริญเติบโต NAA IBA

## คำนำ

การปลูกสับปะรดในประเทศไทยนิยมใช้หน่อ (sucker) เป็นวัสดุพันธุ์พืช (plant material) เนื่องจากหาได้ง่ายและสามารถชักนำดอกและเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วกว่าต้นที่ปลูกจากจุก (อภิชาติ, 2554) ความสม่ำเสมอของขนาดหน่อมีความสำคัญต่อการเติบโต การบังคับดอก การให้ผลิตและเก็บเกี่ยวที่พร้อมเพรียงกันทั้งแปลง (จินดารัฐ, 2541) การเกิดรากจากหน่อพันธุ์ที่ปลูกเป็นกระบวนแรกๆ ของการเติบโตของหน่อพันธุ์ ระบบรากพิเศษ (adventitious root system) ที่เกิดขึ้นเร็วหรือช้ามีผลโดยตรงต่อการดูดซับธาตุอาหารพืชและน้ำจากดินและการตั้งตัวได้ของพืช หน่อสับปะรดที่สร้างรากได้เร็วและมากพออาจมีการเติบโตได้เร็วถึงระยะพร้อมบังคับการออกดอกได้ก่อนต้นที่ตั้งตัวได้ช้ากว่า จึงอาจทำให้เก็บเกี่ยวได้เร็วและผลมีความสมบูรณ์

การเกิดรากของพืชเกี่ยวข้องและถูกควบคุมจากฮอร์โมนกลุ่มออกซินภายในพืชซึ่งสร้างจากปลายยอดลำต้นบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ ระดับความเข้มข้นที่ค่อนข้างสูงในยอดต้นช่วยควบคุมยับยั้งการแตกตาข้าง แต่ระดับความเข้มข้นที่

---

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[1] Tropical Fruit Research and Development Center, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakon Pathom 73140

[2] สถานีวิจัยปากช่อง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30130

[2] Pakchong Research Station, Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima 30130

ค่อยๆลดลงจนถึงโคนต้นช่วยควบคุมส่งเสริมการเกิดราก (พีรเดช, 2537) ซึ่งหลักการนี้นำมาประยุกต์กับการใช้ออกซินสังเคราะห์ในการชักนำการเกิดรากของกิ่งชำและกิ่งตอนในพืชหลายชนิด เช่น มะม่วง (สันติ, 2528) หม่อน (พรรณวิภา, 2557) ไผ่ฟิลิปปินส์ (ประเวศ, 2544) ซึ่งส่วนใหญ่มักใช้ได้ผลดีที่ระดับความเข้มข้น 1000-3000 ppm กับพืชที่มีเนื้อไม้

มีรายงานในสับปะรดที่ต้องการชักนำหน่อให้ออกรากโดยใช้ NAA เข้มข้น 250-1000 ppm (จิรนันท์, 2557) พบว่ามีผลยับยั้งการเกิดรากเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับ NAA สอดคล้องกับ ศศิภา และคณะ (2557) พบว่า NAA และ IBA ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นมีผลยับยั้งการเกิดรากพิเศษของสับปะรดที่ปลูกด้วยจุก แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมอาจต่ำกว่า 250 ppm ในการวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการชักนำการเกิดรากโดยใช้ออกซินที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่าที่มีรายงานวิจัยก่อนหน้าเพื่อชักนำการออกรากและผลต่อการพัฒนาของระบบรากของสับปะรดที่ปลูกจากหน่อ

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำหน่อ (suckers) สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ตัดมาจาก จ.ราชบุรี มาคัดให้มีขนาดใกล้เคียงกัน 320 หน่อ จากนั้นนำโคนหน่อไปจุ่มลึกประมาณ 4-5 ซม. ในสารละลาย NAA 5 ppm, IBA 10 ppm และ NAA 5 ppm ร่วมกับ IBA 10 ppm นานประมาณ 30 วินาที โดยมีน้ำเปล่าเป็นสิ่งทดลองควบคุม (control) วางหน่อสับปะรดคว่ำลงเพื่อผึ่งให้แห้งเล็กน้อย จากนั้นนำไปปลูกในกระบะที่มีทรายและถ่านแกลบในสัดส่วน 1:1 โดยปริมาตร เป็นวัสดุปลูก พรางแสง 50% ดูแลรดน้ำทุกวัน นาน 2 เดือน สุ่มเก็บตัวอย่างหน่อสับปะรดทุกสัปดาห์เพื่อบันทึกจำนวนราก น้ำหนักสดและแห้งของราก วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเกิดรากเป็นกระบวนการขั้นต้นของการเติบโตของหน่อสับปะรด จากผลการทดลองพบว่าในช่วงสองสัปดาห์แรกหน่อในชุดควบคุม (ไม่ได้รับออกซิน) มีจำนวนรากพิเศษที่เกิดขึ้นมากกว่า16 ราก (Table 1) ในขณะที่หน่อที่ได้รับออกซินทั้ง NAA, IBA และ NAA+IBA กลับมีรากน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน (น้อยกว่า 10 ราก) ความแตกต่างนี้ค่อยๆลดลงในสัปดาห์ถัดไป ผลจากน้ำหนักสดรากเฉลี่ยมีความสอดคล้องกันที่พบว่าในสองสัปดาห์แรกหน่อในชุดควบคุมมีน้ำหนักสดรากมากกว่าหน่อที่ได้รับออกซินทั้งสองชนิด (Table 2) และมีน้ำหนักสดรากไม่แตกต่างกันตั้งแต่สัปดาห์ที่สองหลังปลูกเป็นต้นไป แสดงให้เห็นว่าหน่อที่ได้รับออกซินทั้งสองชนิดถูกยับยั้งการเกิดรากแทนที่จะส่งเสริมการเกิดรากเหมือนกับในพืชชนิดอื่น (สันติ, 2528; พรรณวิภา, 2557; ประเวศ, 2544) จำนวนรากที่เกิดขึ้นและน้ำหนักสดรากใหม่จึงมีค่าน้อยกว่ารากจากหน่อชุดควบคุม อย่างไรก็ตามจากข้อมูลพบว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่สามเป็นต้นไปหน่อที่ได้รับออกซินมีจำนวนรากและน้ำหนักสดรากใกล้เคียงกับชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าการยับยั้งการเกิดรากนี้มีผลอยู่ประมาณ 2-3 สัปดาห์แรกเท่านั้น หลังจากนั้นจึงมีจำนวนรากและน้ำหนักรากเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับชุดควบคุมนั่นเอง ส่วนน้ำหนักแห้งรากในทุกสิ่งทดลองมีค่าใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ (Table 3) แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของน้ำหนักสดรากเกิดจากการยืดยาวของเซลล์ที่ต่างกันเป็นหลัก รากที่มีขนาดเล็กและสั้นกว่าชุดควบคุมทำให้มีปริมาณน้ำน้อยกว่าด้วย

การพัฒนาของรากพิเศษ (adventitious roots) ประกอบด้วยขั้นตอนการเกิดราก (root initiation) และการยืดยาวของราก (root elongation) ซึ่งถูกควบคุมด้วยระดับออกซินที่เหมาะสม (Preece และ Read, 2005) โดยทั่วไปการชักนำการเกิดรากมักต้องการออกซินในระดับที่สูงกว่าการยืดยาวของราก ดังนั้นการยืดยาวของรากอาจถูกยับยั้งได้ง่ายเมื่อความเข้มข้นของออกซินที่ได้รับสูงเกินไปเพียงเล็กน้อย ดังเช่นผลจากการทดลองนี้ที่พบว่าที่ระดับความเข้มข้นเพียง 5 ppm ของ NAA หรือ 10 ppm ของ IBA ก็มีผลยับยั้งการยืดยาวของราก (Table 1, 2) และไม่ได้ช่วยทำให้มีจำนวนรากเพิ่มขึ้นด้วยเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ให้สาร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่ได้มีการเกิดรากเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับออกซิน ทั้งนี้อาจเนื่องจากตามซอกใบของสับปะรดได้มีการสร้างตาซึ่งเป็นจุดกำเนิดรากอยู่ก่อนหน้าแล้ว (Bartholomew และคณะ, 2003) เมื่อหน่อสับปะรดได้รับความชื้นหลังจากปลูกตารากเหล่านี้ก็จะเจริญยืดยาวเป็นรากพิเศษได้ ซึ่งฮอร์โมนที่พืชสร้างขึ้นภายในต้นอาจเพียงพอแล้ว ดังนั้นออกซินที่ให้เพิ่มจากภายนอกจึงเกินความต้องการทำให้มีผลในทางตรงข้ามคือไปยับยั้งการยืดยาวและการเกิดรากดังที่พบในการทดลองนี้ ฤทธิ์ของสารออกซินในการยับยั้งการเกิดรากและการยืดยาวของรากลดลงตามระยะเวลาจึงทำหน่อสับปะรดที่ได้รับ NAA และ IBA กลับมามีจำนวนรากและน้ำหนักสดรากใกล้เคียงกับต้นควบคุมตั้งแต่สัปดาห์ที่สามเป็นต้นไป (Table 1)

ผลจากการทดลองจึงชี้ให้เห็นว่าออกซินจากภายนอกอาจไม่ได้มีผลช่วยส่งเสริมกระบวนการเติบโตของระบบรากในหน่อสับปะรดแต่อย่างใด แต่กลับมีผลยับยั้งการเกิดรากพิเศษในช่วงสองสัปดาห์แรก ดังนั้นการทำให้หน่อสับปะรดเกิด

รากและตั้งตัวได้เร็วในระยะแรกหลังปลูกควรคำนึงถึงความชื้นที่พืชได้รับเป็นสำคัญ การให้น้ำหลังปลูกทันทีจะช่วยให้หน่อสับปะรดออกรากและต้นตั้งตัวได้เร็วขึ้นได้

## สรุปผล

การแช่โคนหน่อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียในสารละลายออกซินก่อนปลูกเพื่อกระตุ้นการเกิดรากด้วย NAA 5 ppm, IBA 10 ppm และ NAA+IBA เปรียบเทียบกับน้ำเปล่า พบว่าในระยะสองสัปดาห์แรกออกซินที่ใช้มีผลยับยั้งการเกิดราก ทำให้มีจำนวนรากและน้ำหนักสดรากน้อยกว่าการไม่ใช้สาร แสดงให้เห็นว่าการให้ออกซินจากภายนอกอาจไม่ได้ช่วยส่งเสริมการเกิดรากพิเศษในสับปะรด

## เอกสารอ้างอิง

จินดารัฐ วีระวุฒิ, 2541, สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิรนันท์ นนทะนำ, 2557, ผลของ NAA ต่อการเกิดรากของหน่อสับปะรด, ปัญหาพเศษปริญญาตรีสาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ประเวศ เจริญกัลป์, 2544, ผลของ NAA และโรงเรือนตาข่ายพรางแสงขณะปลูกเลี้ยงต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำไผ่ฟิลิปปินส์พันธุ์ฟลอริดา บิวตี้, ปัญหาพิเศษปริญญาตรีสาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรรณวิภา อรุณจิตต์, 2557, ผลของ IBA และ NAA ต่อการเกิดรากและการแตกยอดในกิ่งปักชำหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60, ปัญหาพิเศษปริญญาตรีสาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีรเดช ทองอำไพ, 2537, ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์: แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย, วิชัยการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 196 น.

ศศิภา เทียนคำ เจนจิรา ชมภูคำ และอารยา อาจเจริญ เทียนหอม, 2557, ผลของออกซินต่อการขยายพันธุ์สับปะรดปัตตาเวียด้วยจุก, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45(2)(พิเศษ): 89-92.

สันติ ชาญวิชิต, 2528, ผลของ NAA ต่อการออกรากของต้นตอมะม่วงแก้วในการทาบกิ่งมะม่วง, ปัญหาพิเศษปริญญาตรีสาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อภิชาติ ศรีสะอาด, 2554, เทคโนโลยีการปลูกสับปะรดเงินล้าน. พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์นาคาอินเตอร์มิเดีย จำกัด, กรุงเทพฯ

Bartholomew, D.P., Paull, R.E. and Rohrhach, K.G., 2003, The Pineapple: Botany, Production and Uses. CABI.

Preece, J.E. and Read, P.E., 2005, The Biology of Horticulture: an Introductory Textbook. John Wiley & Sons, Inc.

**Table 1** Adventitious root number per sucker after the treatments in 'Pattavia' pineapple

| Treatment | WK 1 | WK 2 | WK 3 | WK 4 | WK 5 | WK 6 | WK 7 | WK 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | 10.9 a | 16.3 a | 14.6 | 13.8 | 15.0 | 17.5 a | 13.9 | 16.6 a |
| NAA 5 ppm | 4.6 b | 9.2 b | 17.8 | 14.5 | 15.4 | 15.5 ab | 12.8 | 10.3 b |
| IBA 10 ppm | 6.8 b | 8.4 b | 14.3 | 12.9 | 15.2 | 14.3 ab | 13.3 | 10.0 b |
| NAA5ppm+ IBA10ppm | 3.4 b | 8.8 b | 13.0 | 15.7 | 16.1 | 11.0 b | 14.4 | 11.1 b |
| F-Test | * | * | ns | ns | ns | * | ns | ** |

*,** Means in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

**Table 2** Root fresh weight per sucker after the treatments in 'Pattavia' pineapple

| Treatment | WK 1 | WK 2 | WK 3 | WK 4 | WK 5 | WK 6 | WK 7 | WK 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | 0.9 a | 3.7 a | 3.2 | 3.8 | 9.9 | 11 a | 9.3 | 6.2 |
| NAA 5 ppm | 0.3 b | 1.8 b | 3.6 | 3.7 | 9.7 | 7.9 b | 9.7 | 5.2 |
| IBA 10 ppm | 0.4 b | 1.1 b | 3.2 | 3.8 | 9.2 | 9.9 a | 9.9 | 5.6 |
| NAA5ppm+ IBA10ppm | 0.2 b | 1.2 b | 2.5 | 4.6 | 8.8 | 8.4 b | 10.2 | 4.3 |
| F-Test | ** | ** | ns | ns | ns | * | ns | ns |

*,** Means in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

**Table 3** Root dry weight per sucker after the treatments in 'Pattavia' pineapple

| Treatment | WK 1 | WK 2 | WK 3 | WK 4 | WK 5 | WK 6 | WK 7 | WK 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | 0.08 | 1.7 a | 0.7 | 1.8 | 1.4 | 2.4 a | 1.5 | 2.3 a |
| NAA 5 ppm | 0.04 | 0.6 b | 0.8 | 1.0 | 1.5 | 1.1 b | 1.6 | 1.2 b |
| IBA 10 ppm | 0.05 | 0.4 b | 0.7 | 1.1 | 1.1 | 0.9 b | 1.8 | 1.4 b |
| NAA5ppm+ IBA10ppm | 0.02 | 0.4 b | 0.5 | 1.3 | 1.2 | 0.6 b | 1.9 | 1.1 b |
| F-Test | ns | ** | ns | ns | ns | ** | ns | ** |

*,** Means in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

# ผลของอุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่อจลนพลศาสตร์การเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงในระหว่างการเก็บรักษา

# The Effects of Temperature and Packaging Conditions on Degradation Kinetic of Yellow Pigment in Red Yeast Rice Noodle during Storage

**ศนิ จระสถิตย์[1] และ กัลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1]**

Jirasatid S.[1] and Limroongreungrat, K.[1]

## Abstract

This research investigated the effects of temperature (4, 30, and 50 °C) and packaging conditions (atmospheric packaging and modified atmosphere packaging with nitrogen flushing 99.99%) on the degradation kinetic of yellow pigment in red yeast rice noodle during storage for 4-8 weeks. The results showed that storage temperature affected degradation of yellow pigment in red yeast rice noodle as well as packaging condition. The maximum remaining yellow pigment was 14.86% under modified atmosphere packaging with nitrogen flushing at 4 °C. The degradation of yellow pigment in red yeast rice noodle followed a zero-order kinetic model. The dependence of the rate constant on temperature was represented by an Arrhenius model. The present findings will help to estimate the yellow pigment concentration in red yeast rice noodle during storage at any time.

**Keywords:** kinetic, red yeast rice noodle, storage, yellow pigment

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาผลของอุณหภูมิ (4, 30 และ 50 °ซ) และสภาวะการบรรจุ (สภาวะปกติและแบบบรรยากาศดัดแปรพ่นผ่านก๊าซไนโตรเจน 99.99% ต่อจลพลศาสตร์ของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงระหว่างการเก็บรักษานาน 4-8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองเช่นเดียวกับสภาวะการบรรจุ โดยการเก็บรักษาบะหมี่ข้าวแดงที่อุณหภูมิ 4 °ซ ภายใต้การบรรจุแบบบรรยากาศดัดแปรพ่นก๊าซไนโตรเจน นาน 8 สัปดาห์ มีผลทำให้ปริมาณรงควัตถุคงเหลืออยู่สูงสุดเท่ากับ 14.86 % การเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงสามารถอธิบายได้โดยปฏิกิริยาอันดับศูนย์ ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์ของค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาและอุณหภูมิตามสมการ Arrhenius ข้อมูลจากงานวิจัยนี้ สามารถประยุกต์ใช้ เพื่อประเมินความเข้มข้นของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงระหว่างการเก็บรักษาที่เวลาใดๆ

**คำสำคัญ:** จลนพลศาสตร์ บะหมี่ข้าวแดง การเก็บรักษา รงควัตถุสีเหลือง

## คำนำ

ข้าวแดงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อรา *Monascus* ซึ่งในระหว่างกระบวนการหมัก เชื้อราจะผลิตรงควัตถุ (Pigment) ประกอบด้วย 3 เฉดสี ได้แก่ สีเหลือง สีส้ม และสีแดง (Pattanagul และคณะ, 2007) ทั้งนี้รงควัตถุสีเหลืองประกอบด้วย Monascin และ Ankaflavin มีคุณสมบัติทางยาหลายประการ ได้แก่ มีคุณสมบัติเป็นสารต้านมะเร็ง ต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านสภาวะหลอดเลอดแข็งตัว และโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีคุณสมบัติเป็น antihyperlipidemic agent โดยสามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไลด์ และ low-density lipoprotein cholesterol (LDL) ในซีรั่มของหนูแฮมเตอร์ ขณะที่สามารถเพิ่ม high-density lipoprotein cholesterol (HDL) โดยไม่มีผลข้างเคียงต่อการเกิด Rhabdomyolsis (ภาวะกล้ามเนื้อสลายตัว) (Jirasatid และคณะ, 2013a; Lee และคณะ, 2013)

ปัจจุบันยังไม่มีการประยุกต์ใช้ข้าวแดงในผลิตภัณฑ์บะหมี่แห้ง จึงเป็นที่น่าสนใจในการผลิตบะหมี่ข้าวแดง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นบะหมี่เพื่อสุขภาพ อย่างไรก็ตามรงควัตถุสีเหลืองสามารถเสื่อมสลายได้ง่ายในระหว่างการเก็บรักษา

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง ชลบุรี 20313

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, 169 Tambon Saensuk, Amphor Muang, Chonburi 20131

โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมสลายของรงควัตถุ ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจน และแสง (Nimnoi และ Lumyong, 2009) ทั้งนี้ การลดการเสื่อมสลายของรงควัตถุจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของออกซิเจนในระหว่างการเก็บรักษาสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การบรรจุแบบระบบบรรยากาศดัดแปรพ่นก๊าซไนโตรเจน (Modified Atmosphere Packaging with Nitrogen Flushing) ซึ่งนอกจากจะช่วยลดการเสื่อมสลายของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นผลมาจากการออกซิเดชันของการมีอยู่ของออกซิเจนในระบบแล้วยังสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษา หรือป้องกันการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในอาหารซึ่งเป็นผลทำให้อาหารเกิดการเหม็นหืน การเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่นรสของอาหารได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิ (4, 30 และ 50°C) และสภาวะการบรรจุ (แบบปกติและแบบบรรยากาศดัดแปรพ่นไนโตรเจน 99.99%) ต่อการเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงระหว่างการเก็บรักษา และพัฒนาสมการจลนพลศาสตร์การเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดง ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถทำให้ทราบถึงสภาวะการเก็บรักษาบะหมี่ข้าวแดงเพื่อให้คงอยู่ของรงควัตถุสีเหลืองสูงสุด

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การเตรียมสารละลายสปอร์และการหมักข้าวแดงแบบอาหารแข็ง**

การเตรียมสารละลายสปอร์และการหมักข้าวแดงด้วยเชื้อรา *Monascus purpureus* TISTR 3541 (สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) ทำตามวิธีของ Jirasatid และคณะ (2013b)

**การผลิตบะหมี่ข้าวแดง**

ขั้นตอนการผลิตบะหมี่ทำตามวิธีของนฤมล และคณะ (2554) โดยสวนผสมของบะหมี่ข้าวแดงประกอบด้วย ผงข้าวแดง 1 กรัม เกลือ 1 กรัม โซเดียมคาร์บอเนต 0.6 โพแทสเซียมคาร์บอเนต 0.4 กรัม ต่อแป้งสาลีอเนกประสงค์ 100 กรัม

**ศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่อการเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงระหว่างการเก็บรักษา**

การศึกษานี้ออกแบบการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยบรรจุบะหมี่ข้าวแดง 50 กรัม ใสถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ขนาด 8 x 11 นิ้ว หนา 100 ไมโครเมตร ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 50 °C ภายใต้การบรรจุแบบระบบบรรยากาศดัดแปรพ่นก๊าซไนโตรเจน 99.99% (Al-N2) และการบรรจุแบบสภาวะปกติ (Al-Air) เป็นเวลา 4-8 สัปดาห์ ตัวอย่างจะถูกสุ่มวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุสีเหลือง(Johns และ Stuart, 1991) ทุกๆ 1 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ผลการทดลองที่ได้นำมาพัฒนาสมการจลนพลศาสตร์การเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงระหว่างการเก็บรักษา

**พัฒนาสมการจลนพลศาสตร์การเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงระหว่างการเก็บรักษา**

อัตราการเสื่อมสลายอย่างง่าย (simple kinetic model) ของรงควัตถุสีเหลืองสามารถเขียนได้ตามสมการที่ (1)

$$\frac{dC}{dt} = -kc^n \qquad (1)$$

เมื่อ $c$ คือ ความเข้มข้นของรงควัตถุที่เวลาใดๆ (OD units/g ของบะหมี่แห้ง), $t$ เวลา (week), $k$ คือ ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา $n$ คือ อันดับของปฏิกิริยา (Horia, 2006)

ผลของอัตราการเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ จะถูกนำมาสร้างกราฟการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรง เพื่อหาค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา ($k$) และอันดับของปฏิกิริยา ($n$) ได้แก่ ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ อันดับหนึ่ง และอันดับสอง ตามลำดับ (Horia, 2006) ค่า $k$ และอันดับของปฏิกิริยาที่เหมาะสม จะคัดเลือกจากค่าสหสัมพันธ์ ($R^2$) จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาตามสมการ Arrhenius (สมการที่ 2) (Jirasatid และคณะ, 2013b; Horia, 2006)

$$k = k_0[-\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}}\right)] \qquad (2)$$

เมื่อ $k_0$ คือ ค่าคงที่ของ Arrhenius ที่อุณหภูมิเฉลี่ย โดยอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 301K, $R$ คือ ค่าคงที่ของก๊าซ (8.314 J/mol.K), $T$ คือ อุณหภูมิสมบูรณ์ (K) และ $E_a$ คือ ค่าพลังงานกระตุ้น (J/mol) (Horia, 2006)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและสภาวะการบรรจุต่อปริมาณรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงระหว่างการเก็บรักษา พบว่ารงควัตถุสีเหลืองไม่คงตัวในระหว่างการเก็บรักษาโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง (50 °C) ทั้งการบรรจุสภาวะแบบ Al-

Air และ Al-$N_2$ ซึ่งเมื่อระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ไม่แสดงข้อมูล) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nimnoi และ Lumyong (2009) และ Samsi (2010) นอกจากนี้บะหมี่ข้าวแดงภายใต้การบรรจุ Al-$N_2$ จะมีปริมาณรงควัตถุสีเหลืองคงเหลือสูงกว่าการเก็บรักษาภายใต้การบรรจุ Al-Air ณ อุณหภูมิการเก็บรักษาเดียวกัน (ไม่แสดงข้อมูล) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาและการมีอยู่ของออกซิเจนในสภาวะการบรรจุ (21% $O_2$) มีอิทธิพลต่อการเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดง

ทั้งนี้การเก็บรักษาบะหมี่ข้าวแดงที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 8 สัปดาห์ ภายใต้การบรรจุ Al-$N_2$ ส่งผลให้ปริมาณรงควัตถุสีเหลืองคงเหลืออยู่สูงสุด โดยมีปริมาณรงควัตถุสีเหลืองเท่ากับ 4.80 OD units/g substrate dry weight (sdw) คิดเป็นปริมาณรงควัตถุทคงเหลืออยู่ 14.86 % ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 °C นาน 4 สัปดาห์ ภายใต้การบรรจุ Al-Air มีผลทำให้มีการเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองสูงสุด โดยมีปริมาณของรงควัตถุสีเหลืองเท่ากับ 0.55±0.08 OD units/g sdw หรือคิดเป็นปริมาณรงควัตถุทคงเหลืออยู่ 1.70 %

เมื่อพิจารณาจลนพลศาสตร์การเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงระหว่างการเก็บรักษา พบว่าการเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 50 °C ทั้งการบรรจุแบบ Al-Air และ Al-$N_2$ สามารถอธิบายได้ด้วยปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ เนื่องจากมีค่า $R^2$ (0.921-0.984) สูงกว่าปฏิกิริยาอันดับหนึ่งและปฏิกิริยาอันดับสอง ตามลำดับ (Table 1 และ Figure 1) โดยค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (k) อันดับศูนย์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น ทั้งการบรรจุแบบ Al-Air และ Al-$N_2$ (Table 1) แสดงให้เห็นว่ารงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงมีความคงตัวมากกว่าเมื่อเก็บในที่อุณหภูมิต่ำกว่า เนื่องจากมีค่าคงที่ของปฏิกิริยาต่ำกว่า นอกจากนี้ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (*k*) การเสื่อมสลายรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงภายใต้บรรจุแบบ Al-Air มีค่าสูงกว่าการบรรจุ Al-$N_2$ ณ อุณหภูมิการเก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 1) แสดงให้เห็นว่า รงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงมีความคงตัวมากกว่าเมื่อเก็บในสภาวะการบรรจุที่ปราศจากออกซิเจน

จากการพล็อตกราฟระหว่างความสัมพันธ์ของ ln *k* และ 1/T (ไม่แสดงภาพ) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาตามสมการ Arrhenius พบว่าค่าพลังงานกระตุ้นของการเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลือง ($E_a$) ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-50 °C นาน 4-8 สัปดาห์ ที่สภาวะการบรรจุแบบ Al-Air และ Al-$N_2$ มีค่าเท่ากับ 9.619 kJ/mol และ 11.739 kJ/mol ตามลำดับ และค่าคงที่ของ Arrhenius ($k_0$) ภายใต้สภาวะการบรรจุแบบ Al-Air และ Al-$N_2$ มีค่าเท่ากับ 5.209 และ 4.727 OD units/g sdw.week ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบการเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงที่ได้จากการทดลองจริงกับผลที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการ Arrhenius ด้วยปฏิกิริยาอันดับศูนย์ที่อุณหภูมิ 4-50 °C ทุกสภาวะการบรรจุ (Al-Air และ Al-$N_2$) พบว่าสมการ Arrhenius สามารถทำนายการเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่า $R^2$ อยู่ระหว่าง 0.913-0.971 ภายใต้สภาวะการบรรจุ Al-Air และมีค่า $R^2$ อยู่ ระหว่าง 0.922-0.986 ภายใต้การบรรจุแบบ Al-$N_2$ (ไม่แสดงภาพ)

## สรุปผล

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเสื่อมสลายรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงเช่นเดียวกับสภาวะการบรรจุ โดยรงควัตถุสีเหลืองจะมีความคงตัวสูงกว่าภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่าร่วมกับการบรรจุแบบระบบบรรยากาศดัดแปรพ่นก๊าซไนโตรเจน โดยการเก็บรักษาบะหมี่ข้าวแดงที่อุณหภูมิ 4°C ภายใต้การบรรจุแบบระบบบรรยากาศดัดแปรพ่นก๊าซไนโตรเจนนาน 8 สัปดาห์ มีผลทำให้ปริมาณรงควัตถุสีเหลืองคงเหลืออยู่สูงสุดเท่ากับ 14.86% การเสื่อมสลายของรงควัตถุสีเหลืองในบะหมี่ข้าวแดงระหว่างการเก็บรักษา (4-50 °C) สามารถอธิบายได้โดยปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาตามสมการ Arrhenius ได้เป็นอย่างดี ข้อมูลจากงานวิจัยนี้ สามารถประยุกต์ใช้เพื่อประเมินสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาบะหมี่ข้าวแดงเพื่อให้มีการคงอยู่ของรงควัตถุสีเหลืองสูงสุด

## คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนางสาวจิตรา ไทยสุรินทร์ และนายพิษณุ ประเสริฐศรี (ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาบรูพา) สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลรงควัตถุสีเหลือง

## เอกสารอ้างอิง

860 ๆ พงษ์รามัญ สิรินันท์ พ้นภัย และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2554, ผลของการเติมผักโขมผงต่อคุณภาพของบะหมี่แห้ง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2)(พิเศษ): 477-480.

Horia, M., 2006, Physical Chemistry Kinetics, Taylar & Francis Group. New York, 11-33 p.

Jirasatid, S., Nopharatana, M., Kitsubun, P., Vitchitsoonthonkul, T. and Tongta, A., 2013a, Statistical Optimization for Monacolin K and Yellow Pigment Production and Citrinin Reduction by *Monascus purpureus* in Solid-State Fermentation, Journal of Microbiology and Biotechnology, 23: 364-374.

Jirasatid, S., Nopharatana, M., Kitsubun, P. and Tongta, A., 2013b, Degradation Kinetics of Monacolin K in Red Yeast Rice Powder Using Multiresponse Modeling Approach, Journal of Food Engineering, 116: 436-443.

Johns, M.R. and Stuart, D.M., 1991, Production of Pigment by *Monascus purpureus* in Solid Culture, Journal of Industrial Microbiology, 8: 23-28.

Lee, C.L., Hung, Y.P., Hsu, Y.W. and Pan, T.M., 2013, Monascin And Ankaflavin Have More Anti-Atherosclerosis Effect and Less Side Effect Involving Increasing Creatinine Phosphokinase Activity Than Monacolin K Under The Same Dosages, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61: 143-153.

Nimnoi, P. and Lumyoung, S., 2009, Improving Solid-State Fermentation of *Monascus purpureus* on Agricultural Products for Pigment Production, Food and Bioprocess Technology, doi: 10.1007/s11947-009-0233-8.

Pattanagul, P., Pinthong, R. and Phianmongkhol, A., 2007, Review of Angkak Production, Chiang Mai Journal of Science, 34: 319-328.

Samsi, U., 2010, Degradation Kinetics of Pigments from *Monascus purpureus* During Storage, Master of Engineering, Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut' s University of Technology Thonburi.

**Table 1** The rate constant (k) and correlation coefficient ($R^2$) of yellow pigment degradation in red yeast rice noodle during storage

| Packaging condition | Temperature (°C) | Zero-order *k* (OD unit / g sdw . week) | Zero-order $R^2$ | First-order *k* ($week^{-1}$) | First-order $R^2$ | Second-order *k* (g sdw /OD unit .week) | Second-order $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Al-Air | 4 | 4.112±0.07 [c] | 0.964 | 0.294±0.00 [b] | 0.901 | 0.035±0.00 [b] | 0.693 |
| | 30 | 4.174±0.03 [c] | 0.964 | 0.301±0.00 [b] | 0.893 | 0.035±0.00 [b] | 0.701 |
| | 50 | 7.839±0.03 [a] | 0.922 | 0.766±0.03 [a] | 0.761 | 0.263±0.00 [a] | 0.484 |
| Al-$N_2$ | 4 | 3.515±0.00 [e] | 0.984 | 0.205±0.00 [c] | 0.869 | 0.015±0.00 [b] | 0.675 |
| | 30 | 3.728±0.03 [d] | 0.982 | 0.242±0.00 [c] | 0.830 | 0.025±0.00 [b] | 0.524 |
| | 50 | 7.685±0.02 [b] | 0.921 | 0.744±0.02 [a] | 0.740 | 0.257±0.04 [a] | 0.474 |

Difference letters within the same column mean statistically difference at p<0.5

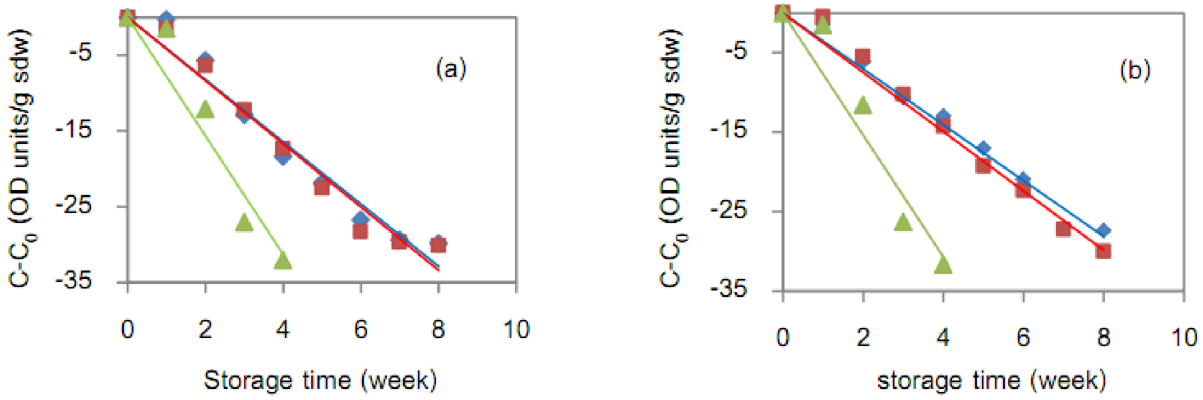


**Figure 1** Zero-order kinetic plots of yellow pigment degradation in red yeast rice noodle during storage at 4-50°C for 4-8 weeks under atmospheric packaging (a) and modified atmosphere packaging with nitrogen flushing (b).

# ศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมจากเตาต้นแบบต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ของดอกคาร์โมมายล์

# Optimization of Drying Process Condition of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) Using Developed Prototype Dryer on Bioactive Compound

**รัตนา รุ่งศิริสกุล[1] ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร[3] และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[2]**

Rungsirisakun, R.[1], Techavutthiporn, C.[2] and Boonyarithongchai, P.[3]

## Abstract

Drying of chamomile using developed prototype dryer at 50°C for 4 and 5 hr was monitored and compared with drying chamomile using original dryer. The results showed that 5% and 4.93% of moisture content, 0.231 and 0.208 mg/100 ml of β-carotene content, 85.567 and 85.097 mg/g DW of total polyphenol, 13.282 and 13.272 mg/100 mg of free-fatty acid content was found in 4 hr and 5 hr drying chamomile using prototype dryer, respectively. While the results showed that 4.10% of moisture content, 0.291 mg/100 ml of β-carotene, 58.173 mg/g DW of polyphenol, 24.71mg/100 mg of free-fatty acid was found in dried chamomile using original dryer. The appropriated drying condition was drying using prototype dryer at 50°C for 4 hr. The prototype dryer was developed in order to improve the food safety of dried chamomile.

**Keywords:** polyphenols, β-carotene, chamomile tea

## บทคัดย่อ

การอบแห้งดอกคาร์โมมายล์โดยเตาต้นแบบที่พัฒนาแล้วที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 4 และ 5 ชั่วโมง พบว่า มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 5 และ 4.93 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 0.231 และ 0.208 mg/100 ml ปริมาณพอลีฟีนอลเท่ากับ 85.567 และ 85.097 mg/gDW ตามลำดับ ปริมาณ free fatty acid เท่ากับ 13.282 และ 13.272 mg/100 mgDW ตามลำดับ ส่วนดอกที่อบโดยใช้เตาอบแบบดั้งเดิมมีความชื้นเท่ากับ 4.10 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 0.291 mg/100 ml ปริมาณพอลีฟีนอลเท่ากับ 58.173 mg/gDW ปริมาณ free fatty acid เท่ากับ 29.726 mg/100 mgDW ผลการทดลองพบว่า การอบแห้งดอกคาร์โมมายล์โดยใช้เตาอบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นเตาต้นแบบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมงมีความเหมาะสม โดยเตาอบต้นแบบเป็นเตาอบที่ได้รับการพัฒนาปรับปรุงเพื่อการผลิตชาดอกคาร์โมมายล์อบแห้งให้มีความปลอดภัยและถูกสุขลักษณะมากขึ้น

**คำสำคัญ:** พอลีฟีนอล เบต้าแคโรทีน ชาดอกคาร์โมมายล์

## คำนำ

คาร์โมมายล์ (*Matricaria chamomilla* L.) เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดมาจากทางยุโรป ซึ่งคาร์โมมายล์ถูกแปรรูปเป็นชาสมุนไพรในรูปชาคาร์โมมายล์ มีสรรพคุณในการบรรเทาปัญหาของกระเพาะและลำไส้ อาหารไม่ย่อย อาการปวดประจำเดือน และ ช่วยให้นอนหลับสบาย สารที่ออกฤทธิ์ทางยาในคาร์โมมายล์เป็นพวกสารในกลุมฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และโพลีฟีนอล (polyphenol) สำหรับชาดอกคาร์โมมายล์ผลิตโดยนำดอกคาร์โมมายล์มาอบแห้งที่อุณหภูมิที่เหมาะสม สำหรับการผลิตชาดอกคาร์โมมายล์ จากโครงการหลวงศูนย์สะโง๊ะ จ. เชียงราย นั้นมีการอบแห้งโดยใช้เตาอบแบบดั้งเดิม ซึ่งเตาอบแบบดั้งเดิมนั้นมีอุณหภูมิที่ไม่สม่ำเสมอในระหว่างการอบ ดังนั้นคณะนักวิจัยจึงได้มีการพัฒนาเตาอบต้นแบบเพื่อปรับปรุงคุณภาพของชาดอกคาร์โมมายล์ของศูนย์ฯ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมจาก

[1] ศูนย์บริการการศึกษา มจธ. ราชบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[1] Ratchaburi Campus, King Mongkut's University of Technology Thonburi

[2] หลักสูตรวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[2] Department of Postharvest, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi

[3] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 18/18 ถนน บางนา-ตราด กม.18 ตำบล บางโฉลง อำเภอ บางพลี 10540 จ.สมุทรปราการ

[3] Division of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, 18/18 Bangna-Trad Road, km. 18, Tumbon Bangchalong, Aumphur Bangplee, 10540 Samutprakarn

เตาต้นแบบที่ได้รับการพัฒนาแล้วต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ของดอกคาร์โมมายล์ ในรักษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพให้มีปริมาณมากที่สุด เพื่อให้ได้ชาดอกคาร์โมมายล์ที่มีคุณภาพต่อการบริโภค ซึ่งจะส่งผลต่อสุขภาพและเป็นการเพิ่มมูลค่าในชาดอกคาร์โมมายล์ที่ผลิตจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโง๊ะอีกด้วย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของการอบแห้งดอกคาร์โมมายล์ ที่ผลิตจากโครงการหลวงศูนย์สะโง๊ะ จ. เชียงราย โดยใช้เตาอบต้นแบบที่ได้รับการพัฒนาแล้ว เปรียบเทียบกับการใช้เตาอบแบบดั้งเดิม โดยทำการหาปริมาณความชื้นของชา และหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น กับปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณโพลีฟีนอล (polyphenol) และปริมาณเบต้าแคโรทีน (β-Carotene) อีกทั้งยังวิเคราะห์คุณภาพของชาคาร์โมมายด์จากปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free-fatty acid) ซึ่งส่งผลให้ได้ชาที่มีกลิ่นและรสชาติดีขึ้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

**ศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของดอกคาร์โมมายล์จากเตาต้นแบบ**

นำดอกคาร์โมมายล์สดที่เก็บเกี่ยวได้จากโครงการหลวงศูนย์สะโง๊ะ จ. เชียงราย นำมาแบ่งเป็นชุดทดลองดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 อบดอกคาร์โมมายล์ที่อุณหภูมิ 50$\pm$2 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

ชุดทดลองที่ 2 อบดอกคาร์โมมายล์ที่อุณหภูมิ 50$\pm$2 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

การอบแห้งดอกคาร์โมมายล์ใช้เตาอบต้นแบบที่ได้รับการพัฒนาแล้ว ส่วนเตาอบแบบดั้งเดิมอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 7-8 ชม. และทำการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีของชาคาร์โมมายล์ที่ได้โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของชาดอกคาร์โมมายด์ โดยทำการหาปริมาณความชื้นของชา เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น กับปริมาณสารออกฤทธิ์ ได้แก่ ปริมาณ polyphenol และปริมาณ volatile compounds และวิเคราะห์คุณภาพของชาคาร์โมมายด์จากปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free-fatty acid) และปริมาณเบต้าแคโรทีน (β-Carotene)

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การอบแห้งดอกคาร์โมมายล์โดยเตาต้นแบบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 4 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณความชื้นของชุดที่ใช้เวลาอบ 4 ชั่วโมงมีปริมาณความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อบแห้ง 5 ชั่วโมง ดอกคาร์โมมายล์มีความชื้นลดลงเหลือ 4.93 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเบต้าแคโรทีนของชาคาร์โมมายล์ชุดที่อบเป็นเวลา 4 และ 5 ชั่วโมงเท่ากับ 0.231 และ 0.208 mg/100 ml ตามลำดับ ปริมาณพอลีฟีนอลของชาที่อบเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง เท่ากับ 85.567 และ 85.097 mg/gDW ตามลำดับ ดอกคาร์โมมายล์ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เตาต้นแบบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงกว่าดอกคาร์โมมายล์ที่ผ่านการอบเป็นเวลา 5 ชั่วโมง นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณ free fatty acid ของดอกคาร์โมมายล์ที่อบแห้งเป็นเวลา 4 ชั่วโมงมีปริมาณเท่ากับ 13.282 mg/100 mgDW ในขณะที่ดอกคาร์โมมายล์ที่อบแห้งเป็นเวลา 5 ชั่วโมงมีปริมาณเท่ากับ 13.272 mg/100 mgDW (Table 1) แต่ทั้งนี้ประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานของชาคาร์โมมายล์ กระทรวงสาธารณสุข และกระทรวงอุตสาหกรรม ได้จัดทำมาตรฐานชาใบ (ชาจีน) ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จะอ้างอิงมาตรฐานชาจีน เป็นแนวทางในการจัดตั้งคุณลักษณะของชาคาร์โมมายล์ โดยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 โดยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ความชื้นต้องไม่เกิน 8% และตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรมความชื้นต้องไม่เกิน 7% ของน้ำหนัก

**Table 1** moisture content, β-carotene, polyphenol, and free-fatty acid of chamomile tea using developed prototype dryer

| Temperature and time of developed prototype dryer | %moisture content | β-carotene (mg/100 ml) | Polyphenol (mg/gDW) | Free-fatty acid (mg/100 mgDW) |
|---|---|---|---|---|
| 50°C for 4 hr | 5.00 | 0.231096 | 85.567 | 13.282 |
| 50°C for 5 hr | 4.93 | 0.207821 | 85.097 | 13.272 |
| 60°C for 7-8 hr | 4.10 | 0.291240 | 58.173 | 29.726 |

ชาคาร์โมมายล์เป็นผลผลิตที่ได้จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโง๊ะ จ.เชียงราย จัดเป็นชาที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ทั้งยังช่วยลดภาวะเครียด ทำให้รู้สึกสดชื่นได้อีกด้วย สาร

ออกฤทธิ์ที่อยู่ในดอกคาร์โมมายล์อบแห้งได้แก่ β-carotene และ Polyphenol และ Free-fatty acid แต่ Free-fatty acid นั้นถ้ามีในปริมาณที่มากจะเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืน ชาคาร์โมมายล์ที่ผลิตจากศูนย์สะโง๊ะซึ่งใช้เตาอบแห้งแบบดั้งเดิมนั้นมีคุณภาพด้อยกว่าชาคาร์โมมายล์ยี่ห้อที่ขายตามท้องตลาด เนื่องจากปริมาณสารออกฤทธิ์มีปริมาณน้อยกว่าได้แก่ β-carotene และ Polyphenol แต่มี Free-fatty acid อยู่ในปริมาณที่มากกว่า ในการปรับปรุงคุณภาพของชาคาร์โมมายล์นี้จะทำโดยการหาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการอบแห้งโดยใช้เตาอบต้นแบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการอบแห้งผลผลิตสด ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ชาคาร์โมมายล์ที่มีความชื้นที่เหมาะสม (%moisture content < 5%) มีปริมาณสารออกฤทธิ์มาก (β-carotene และ Polyphenol) และมีปริมาณ Free-fatty acid น้อย กระบวนการอบแห้งมีผลต่อปริมาณของสาร polyphenol และ flavonoid ที่เป็นสารที่มีประโยชน์ในชาคาร์โมมายล์ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง 2 ปัจจัยที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบ ซึ่งในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการอบแห้งดอกคาร์โมมายล์ ชาคาร์โมมายล์ที่ได้จากเตาอบแห้งที่พัฒนาแล้วมีคุณภาพที่ดีกว่าชาดอกคาร์โมมายล์ที่ได้จากเตาอบเดิม ทั้งในด้านปริมาณสารออกฤทธิ์ที่มีปริมาณสูงกว่าและปริมาณ free fatty acid ที่น้อยกว่า เป็นผลมาจาก เตาอบแห้งที่พัฒนาแล้วมีการถ่ายเทและการหมุนเวียนความร้อนภายในเตาอบดีกว่าเตาอบเดิมที่ทางศูนย์สะโง๊ะใช้อยู่ นอกจากนี้ เตาอบแห้งที่พัฒนาแล้วยังใช้ระบบการให้ความร้อนแบบ indirect heat ทำให้ลดการสูญเสียปริมาณสารออกฤทธิ์ได้

## สรุปผล

การอบแห้งดอกคาร์โมมายล์โดยใช้เตาต้นแบบที่พัฒนาแล้วที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง สามารถผลิตดอกคาร์โมมายล์อบแห้งที่มีความชื้นในระดับที่เหมาะสม และยังคงรักษาปริมาณสารออกฤทธิ์ (ได้แก่ β-carotene และ Polyphenol) ได้ โดยทีปริมาณ Free-fatty acid น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแบบใช้เตาดั้งเดิม

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณศูนย์ส่งเสริมและสนับสนุนมูลนิธิโครงการหลวงและโครงการตามพระราชดำริ ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. 2544. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196) พ.ศ. 2543 เรื่อง ชา ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 118 ตอนพิเศษ 6 ง. ลงวันที่ 24 มกราคม 2544

กระทรวงอุตสาหกรรม, 2526, มอก. 460-2526 ชาใบ(ชาจีน) [สืบค้น], http://web.ku.ac.th/agri/char/ [16/ June/ 14]

Harbourne, N. Jacquier, J.C. and OaRiordan, D., 2009, Optimisation of the Extraction and Processing Conditions of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) for Incorporation into a Beverage, Food Chemistry, 115(1): 15-19.

# เอสเทอร์: กลิ่นหลักของดอกกระดังงาจีน (*Artabotrys hexapetalus*)

# Esters: A Typical Odor of Kradang Nga Chin (*Artabotrys hexapetalus*) Flower

**สมโภชน์ น้อยจินดา[1] กิตติ โพธิปัทมะ[1] ชามา เยี่ยงมานิต[1] จุฬาวรรณ ศิริติกุล[1] และ เฉลิมชัย วงษ์อารี[2]**
Noichinda, S.[1], Bodhipadma, K.[1], Yengmanit, C.[1], Siritikul, J.[1] and Wongs-Aree, C.[2]

## Abstract

Normally, flower gives out an odor after opening but in case of Kradang Nga Chin (*Artabotrys hexapetalus*) flower, the scent is emitted during petal color change from greenish yellow (GY) to yellow (Y) and scentless when petal color turns to yellowish orange (YO). It seems that volatile constituents are produced through enzymatic reactions during petal color changing. Hence, the volatile components of yellow flower were analyzed by GC-MS. The results revealed that esters (methyl acetate, ethyl acetate, methyl isopentanoate, methyl 3-methyl-2-butanoate, ethyl isovalerate and 3-methylbutyl acetate) were main components in Kradang Nga Chin flower odor. Among them, methyl acetate, methyl isopentanoate and ethyl acetate were predominated amount. Nevertheless, the attractive non-ester, limonene (critus smell), was also identified and this compound synergized strong odor character in yellow stage of Kradang Nga Chin flower.

**Keywords:** *Artabotrys hexapetalus*, volatile esters, non-ester volatile, petal

## บทคัดย่อ

โดยทั่วไปดอกไม้จะส่งกลิ่นออกไปเมื่อมีการบาน แต่ในกรณีของดอกกระดังงาจีน (*Artabotrys hexapetalus*) จะส่งกลิ่นขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของสีกลีบดอกจากเขียวอมเหลือง (GY) ไปเป็นเหลือง (Y) และไม่ส่งกลิ่นเมื่อกลีบดอกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้ม (YO) ดูเหมือนว่าองค์ประกอบของสารระเหยง่ายจะถูกสร้างมาจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ระหว่างกลีบดอกเปลี่ยนสี ดังนั้นองค์ประกอบของสารระเหยง่ายของดอกสีเหลืองจึงถูกวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรเมตรี ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเอสเทอร์ (methyl acetate, ethyl acetate, methyl isopentanoate, methyl 3-methyl-2-butanoate, ethyl isovalerate และ 3-methylbutyl acetate) เป็นองค์ประกอบหลักในกลิ่นของดอกกระดังงาจีน โดยพบ methyl acetate, methyl isopentanoate และ ethyl acetate มากที่สุด อย่างไรก็ตามยังพบ limonene (ให้กลิ่นส้ม) ซึ่งเป็นสารที่ไม่ใช่เอสเทอร์ที่น่าสนใจ เนื่องจากสารนี้ช่วยให้ดอกกระดังงาจีนมีกลิ่นแรงมากในระยะดอกสีเหลือง

**คำสำคัญ**: กระดังงาจีน เอสเทอร์ระเหยง่าย สารระเหยง่ายที่ไม่ใช่เอสเทอร์ กลีบดอก

## Introduction

Flower scent in floral of Annonaceae imitates the ripening pattern of climacteric fruit and consists of various volatile compounds. Data of gas chromatography-mass spectrometry (GC–MS) determination illustrated that there were 58 floral scent compounds in the flower fragrance of six species from four genera (*Xylopia*, *Anaxagorea*, *Duguetia*, and *Rollinia*) of Annonaceae. In Karawek (*Artabotrys siamensis*), there were more than 20 ester compositions produced during petal color changed from greenish yellow (GY) to yellow (Y) and those esters were released by the enzymatic reaction (Jürgens et al., 2000; Steenhuisen et al., 2010; Padungha et al., 2014).

[1] สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, บางซื่อ, กรุงเทพฯ 10800 ประเทศไทย
[1] Division of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand
[2] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีวิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150 ประเทศไทย
[2] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien Campus, Bangkok 10150 Thailand

For Kradang Nga Chin (*A. hexapetalus*) flower, Mahidol et al. (2005) discovered 71 components in volatile composition by GC-MS. Moreover, Noichinda et al. (2014) revealed that, at the period of blooming time in Kradang Nga Chin flower, a bundle amount of fatty acids was degraded by lipoxygenase activity and continually contributed to substrate for the synthesis of esters. Since Padungha et al. (2014) reported that Karawek flower emitted fruity-like aroma, the purposes of this research were to investigate the aromatic components of Kradang Nga Chin flower and compared with the previous work of Karawek flower scent type and profile.

## Materials and Methods

Mature flowers, greenish yellow stage, of Kradang Nga Chin were harvested at 1 PM from King Mongkut's University of Technology North Bangkok garden and transported to King Mongkut's University of Technology Thonburi laboratory. After that, they were left until the petal turned to yellow color which was the main flavor synthesizing stage before placed into glass bottom (100 ml) and closed with rubber cap. The StableFlex SPME fiber was inserted into glass bottom for 30 min. Subsequently, the absorbed volatiles on SPME were investigated by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) Agilent 6850/HP 5975 equipped with a fused silica capillary column (HP-5MS). The oven temperature was stepwise programmed from 50$^{o}$C to 260$^{o}$C. The spectra analysis was operated in the electron impact (EI) mode with electron energy of 70 eV; mass range (m/z) 30-500 and EM voltage 3000 volt. Volatile components were identified using the ChemStation program with NIST98 library.

## Results and Discussion

Fragrance of the flower is not just a single chemical compound. It generally contains a complex mixture of different volatile molecules (Guterman et al., 2002). For over decades, flowers of many species in Annonaceae were often reported to have strong, distinctive floral aromas (Goodrich, 2012). However, sometime it is quite difficult to distinguish some Annonaceae plants in Thailand due to their similar morphological structure of reproductive organ such as Karawek (*Artabotrys siamensis*) and Kradang Nga Chin (*A. hexapetalus*) flowers. In this case, the scent type of their floral fragrance would be the final solution.

From our GC-MS analysis, it was found that methyl acetate, ethyl acetate and methyl isopentanoate predominated in Kradang Nga Chin yellow petal while methyl 3-methyl-2-butanoate, ethyl isovalerate and 3-methylbutyl acetate were represented in small amount (Figure 1). This result was in accordance with Mahidol et al. (2005) owing to ethyl acetate was also found as the major compositions in Kradang Nga Chin flower. Thus, the pleasant volatiles that could characterize Kradang Nga Chin flower aroma were esters. These ester components played as a typical fruity scent in Kradang Nga Chin volatile. Besides, limonene (non-ester volatile) was also detected in Kradang Nga Chin aroma component (Figure 1) that could possibly enhance 'citrus-like odor' character. Nevertheless, the number of floral ester compounds in a closely related species of Kradang Nga Chin, Karawek, were about 3 times higher than Kradang Nga Chin and those ester profile contained high amount of propanoate and butanoate esters that contributed to 'apple-like odor' than acetate ester (Padungha et al., 2014).

## Summary

The typical volatiles of Kradang Nga Chin were ester compounds which contributed to fruity scent type in yellow stage. Moreover, the limonene (citrus smell) was also detected and this compound could collaborate the ester volatile to produce stronger odor character in Kradang Nga Chin flower.

## Literature cited

Goodrich, K.R., 2012, Floral Scent in Annonaceae, Botanical Journal of the Linnean Society, 169(1): 262–279.

Guterman, I., Shalit, M., Menda, N., Piestun, D., Dafny-Yelin, M., Shalev, G., Bar, E., Davydov, O., Ovadis, M., Emanuel, M., Wang, J., Adam, Z., Pichersky, E., Lewinsohn, E., Zamir, D., Vainstein, A. and Weiss, D. 2002, Rose Scent: Genomics Approach to Discovering Novel Floral Fragrance-related Genes, Plant Cell, 14(10): 2325-2338.

Jürgens, A., Webber, A.C. and Gottsberger, G., 2000, Floral Scent Compounds of Amazonian Annonaceae Species Pollinated by Small Beetles and Thrips, Phytochemistry, 55(6): 551–558.

Mahidol, C., Chimnoi, M., Chokchaichamnankit, D. and Tecasakul, S., 2005, Identification of Volatile Constituents in *Artabotrys hexapetalus* Flowers Using Simple Headspace Solvent-trapping Technique in Combination with Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Retention Indices, Acta Horticulturae, 677: 43-50.

Noichinda, S., Bodhipatma, K., Puangsiri, C. and Chikhuntod, U., 2014, Fatty Acid Degradation in Different Maturity Stages of Kradang Nga Chin (*Artabotrys hexapetalus*) Flower, Agricultural Science Journal, 45(2)(Suppl.): 405-408.

Padungha, W., Noichinda, S., Bodhipadma, K., Jirapong, C. and Wongs-Aree, C., 2014, Evaluation of Ester Volatiles in Karawek (*Artabotrys siamensis*) Flower, Agricultural Science Journal, 45(2)(Suppl.): 413-416.

Steenhuisen, S.L., Raguso, R.A. Jürgens, A. and Johnson, S.D., 2010, Variation in Scent Emission Among Foral Parts and Inflorescence Developmental Stages in Beetle-Pollinated *Protea* Species (Proteaceae), South African Journal of Botany, 76: 779-787.

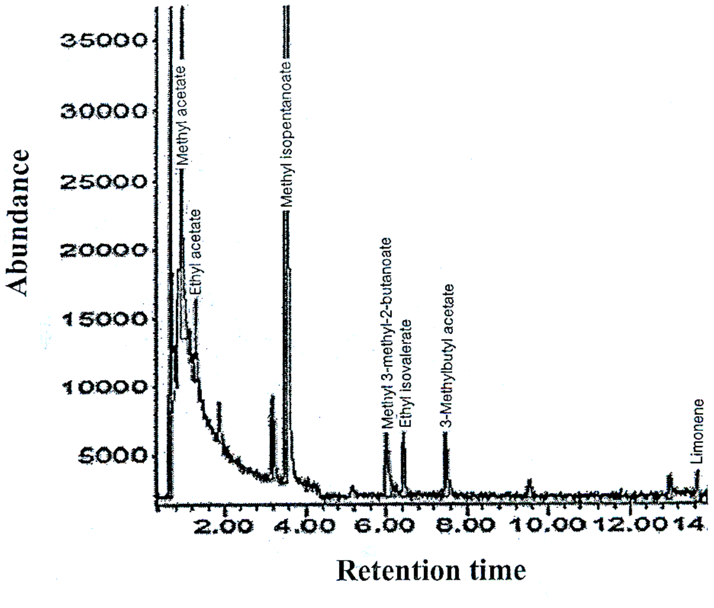



**Figure 1** Chromatogram of Kradang Nga Chin (*Artabotrys hexapetalus*) flower volatiles identified by GC-MS

# ผลของการฉีดพ่นปุ๋ยยูเรีย เอ็นเอเอ เอทีฟอนและการปลิดใบต่อการออกดอกคุณภาพและผลผลิตหม่อนกินผล

# Effect of Spraying Urea, NAA, Ethephon and Leaf Removal on Flowering Fruit Quality and Yield of Mulberry Fruit

**กุศล เอี่ยมทรัพย์**[1] **และ สดศรี เนียมเปรม**[1]

Iamsub, K.[1] and Neamprem, S.[1]

## Abstract

The effects of spraying urea NAA ethephon and leaf removal methods on flowering fruit quality and yield of mulberry fruit. The aims of this experiment need to know the performance of experiments on flowering of mulberry fruit. The measurement showed that the flowering yield and quality of sprayed with ethephon have highest effectively for flowering yield and quality and followed respectively by leaf removal method. For sprayed with urea and NAA does not affect to flowering compared with control. For effect on leaf fall, the plants were sprayed with ethephon resulted in falling leaves within 7 days of the early sprayed but spraying with urea and NAA are just some of the leaves fall.

**Keywords:** flowering, leaf removal, spraying

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการฉีดพ่นปุ๋ยยูเรีย เอ็นเอเอ เอทีฟอนและการปลิดใบต่อการออกดอกคุณภาพและผลผลิตหม่อนกินผล ซึ่งมีวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการทราบประสิทธิภาพของสิ่งทดลองต่อการออกดอกของหม่อนกินผล จากการวัดการออกดอกผลผลิตและคุณภาพผลผลิตพบว่าการฉีดพ่นด้วยเอทีฟอนมีประสิทธิภาพทำให้การออกดอกผลผลิตและคุณภาพผลผลิตสูงที่สุดรองลงมาคือวิธีการปลิดใบ สำหรับการฉีดพ่นด้วยยูเรียและเอ็นเอเอไม่มีผลต่อการออกดอกเมื่อเทียบกับการไม่ให้สาร สำหรับการร่วงของใบพบว่าการฉีดพ่นด้วยเอทีฟอนมีผลทำให้ใบร่วงทั้งต้นภายใน 7 วันส่วนการพ่นด้วยปุ๋ยยูเรียและเอ็นเอเอมีการร่วงของใบเพียงบางส่วน

**คำสำคัญ**: การออกดอก การร่วงของใบ การฉีดพ่น

## คำนำ

ผลหม่อน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Morus spp. (วิโรจน์, 2555) เป็นผลไม้ชนิดผลรวม เมื่อสุกมีสีแดงเข้มจนถึงม่วงดำ มีรสหวานอมเปรี้ยว เป็นอาหารที่มีสรรพคุณเป็นยา หรือที่เรียกว่า เภสัชโภชนาภัณฑ์ (Nutraceuticals) ในผลหม่อนมีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) กลุ่มแอนโทไซยานิดิน (anthocyanidins) ซึ่งเป็นสาระสำคัญสารหนึ่งในกลุ่ม โพลีฟีนอล (polyphenols) มีฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็ง ป้องกันโรคหัวใจและเส้นโลหิตแตกในสมอง ช่วยลดความดันโลหิตและลดระดับน้ำตาลในเลือด มีฤทธิ์ต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่น (oxidation) ที่เกิดขึ้นในสมอง ช่วยป้องกันโรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) (ธเนศ และคณะ, 2555) ช่วยปรับการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน (immunomodulation) ลดอาการแพ้ต่างๆ และยังมีส่วนช่วยทำให้เซลล์ร่างกายเสื่อมช้าลงมีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลลินทรีย์หลายชนิด ช่วยปรับการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน (immunomodulation) ลดอาการแพ้ต่างๆ และยังมีส่วนช่วยทำให้เซลล์ร่างกายเสื่อมช้าลง จึงช่วยชะลอความแก่ ผลมัลเบอรี่ยังประกอบด้วย วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 วิตามินซี และมีกรดโฟลิก ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์ประสาทไขสันหลัง และเซลล์สมอง โดยช่วยให้เซลล์เหล่านี้ทำงานเป็นปกติ (วิโรจน์, 2555) ประโยชน์มากมายจากการรับประทานผลมัลเบอรี่ ส่งผลให้ปัจจุบันมัลเบอรี่กลายเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค นอกจากรับประทานแบบผลสดแล้ว ยังสามารถนำแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มได้หลายชนิด ทั้งในระบบครัวเรือนและ

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ปทุมธานี 12120

[1] Agricultural Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathumthani 12120

ระบบการค้าเชิงพาณิชย์ ปัจจุบันจึงมีการปลูกมัลเบอรี่เพื่อเก็บเกี่ยวผลสดและการแปรรูปมากขึ้น การปลูกมัลเบอรี่ให้ได้ผลิตมากขึ้นจึงมีความจำเป็นมากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด

ลักษณะการเจริญเติบโตและการออกดอกของหม่อนกินผล โดยปกติหม่อนกินผลจะให้ผลผลิตและออกดอกหลังผ่านฤดูหนาว ผลหม่อนเป็นผลที่เกิดจากช่อดอก ผลเป็นผลรวมอยู่ในกระจุกเดียวกัน โดยจะออกตามซอกใบ ลักษณะของผลเป็นรูปทรงกระบอก ยาวประมาณ 1-2.5 เซนติเมตร ผลเป็นสีเขียว เมื่อผลสุกแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดงเข้มหรือสีม่วงดำ เกือบดำ เนื้อนิ่ม ฉ่ำน้ำ และมีรสหวานอมเปรี้ยว การออกผลหากไม่มีการจัดการจะออกชุดใหญ่หลังฤดูหนาวและออกผลบางส่วนเล็กน้อยในช่วงฤดูฝน การบังคับทรงพุ่มให้หม่อนรับประทานผลออกนอกฤดูกาล สามารถกระทำได้เมื่อมีการบังคับทรงพุ่มหม่อนในวันที่ 1 กันยายนของทุกปี จะสามารถเก็บเกี่ยวหม่อนรับประทานผลสายพันธุ์เชียงใหม่ นอกฤดูกาลได้ตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน จนเก็บเกี่ยวแล้วเสร็จในเดือนธันวาคม รวมระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตผลหม่อนเฉลี่ย 24 วัน โดยใช้วิธีโน้มกิ่ง ริดใบ ร่วมกับการตัดยอดหรือไม่ตัดยอดก็ได้ ส่วนวิธีการที่ปล่อยให้ ออกดอกตามธรรมชาติจะไม่มีการออกดอกนอกฤดูกาลแต่จะออกในฤดูกาลตามปกติ ตั้งแต่ต้นเดือนมีนาคมเป็นต้นไปจนเก็บเกี่ยวแล้วเสร็จในต้นเดือนเมษายน รวมระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิตผลหม่อน 37 วัน โดยการบังคับทรงพุ่มตั้งแต่ต้นเดือนกันยายน (วสันต์ และคณะ, 2545) แต่การจัดการสำหรับทำให้ออกดอกของหม่อนกินผลในปัจจุบันโดยการตัดแต่งปลายกิ่งร่วมกับการโน้มกิ่งและการปลิดใบบางส่วนซึ่งทำให้ออกผลได้แต่มีขั้นตอนปฏิบัติที่ยุ่งยากและใช้เวลาและค่าใช้จ่ายในเรื่องของแรงงาน

## อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design โดยมี 5 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 4 ซ้ำ การทดลองจะทำการเก็บข้อมูลจากกิ่งของหม่อนกินผลจำนวน 20 กิ่ง ความยาวกิ่ง 1.5 เมตรต่อต้น จำนวน ซ้ำละ 1 ต้น การทดลองประกอบไปด้วยสิ่งทดลองดังนี้

1. สิ่งทดลองควบคุม(control)
2. ฉีดพ่นด้วยปุ๋ยยูเรียอัตรา 200 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร
3. ฉีดพ่นด้วย NAA ความเข้มข้น 1,000 ppm
4. ฉีดพ่นด้วย ethephon 1,000 ppm
5. การปลิดใบและตัดปลายกิ่ง

หลังทำการทดลองทำการเก็บข้อมูลดังนี้ จำนวนการร่วงของใบเฉลี่ยต่อกิ่งหลังทำการทดลอง 15 วัน การเกิดยอดใหม่เฉลี่ยต่อกิ่งหลังทำการทดลอง 30 วัน จำนวนผลเฉลี่ยต่อกิ่งหลังการทำทดลอง 30 วัน น้ำหนักเฉลี่ยของผล(กรัม)หลังทำการทดลอง 45 วัน

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการฉีดพ่นปุ๋ยยูเรีย เอ็นเอเอ เอทีฟอนและการปลิดใบต่อการออกดอกคุณภาพและผลผลิตหม่อนกินผล พบว่าหลังทำการฉีดพ่นสาร 15 วัน ต้นที่พ่นด้วยเอทีฟอน มีการ่วงของใบทั้งหมดรองลงมาคือต้นที่ฉีดพ่นด้วยยูเรียและเอ็นเอเอ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นไม่ให้สารโดยมีเปอร์เซ็นการร่วงของใบ 100, 14.9, 13.4 และ 7.5 ตามลำดับและหลังให้สาร 30 วัน ต้นที่ได้รับสารเอ็นเอเอและยูเรียจะมีเปอร์เซ็นการร่วงของใบ 55.6, 54.7 เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสารที่ 13.8 เปอร์เซ็น จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเอทีฟอนมีประสิทธิภาพในการทำให้ใบหม่อนกินผลร่วงอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น สำหรับการเจริญของยอดใหม่การให้สารเอทีฟอนมีเปอร์เซ็นการเจริญของยอดใหม่สูงสุดรองลงมาคือการปลิดใบ การฉีดพ่นด้วยยูเรียเอ็นเอเอเปรียบเทียบกับต้นไม่ให้สารที่ 93.1, 84.4 ,10.7, 10.6 และ 3.2 ตามลำดับ (Table 1) และสอดคล้องกับ Hed และคณะ (2014) และ Caspari และคณะ (1998) สำหรับจำนวนของการเกิดผลต่อกิ่งพบว่าการฉีดพ่นเอทีฟอนให้ผลสูงสุดรองลงมาคือการปลิดใบส่วนการฉีดพ่นยูเรียเอ็นเอเอและต้นไม่ให้สารไม่มีผลผลิต โดยมีจำนวนผลเฉลี่ย 79.6, 72.2, 0, 0, 0 ตามลำดับ (Table 2) สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยของผลพบว่าไม่แตกต่างระหว่างการฉีดพ่นเอทีฟอนและการปลิดใบ

## สรุปผล

จากการศึกษาวีธีการต่างๆของการฉีดพ่นปุ๋ยยูเรีย เอ็นเอเอ เอทีฟอนและการปลิดใบต่อการออกดอกคุณภาพและผลผลิตหม่อนกินผลพบว่าการฉีดพ่นด้วยเอทีฟอนมีประสิทธิภาพทำให้ใบหม่อนร่วงได้อย่างรวดเร็วและมีผลทำให้หม่อนมี

การเจริญของยอดใหม่และมีการให้ผลผลิตซึ่งไม่แตกต่างจากการปลิดใบทั้งต้นแต่จะมีขั้นตอนที่ต้นทุนต่ำกว่าสะดวกและรวดเร็วส่วนการฉีดพ่นด้วยยูเรียและเอ็นเอเอทำให้เกิดการร่วงของใบได้บางส่วนแต่มีผลต่อการเกิดยอดใหม่ได้น้อยและไม่มีผลต่อการออกดอกและให้ผลผลิต

**Table 1** Percentage leaf fall and shoot growth of mulberry plant 15 and 30 day after sprayed with urea NAA ethephon and leaf removal methods

| Treatments | Percentage leaf fall at 15 day after application | Percentage leaf fall at 30 day after application | Percentage shoot growth at 30 day after application |
|---|---|---|---|
| Control | 7.5[c] | 13.8[b] | 3.2[d] |
| Urea 200g./20l. | 14.9[b] | 54.7[a] | 10.6[c] |
| NAA 1,000 ppm. | 13.4[b] | 55.6[a] | 10.7[c] |
| Ethephon 1,000 ppm. | 100.0[a] | 0.0[c] | 93.1[a] |
| Leaf removal | 0.0[d] | 0.0[c] | 84.4[b] |
| F-test | * | * | * |
| %CV | 5.46 | 14.63 | 9.58 |

Letter within the columns for each parameter denote differences between means at 5% level (DMRT)

**Table 2** Number of fruit and fruit weight of mulberry plant 45 day after sprayed with urea NAA ethephon and leaf removal methods

| Treatments | Number of fruit/shoot at 45 day after application | Weight of fruit (g) at 45 day after application |
|---|---|---|
| Control | 0[c] | 0[b] |
| Urea 200g./20l. | 0[c] | 0[b] |
| NAA 1,000 ppm. | 0[c] | 0[b] |
| Ethephon 1,000 ppm. | 79.6[a] | 2.2[a] |
| Leaf removal | 72.2[b] | 2.1[a] |
| F-test | * | * |
| %CV | 10.59 | 10.90 |

Letter within the columns for each parameter denote differences between means at 5% level (DMRT)

## เอกสารอ้างอิง

วสันต์ นุ้ยภิรมย์ ชาญณรงค์ พูนศิลป์ ไชยยงค์ สำราญถิ่น ปาน ปั้นเหน่งเพชร อนุสรณ์ เหลือแก้ว และพงศ์พันธ์ จึงอยู่สุข, 2545, ศึกษาวิธีการบังคับทรงพุ่มให้หม่อนรับประทานผลออกดอก, เอกสารผลงานกรมหม่อนไหม, กทม.

วิโรจน์ แก้วเรือง, 2555, หม่อนไหมตระการตา วิชาการหม่อนไหมโลก, หนังสือพิมพ์กสิกร, 85(1): 23-34.

ธเนศ จันทร์เทศ จินตนาภรณ์ วัฒนธร สุภาพร มัชฌิมะปุระ วิโรจน์ แก้วเรือง เทอดไทย ทองอุ่น ศุภชัย ติยวรนันท์ นงนุช เอื้อบัณฑิต จิณัติตา จิตติวัฒน์ ณกรณ์ ไกรอนุพงษา และสุกานดา คำปลิว, 2555, การศึกษาศักยภาพในการแปรรูปผลหม่อนเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพในการป้องกัน และลดการทำลายของเซลล์ประสาทและความบกพร่องของความจำใน Alzheimers disease, เอกสารผลงานกรมหม่อนไหม, กทม.

Hed, B., Ngugi, H.K. and Travis, J.W., 2014. Short-and Long-Term Effects of Leaf Removal and Gibberellin on Chardonnay Grapes in the Lake Erie Region of Pennsylvania, American Journal of Enology and Viticulture, pp.ajev-2014.

Caspari, H.W., Lang, A. and Alspach, P., 1998, Effects of Girdling and Leaf Removal on Fruit Set and Vegetative Growth in Grape, American Journal of Enology and Viticulture, 49(4): 359-366.

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ลดไขมันเสริมฟักข้าว

## Development of Reduced Fat Cookies Supplement with Gac Fruit (*Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng.)

**เพลินพิศ แจ้งโพธิ์นาค[1] ฉันทนา คำภาหมี[1] และ ภูวดล นุปทุม[1]**
Jangphonak, P.[1], Khamphamee, C.[1] and Nupatum, P.[1]

### Abstract

This research was aimed to develop reduced fat cookies supplement with Gac fruit by testing 5 level amounts of gac fruits, 0, 2, 4, 6 and 8% (by total weigh of cookies). In the results, L* value of cookies decreased significantly (p≤0.05). Higher amount of gac fruits increased a* and b* values significantly and extended products also decreased significantly. Sensory evaluation by 9-Point Hedonic Scaling indicated that higher amount of gac fruit increased score of color significantly and resulted to significant different score of flavor, taste and texture. Cookies supplemented with 6% gac fruit had the highest score of favorite
**Keywords:** cookies, gac fruit

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้โดยเสริมฟักข้าวลงในคุกกี้ลดไขมัน ใช้ปริมาณฟักข้าว 0, 2, 4, 6 และ 8% ของน้ำหนักทั้งหมด ผลการศึกษาพบว่าค่า L* ของคุกกี้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) เมื่อปริมาณฟักข้าวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ค่าการขยายตัวของคุกกี้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ตามปริมาณฟักข้าวที่เพิ่มขึ้น จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินความชอบแบบ 9–Point Hedonic Scaling พบว่าคะแนนความชอบด้านสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ฟักข้าวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าคุกกี้ที่เสริมฟักข้าวที่ระดับ 6% ของน้ำหนักทั้งหมด ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด
**คำสำคัญ**: คุกกี้ ฟักข้าว

### คำนำ

ฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng.) เป็นพืชไม้เลื้อยอยู่ในวงศ์แตงกวาและมะระ มีชื่อสามัญว่า Gac fruit เป็นไม้ประเภทล้มลุก โดยเป็นเถาเลื้อย มีมือเกาะแบบเดียวกับตำลึง ผลของฟักข้าวจะมีรูปร่างกลมรี มีหนามขนาดเล็กอยู่รอบผล ผลอ่อนมีสีเขียวอมเหลือง เจริญได้เองโดยไม่ต้องถูกผสม เมื่อผลสุกจะมีสีแดง หรือแดงอมส้ม ภายในมีเมล็ดจำนวนมากเรียงตัวกันคล้ายเมล็ดแตง ฟักข้าวเป็นพืชพื้นบ้านที่มีสารพฤกษเคมี (phytochemical) ในปริมาณมาก มีปริมาณ เบตาแคโรทีนและปริมาณไลโคปีนสูงกว่าผักและผลไม้ชนิดอื่น (Vuong และคณะ, 2006; Aoki และคณะ, 2002; Burke และคณะ, 2005) จึงถือว่าเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงในการนำมาแปรรูปเพื่อเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (พัชริน, 2555) คุกกี้ เป็นขนมอบที่ทำจากแป้งสาลีหรือแป้งสาลีผสมกับแป้งชนิดอื่นน้ำตาลไขมันหรือน้ำมันบริโภค นม ไข่ ผงฟู เบกกิ้งโซดา สารแต่งกลิ่นรส เกลือ อาจมีส่วนผสมอื่น เช่น โกโก้ เมล็ดธัญพืช สมุนไพร ผลไม้แห้ง เป็นต้น ผ่านกระบวนการหยอด หั่น กด ปั้น หรือวิธีอื่น ที่เหมาะสมแล้วนำไปอบจนกรอบ ซึ่งคุกกี้ในท้องตลาดส่วนใหญ่จะมีปริมาณไขมันค่อนข้างสูง การนำฟักข้าวมาเป็นส่วนผสมในคุกกี้ลดไขมัน จึงเป็นการผสมผสานระหว่างคุกกี้กับประโยชน์จากฟักข้าว เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่สนใจในผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับคุกกี้ อีกทั้งยังเป็นการนำเอาพืชผักในท้องถิ่นมาแปรรูปให้เกิดประโยชน์อีกด้วย

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000
[1] Department of Food science and Technology, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University 64 Thaharn Road, Muang, Udon Thani 41000, Thailand

## อุปกรณ์และวิธีการ

### วัตถุดิบ

นำผลฟักข้าวสุกมาล้างทำความสะอาด จากนั้นผ่าครึ่งโดยแยกเอาเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว และเนื้อฟักข้าวออกจากกัน โดยจะใช้เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวกับเนื้อฟักข้าวมาผสมกันในอัตราส่วน 1:1 ปั่นให้ละเอียด

### การผลิตคุกกี้ลดไขมันเสริมฟักข้าว

นำฟักข้าวที่เตรียมไว้มาเสริมในคุกกี้ลดไขมัน โดยเสริมฟักข้าว 0, 2, 4, 6 และ 8% ของน้ำหนักทั้งหมด การทำคุกกี้ลดไขมันทำได้โดยผสมแป้งเค้ก 300 กรัม ผงฟู 3 กรัม หางนมผง 35 กรัม แล้วนำมาร่อนเข้าด้วยกัน พักไว้ ตีเนยสด 120 กรัม เนยขาว 80 กรัม ให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำตาลทรายบดละเอียด 150 กรัม ตีจนกระทั่งส่วนผสมขึ้นฟู เติมไข่ไก่ 50 กรัมลงไป จากนั้นเติมฟักข้าวแล้วตีส่วนผสมให้เข้ากัน นำนมข้นจืด 40 กรัม วานิลลา 6 กรัม และเกลือ 3 กรัมผสมกันจนละลายพักไว้ แล้วนำส่วนผสมดังกล่าวใส่สลับกับแป้งที่ร่อนไว้ ใช้ความเร็วในการผสมต่ำเป็นเวลา 2 นาที

### การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของคุกกี้ลดไขมันเสริมฟักข้าว

วัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Hunter Lab รุ่น CX 1463

การขยายตัวของคุกกี้หลังการอบ ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ โดยวัดความกว้างต่อความหนา และคำนวณโดยใช้สมการ (อภิญญา, 2553) การขยายตัวของคุกกี้ = ความกว้าง (เซนติเมตร)/ความหนา (เซนติเมตร)

### การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scaling ประเมินคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 15 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design; RCBD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test; DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 95%

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การพัฒนาคุกกี้ลดไขมันโดยการเสริมฟักข้าว 0 (สูตรควบคุม), 2, 4, 6 และ 8% พบว่าการเสริมฟักข้าวลงในคุกกี้ลดไขมันมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ (Table 1) โดยค่า L* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณฟักข้าวลงในคุกกี้ ในขณะที่ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากรงควัตถุพวกเบตาแคโรทีนและไลโคปีนมีปริมาณมากในฟักข้าว และเมื่อเพิ่มปริมาณฟักข้าวลงในคุกกี้ลดไขมัน ทำให้การขยายตัวของคุกกี้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในฟักข้าวมีน้ำเป็นองค์ประกอบ เมื่อผสมลงในคุกกี้ลดไขมัน และผ่านการให้ความร้อนในการอบ ปริมาณน้ำที่มีอยู่จะระเหยไปทำให้เมื่อเสริมฟักข้าวมากขึ้น การขยายตัวจึงลดลง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ลดไขมันเสริมฟักข้าว (Table 2) พบว่า คะแนนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะด้านสีพบว่ามีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณฟักข้าวในคุกกี้ลดไขมัน และพบว่าผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมีความชอบคุกกี้ลดไขมันเสริมฟักข้าว 6% โดยได้คะแนนสูงสุดในทุกด้าน

## สรุปผล

เมื่อเพิ่มปริมาณฟักข้าวในผลิตภัณฑ์คุกกี้ลดไขมัน มีผลให้ค่า L*มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่า a* และ b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่การขยายตัวของคุกกี้ลดไขมันมีแนวโน้มลดลง และการเพิ่มปริมาณฟักข้าวที่ 6 % ของน้ำหนักทั้งหมดมีผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิม โดยพบว่าได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้าน

## คำขอบคุณ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

## เอกสารอ้างอิง


พัชริน ส่งศรี, 2555, ฟักข้าว พืชพื้นบ้านคุณค่าสูงเพื่อสุขภาพ. แก่นเกษตร 40: 1-6.

อภิญญา เจริญกูล, 2553, การนำแป้งข้าวกล้องงอกมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้สิงคโปร์, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 30(4): 108-119.

Aoki, H., Kieu, N.T., Kuze, N., Tomisaka K. and Van Chuyen, N., 2002, Carotenoid Pigments in Gac Fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng), Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 66(11): 2479-2482.

Burke, D.S., Smidt, C.R. and Vuong, L.T., 2005, *Momordica cochinchinensis, Rosa Roxburghii,* Wolfberry, and Sea Buckthorn-highly Nutritional Fruit Supported by Tradition and Science, Current Topics in Nutraceutical Research, 3(4): 259-266.

Vuong, L.T., Franke, A.A., Custer, L.J. and Murphy, S.P., 2006, *Momordica cochinchinensis* Spreng. (Gac) Fruit Caroteniods Reevaluated, Journal of Food Composition and Analysis, 19: 664-668.


**Table 1** Color and product extended of reduced fat cookies supplement with gac fruit

| Gac fruit (%) | L* | a* | b* | Product extended |
|---|---|---|---|---|
| 0 | $74.46 \pm 0.12^{a}$ | $6.50 \pm 0.28^{e}$ | $30.67 \pm 0.28^{e}$ | $4.23 \pm 0.33^{a}$ |
| 2 | $72.02 \pm 0.03^{c}$ | $11.27 \pm 0.24^{d}$ | $35.88 \pm 0.32^{d}$ | $4.07 \pm 0.15^{ab}$ |
| 4 | $72.93 \pm 0.20^{b}$ | $13.18 \pm 0.22^{c}$ | $38.35 \pm 0.27^{c}$ | $3.95 \pm 0.24^{ab}$ |
| 6 | $71.45 \pm 0.02^{d}$ | $15.23 \pm 0.08^{b}$ | $41.74 \pm 0.26^{b}$ | $3.83 \pm 0.29^{b}$ |
| 8 | $68.93 \pm 0.02^{e}$ | $18.27 \pm 0.11^{a}$ | $47.54 \pm 0.67^{a}$ | $3.77 \pm 0.26^{b}$ |

$^{a,b,c}$…Means within a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

**Table 2** Sensory evaluation of reduced fat cookies supplement with gac fruit

| Gac fruit (%) | Appearace | color | Flavor | Taste | Texture | All acceptance |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0% | $6.13 \pm 1.25^{b}$ | $5.00 \pm 0.93^{b}$ | $6.40 \pm 0.83^{ab}$ | $6.07 \pm 0.90^{b}$ | $6.40 \pm 0.91^{a}$ | $6.33 \pm 1.05^{ab}$ |
| 2% | $6.27 \pm 1.10^{ab}$ | $6.47 \pm 1.25^{a}$ | $6.47 \pm 0.64^{ab}$ | $6.53 \pm 1.30^{ab}$ | $6.80 \pm 1.37^{a}$ | $6.80 \pm 1.32^{a}$ |
| 4% | $6.00 \pm 1.81^{b}$ | $6.40 \pm 1.24^{a}$ | $6.13 \pm 1.06^{ab}$ | $6.13 \pm 1.46^{b}$ | $6.73 \pm 1.16^{a}$ | $6.60 \pm 1.35^{a}$ |
| 6% | $7.00 \pm 1.19^{a}$ | $6.67 \pm 1.35^{a}$ | $6.73 \pm 0.60^{a}$ | $6.93 \pm 0.90^{a}$ | $6.93 \pm 1.16^{a}$ | $6.93 \pm 1.58^{a}$ |
| 8% | $5.73 \pm 1.22^{b}$ | $6.00 \pm 1.65^{a}$ | $5.87 \pm 0.92^{b}$ | $5.87 \pm 1.55^{b}$ | $5.67 \pm 1.54^{b}$ | $5.73 \pm 1.71^{b}$ |

$^{a,b,c}$…Means within a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

# การรมด้วยไอของกรดอะซิติกร่วมกับการอบลมร้อนต่อคุณภาพของมะขามหวานพันธุ์สีทอง

# Acetic Acid Fumigation Assisted Hot Air Drying on Quality of Sweet Tamarind cv. Si-thong

นฤมล นกพรหม[1] ขนิษฐา สุทินเผือก[1] อลิษา สุนทรวัฒน์[1] ชวนพิศ จิระพงษ์[1] นิธิภัทร บุญปก[2] และ เฉลิมชัย วงษ์อารีย์[3]

Nokprom, N.[1], Sutinphuak, K.[1], Soontornwat, A.[1], Jirapong, C.[1], Boonpok, N.[2] and Wongs-Aree, C.[3]

## Abstract

Fresh sweet tamarinds are extensively consumed in Thailand. The main postharvest diseases are typically limited of sweet tamarind shelf life caused by fungal pathogens. Some organic acids have ability to control or inhibited the growth of microorganisms. Therefore, this experiment is subjected to study on the effects of acetic acid fumigation assisted hot air drying of sweet tamarind cv. Si-thong to inhibit growth of *Aspergillus* sp. The results showed that fumigation of 99.5% acetic acid with hot air drying at 80 °C for 40 minutes treatment and the treatment of 99.5% acetic acid for 40 minutes fumigate was completely inhibit the growth of *Aspergillus* sp. on sweet tamarind cv. Si-thong pods after storage in ambient temperature (25±3 °C). However, using of hot air drying at 80°C for 40 minutes treatment and non-fumigated (control) show 60 and 80% disease incidence on day 12 of storage, respectively. Furthermore, the combined treatment of acetic acid fumigation and hot air drying resulted in weight loss, total soluble solids and tartaric acid contents was not significant difference when compared with control. The potential for fumigation of acetic acid with hot air drying could be control quality and prolong shelf life on sweet tamarind cv. Si-thong.

**Keywords:** acetic acid, fumigation, hot air drying and sweet tamarind cv. Si-thong

## บทคัดย่อ

มะขามหวานในประเทศไทย มักประสบปัญหาทางการผลิตในด้านคุณภาพ ซึ่งปัญหาที่สำคัญ คือคุณภาพของฝักมะขามหวานที่มักพบการเกิดโรคในฝักมะขามหวานที่เกิดจากเชื้อรา โดยกรดอินทรีย์บางชนิดมีคุณสมบัติในการควบคุมหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นจึงมีการศึกษาผลของการรมมะขามหวานพันธุ์สีทองด้วยไอของกรดอะซิติกเพื่อยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* sp. ที่เป็นสาเหตุการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าการรมด้วยไอของกรดอะซิติกความเข้มข้น 99.5 % ร่วมกับลมร้อนอุณหภูมิ 80 °C นาน 40 นาที และการรมด้วยกรดอะซิติกความเข้มข้น 99.5 % นาน 40 นาทีสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus* sp. ในฝักมะขามหวานพันธุ์สีทองได้อย่างสมบูรณ์หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±3 °C) ส่วนการอบลมร้อนอุณหภูมิ 80 °C นาน 40 นาที และไม่รม (ชุดควบคุม) มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาถึง 60 และ 80 % ตามลำดับ นอกจากนี้การรมด้วยไอของกรดอะซิติกความเข้มข้น 99.5 % ร่วมกับลมร้อนอุณหภูมิ 80 °C นาน 40 นาที พบว่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณของกรดทาร์ทาริกไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้นการรมด้วยไอกรดอะซิติกร่วมกับลมร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพของมะขามหวานและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น

**คำสำคัญ**: กรดอะซิติก การรม การอบลมร้อน และมะขามหวานพันธุ์สีทอง

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 18/18 ถนนบางนา-ตราด กม. ที่ 18 ตำบลบางโฉลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540

[1] Department of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, 18/18 Bang Na-Trad Road Km 18, Bang Phli District, Samutprakan 10540

[2] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 234 ถนนเลย-เชียงคาน ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย 42000

[2] Department of Agriculture, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, 234 Mueang Loei-Chiang Khan Rd., Mueang Loei, Loei 42000

[3] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

[3] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Monkut's University of Technology Thonburi, 49 Thian Thale 25 Soi, Bang Khun Thian Chai Thale Rd., Tha Kham, Bang Khun Thian, Bangkok 10150

## คำนำ

มะขามหวานพันธุ์สีทอง (sweet tamarind cv. Si-thong) เป็นมะขามหวานสายพันธุ์ที่ได้รับความนิยม มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย สามารถจำหน่ายได้ดีทั้งในและต่างประเทศ การส่งออกมะขามไปต่างประเทศจากสถิติที่ผ่านมาในปี 2554 มีมูลค่า 617,804,220 บาท จนกระทั่งปี 2556 มีมูลค่าการส่งออกเพิ่มมากขึ้น 663,025,099 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) มะขามหวานเป็นผลไม้ที่สามารถเก็บไว้ได้นานกว่าผลไม้ชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อมะขามหวานที่สุกแล้วมีความชื้นที่ต่ำ แต่มักพบการระบาดของเชื้อราเป็นจำนวนมาก จึงส่งผลต่อคุณภาพฝักมะขามหวานหลังการเก็บเกี่ยว ในการเก็บรักษามะขามหวานหลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรในปัจจุบัน มักพบปัญหาที่ทำให้ผลเสียต่อการจัดจำหน่ายหรือส่งออกให้แก่ผู้บริโภค โดยปัญหาที่พบคือ การเข้าทำลายของเชื้อราและแมลงเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเกษตรกรได้มีวิธีการแก้ปัญหาเหล่านี้คือ การนึ่งไอน้ำ (ลังถึง) เป็นวิธีที่นิยมและมีการใช้กันมากที่สุด การอบด้วยไอร้อน การอบด้วยตู้พลังงานแสงอาทิตย์ และการอบด้วยตู้ไมโครเวฟ วิธีการดังกล่าวสามารถช่วยยับยั้งหรือควบคุมการเจริญของเชื้อรา และการเข้าทาลายแมลงบางชนิด เป็นทางเลือกให้กับผู้ที่ส่งออกมะขามหวานเพื่อเป็นการลดต้นทุนลดความสูญเสียของมะขามหวานหลังการเก็บเกี่ยว (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์, 2544) จึงมีการศึกษาแนวทางในการควบคุมการเกิดโรคในมะขามหวานที่ไม่เป็นอันตรายทั้งต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นการลงทุนที่ไม่สิ้นเปลือง และสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะขามหวานให้นานขึ้น นอกจากวิธีดังกล่าวกรดอะซิติกยังสามารถนำมาควบคุมหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ โดยมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาการใช้กรดอะซิติกในผลไม้เพื่อควบคุมโรคเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การใช้ไอของกรดอะซิติกไปใช้ในการควบคุมการเจริญของเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวในมะม่วงน้ำดอกไม้ (เนตรนภิส, 2541) และรมไอกรดในลำไยพันธุ์ดอ (นิธิภัทร และคณะ, 2553) เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรมด้วยไอของกรดอะซิติก ความเข้มข้น 99.5 % ร่วมกับการอบด้วยลมร้อนในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* sp. ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคในฝักมะขามหวานหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและยังคงคุณภาพของมะขามหวาน

## อุปกรณ์และวิธีการ

### ศึกษาผลของการรมไอกรดอะซิติกร่วมกับการอบด้วยลมร้อนต่อคุณภาพของมะขามหวานพันธุ์สีทอง

ทำการคัดเลือกมะขามโดยเลือกฝักที่มีสภาพที่สมบูรณ์ คือ เปลือกไม่แตก มีน้ำหนัก ขนาดที่ใกล้เคียง จากนั้นเจาะมะขามหวาน โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อ (hook needle) เพื่อทำให้เกิดแผล หลังจากนั้นนำไซลิงค์ (syringe) ขนาด 5 มิลลิลิตร ที่ใส่เข็มฉีดยา ขนาด 0.5x25 มิลลิเมตร ดูดสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp. ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร ใส่บริเวณแผลของมะขามหวานทุก ๆ ฝัก นำมะขามหวานที่ปลูกเชื้อรามาทำการบรรจุลงในขวดโหลแก้วปริมาตร 250 มิลลิลิตรจำนวน 100 กรัมต่อขวด จากนั้นแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ดังนี้ ไม่รม (ชุดควบคุม) รมด้วยไอกรดอะซิติก ความเข้มข้น 99.5 % ปริมาณ 1.0 มิลลิลิตร เป็นเวลา 40 นาที รมด้วยไอกรดอะซิติก ความเข้มข้น 99.5 % ปริมาณ 1.0 มิลลิลิตรร่วมกับอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 40 นาที และอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 40 นาที และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±3 °C) ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทุกๆ 2 วัน เป็นเวลา 12 วัน โดยจำลองสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราระหว่างการเก็บรักษา ทำการวิเคราะห์และตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และ การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาการรมมะขามหวานพันธุ์สีทองด้วยไอกรดอะซิติก ความเข้มข้น 99.5% ร่วมกับการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 40 นาที และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25±3 °C) เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า มะขามหวานชุดควบคุมและชุดที่อบด้วยลมร้อนมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาถึง 60 และ 80 % ตามลำดับ (Figure 1) ส่วนชุดการรมด้วยไอกรดอะซิติก และชุดการรมด้วยไอกรดอะซิติกร่วมกับการอบด้วยลมร้อน สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus* sp. ได้ ซึ่งไม่พบการเกิดโรคในฝักมะขามหวาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรดอะซิติก ความเข้มข้น 99.5 % เป็นกรดอ่อน ละลายน้ำได้น้อย ซึ่งจะอยู่ในรูปของกรดที่ไม่แตกตัว โดยจะสามารถสลายได้ในชั้นไขมันของผนังเซลล์ และเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในเซลล์ของเชื้อรา จากนั้นกรดจะเข้าไปแตกตัว ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่อยู่ภายในเซลล์ลดลง และส่งผลต่อการทำงานของเอ็นไซม์ การสร้างโปรตีน และมีการสังเคราะห์ดีเอ็นเอที่ผิดปกติ ส่งผลทำให้เซลล์ของเชื้อราถูกทำลาย (Garbutt, 1997)

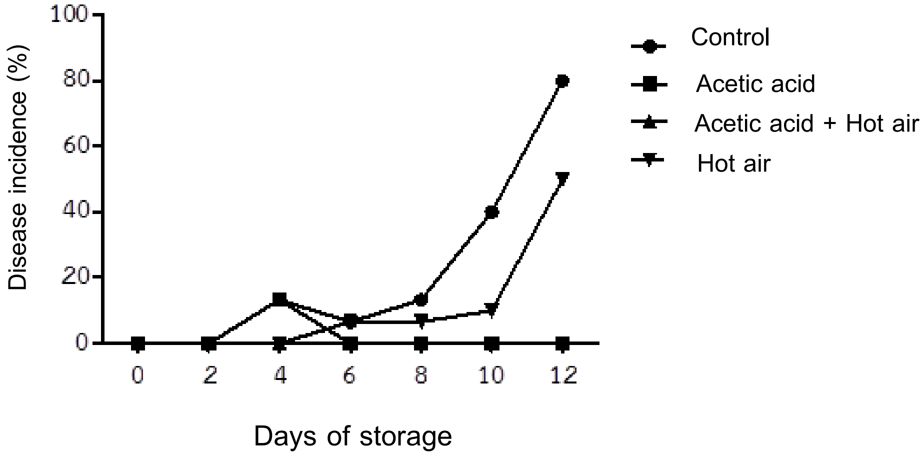



**Figure 1** Disease Incidence in Sweet tamarind cv. Si-thongs were inoculated by spore suspension of *Aspergillus* sp. followed by fumigation with acetic acid 99.5 % assisted hot air drying. The untreated fruit were served as control. All fruit were then stored at room temperature (25±3 °C).

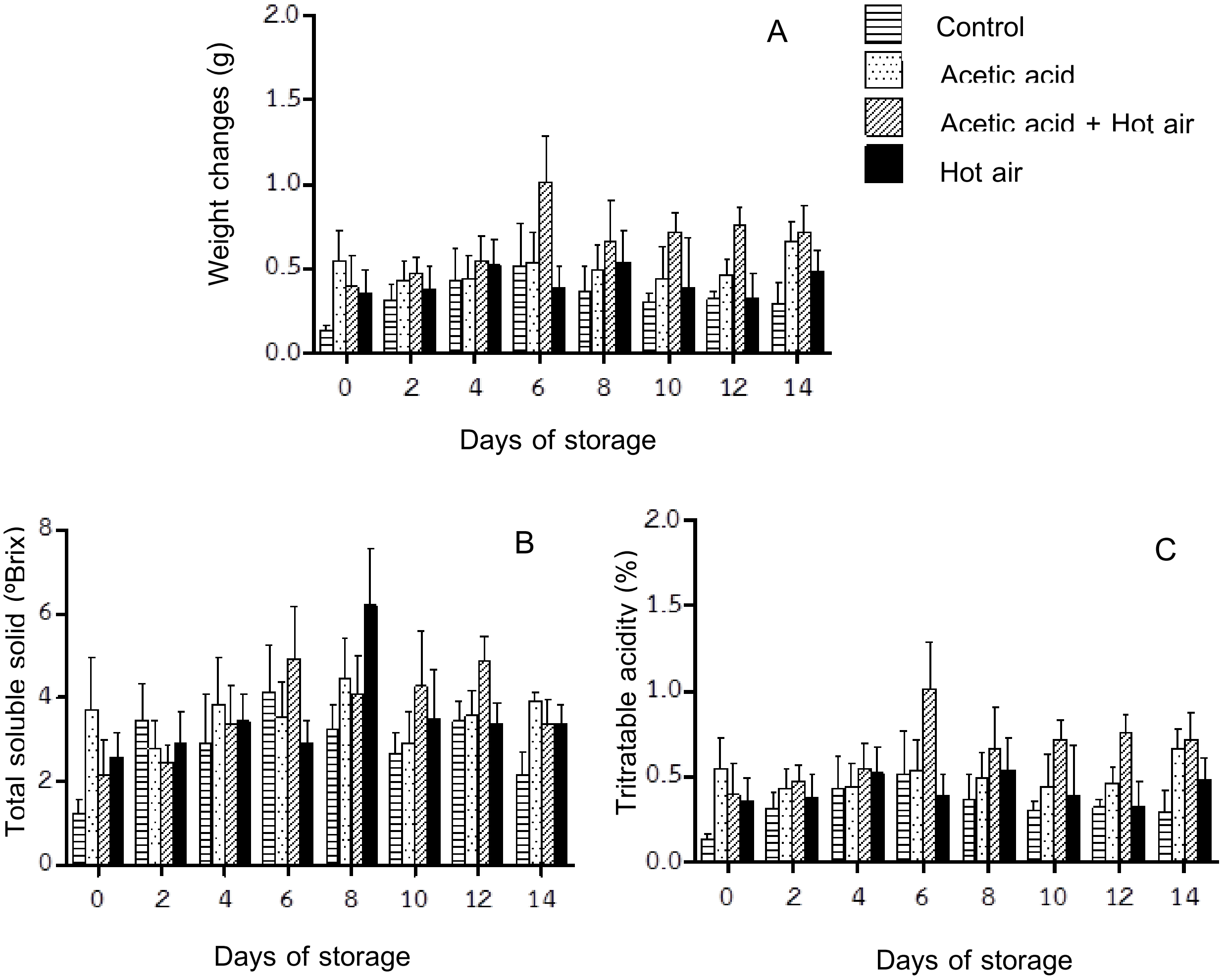



**Figure 2** Weight loss (A), total soluble solid (B) and tartaric acid contents (C) in Sweet tamarind cv. Si-thongs were inoculated by spore suspension of *Aspergillus* sp. followed by fumigation with acetic acid 99.5 % assisted hot air drying. The untreated fruit were served as control. All fruit were then stored at room temperature (25±3 °C).

การสูญเสียน้ำหนักของมะขามหวานของชุดที่รมด้วยไอกรดอะซิติกเพียงอย่างเดียวและชุดการรมด้วยไอกรดอะซิติกร่วมกับการอบด้วยลมร้อนมีค่ามากกว่ามะขามหวานชุดควบคุมและชุดที่อบด้วยลมร้อนตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งในวันที่ 14 ของการเก็บรักษาพบว่า ชุดการรมด้วยไอกรดอะซิติกร่วมกับการอบด้วยลมร้อนและชุดที่รมด้วยไอกรดอะซิติกเพียงอย่างเดียวมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเพิ่มมากที่สุด (16.88 และ 14.29 ตามลำดับ) (Figure 2A) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการปลูกเชื้อ และรมด้วยกรดอะซิติกร่วมกับการอบด้วยความร้อนสูง ทำให้ฝักมะขามหวานได้รับภาวะเครียด มีการเข้าทำลายของเชื้อรา การสัมผัสไอของกรดและลมร้อนโดยตรง ทำให้ฝักมะขาม เกิดบาดแผล ส่งผลให้เนื้อเยื่อของฝักมะขามเกิดความเสียหายส่งเสริมให้มีการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้น (นิธิภัทร และคณะ, 2553) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณของกรดทาร์ทาริกในมะขามหวานพันธุ์สีทองของชุดการรมด้วยไอกรดอะซิติกร่วมกับการอบด้วยลมร้อนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ชุดที่อบด้วยลมร้อน และชุดที่รมด้วยไอกรดอะซิติกเพียงอย่างเดียว (Figure 2B, 3C) โดยกรดอะซิติกทำหน้าที่เป็นสารฆ่าหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต เช่น รา แบคทีเรีย แมลงต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้กรดอะซิติกสามารถทำลายสปอร์ของเชื้อรา อีกทั้งไอกรดอะซิติกยังไม่มีผลต่อเปลือกหรือผิวของผลไม้ และยังคงประสิทธิภาพเมื่อใช้ในอุณหภูมิต่ำ (Sholberg และคณะ, 1995)

## สรุปผล

การรมมะขามหวานด้วยไอกรดอะซิติกความเข้มข้น 99.5 % ร่วมกับการอบด้วยลมร้อน 80 °C เป็นเวลา 40 นาที สามารถสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus* sp. ได้ แต่มีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักมะขามหวานเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การรมด้วยไอกรดอะซิติกร่วมกับการอบด้วยลมร้อน ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดทาร์ทาริกของมะขามหวานพันธุ์สีทอง

## เอกสารอ้างอิง

นิธิภัทร บุญปก ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, 2553, ผลของการรมกรดอะซิติกต่อการควบคุมโรคและคุณภาพของลำไย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร: 377-380.

เนตรนภิส เขียวขำ, 2541, การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยกรดอะซิติก, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 90 หน้า.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์, 2544, การปลูกมะขามหวาน, กรมการส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเพชรบูรณ์, 43 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557, ระบบแสดงข้อมูลด้านสถิติ [ออนไลน์], http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/main.php, [15/ July/ 15].

Garbutt, J., 1997, Essentials of Food Microbiology, Arnold, London, England.

Sholberg, P.L. and Gaunce, A.P., 1995, Fumigation of Fruit with Acetic Acid to Prevent Postharvest Decay, HortScience, 30(6):1271–1275.

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดจากพืชสมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ในการป้องกันยุงรำคาญ สายพันธุ์ *Culex quinquefasciatus*

# Product Development of Thai Medicinal Plants Extracts Protection Activity against Mosquitoes Species *Culex quinquefasciatus*

**สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก**[1]
Kongtun Janphuk, S.[1]

## Abstract

The aim of this research was to develop an effective repellent against mosquitoes species *Culex quinquefasciatus* from medicinal plants formulation. The medicinal plant extracts were made to formulate repellent incense, and two types were prepared: 1) fresh medicinal plant formulas and 2) essential oil formulas. Fresh medicinal plant formulas were made from three varieties of plants: Neem tree, Galangal and Cussumunar ginger. The water distillation method was applied to extract essential oils from three varieties of medicinal plants (Tangerine, Kaffer Lime and Lemongrass). All repellent formulations against mosquitoes were tested by monitoring anti-mosquitoes efficiency. Results showed that 3% Kaffer Lime incense was the best formula with a 72.38% anti-mosquitoes efficiency.

**Keywords:** herbal extracts, repellent, incense

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้ เพื่อตั้งตำรับผลิตภัณฑ์สมุนไพรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงรำคาญ (Culexquin quefasciatus) สารสกัดสมุนไพรสด ได้แก่ ไพล ข่า และสะเดา สกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ เปลือกส้ม ผิวมะกรูด และใบตะไคร้บ้าน น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้นำมาตั้งตำรับธูปสมุนไพรไล่ยุงสูตรน้ำมันหอมระเหย นำธูปสมุนไพรไล่ยุงทุกสูตร มาทดสอบประสิทธิภาพในการไล่และป้องกันยุง พบว่าในธูปสมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหยมะกรูด 3% สามารถป้องกันยุงได้ดีที่สุด เท่ากับ 72.58% ส่วนในธูปสมุนไพรชนิดอื่นๆ มีประสิทธิภาพในการไล่และป้องกันยุง

**คำสำคัญ**: สารสกัดสมุนไพร สารไล่ยุง ธูป

## คำนำ

ยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus*) พบได้ในทวีปแอฟริกาและเอเชีย เมื่อได้รับการผสมพันธ์จะวางไข่เป็นแพในน้ำเน่าเสีย แหล่งเพาะพันธุ์มักอยู่ใกล้บ้านเรือนที่อยู่อาศัย อาศัย ไข่แพหนึ่งมีประมาณ 200-250 ฟอง ที่อุณหภูมิ 24-30 องศาเซลเซียส ไข่ฟักตัวภายในระยะเวลา 30 ชั่วโมง (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2553) (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2553) โดยยุงรำคาญทั้งตัวผู้และตัวเมียจะกินน้ำหวานจากต้นไม้เป็นอาหาร และเมื่อผ่านการผสมพันธุ์ ยุงตัวเมียจะกินเลือดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและนกเพื่อใช้สำหรับการวางไข่ (Gerberg, 1994) การถูกกัดโดยยุงรำคาญเป็นสาเหตุหลักของการเกิดโรคเท้าช้าง (Lymphatic filariasis) ในประเทศพม่าและอินโดนีเซีย (สุรางค์, 2550) นอกจากนี้ยุงรำคาญเมื่อถูกกัดอาจทำให้มีอาการคัน แพ้ และเกิดเป็นแผลพุพองบริเวณที่ถูกยุงกัดและใกล้เคียงได้

ผลิตภัณฑ์จุดกันยุงที่มีขายในท้องตลาด มักมีสารเคมีสังเคราะห์ในกลุ่มของไพรีทรอยด์ (pyrethroids) ซึ่งเป็นการสังเคราะห์เลียนแบบสารไพรีทริน (pyrethrins) ซึ่งพบในดอกไม้ตระกูลเบญจมาศ เป็นองค์ประกอบ สารสังเคราะห์เลียนแบบที่นิยมใช้กันในผลิตภัณฑ์จุดกันยุง ได้แก่ แอลเลอทริน (allerthrin) และ ดี-แอลเลอทริน (d-allerthrin) (Strickman และคณะ, 2009) ด้วยเหตุนี้ ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงรำคาญ

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800
[1] Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Pipoonsongkram rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

เพื่อนำมาผสมสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ธูปไล่ยุงจากสมุนไพร เพื่อลดการใช้สารเคมีอันตราย และเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสมุนไพรไทย

## อุปกรณ์และวิธีการ

**เตรียมน้ำมันหอมระเหยและผงสมุนไพร**

นำเปลือกส้ม เปลือกมะกรูด และใบตะไคร้บ้าน มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และสกัดด้วยชุดสกัดน้ำมันหอมระเหยแบบใช้ไอน้ำ ในขณะที่เหง้าไพล เหง้าข่า และเมล็ดสะเดา นำมาทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บดเป็นผงละเอียดเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการทำธูปไล่ยุง

**เตรียมตำรับธูปน้ำมันหอมระเหยและธูปผงสมุนไพร**

ตำรับธูปไล่ยุงที่ผสมน้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยผงต้นธูปฤาษี ผงจันทน์แดง ผงขี้เลื่อย ผงกฤษณา ผงชะลูดขาว และผสมน้ำมันหอมระเหยที่กัดได้ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยเปลือกส้ม น้ำมันหอมระเหยเปลือกมะกรูด น้ำมันหอมระเหยตะไคร้บ้าน โดยแปรความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 1 3 และ 5 ในขณะที่ตำรับธูปไล่ยุงสูตรสมุนไพรสดประกอบด้วยผงต้นธูปฤาษี ผงจันทน์แดง ผงขี้เลื่อย ผงกฤษณา ผงชะลูดขาว ผสมกับผงสมุนไพรที่เตรียมไว้ได้แก่ ผงไพล ผงข่า และผงสะเดา จากนั้นธูปที่ทำได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50°C โดยเปรียบเทียบระยะเวลาที่ 6 12 และ 24 ชั่วโมง นำธูปน้ำมันหอมระเหยที่ได้ทั้ง 6 ตำรับที่ระยะเวลาในการอบต่างๆมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น และความเปราะของธูป และนำธูปน้ำมันหอมระเหยและธูปสมุนไพรที่มีลักษณะที่ดีที่สุดมาทดสอบการป้องกันยุงรำคาญสายพันธุ์ *Culex quinquefasciatus* (ทำการทดสอบโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข)

**การทดสอบประสิทธิภาพการไล่ยุงรำคาญสายพันธุ์ *Culex quinquefasciatus***

เกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพในการไล่ยุง ใช้ยุงโดยมีการควบคุมสภาวะในการดำเนินการเพาะเลี้ยงตามวิธีการของกองกีฏวิทยาการแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ผู้ทำการทดสอบใช้อาสาสมัครชายและหญิง จำนวน 6 คน ยุงรำคาญตัวเมีย อายุ 4-5 วันซึ่งเลี้ยงไว้ในห้องปฏิบัติการและยังไม่เคยกินเลือดมาก่อน จำนวน 250 ตัว พื้นที่ทดสอบที่มีขนาด 33 ลูกบาศก์เมตร (4.6 x 2.76 x 2.6 เมตร) จะถูกแบ่งครึ่งระหว่างกลาง เพื่อให้เป็นพื้นที่ทดสอบ (มีผลิตภัณฑ์) และพื้นที่เปรียบเทียบ (ไม่มีผลิตภัณฑ์) โดยมีบริเวณใกล้ประตูห้องที่ใช้ร่วมกันสำหรับปล่อยยุงเข้าไป ในห้องขนาด 3 ลูกบาศก์เมตร (4.6 x 0.25 x 2.6 เมตร) อาสาสมัครจะอยู่ในพื้นที่ทดสอบและพื้นที่เปรียบเทียบห้องละ 3 คนเพื่อคอยจับยุง

พื้นที่ทดสอบจะมีการใช้ผลิตภัณฑ์ 15 นาที ก่อนทำการปล่อยยุงเข้าไปในห้อง อาสาสมัครทั้งสองกลุ่มจะจับยุงจนครบ 10 นาที นับจำนวนยุงที่จับได้ ก่อนปล่อยยุงกลับคืนห้องทดสอบ พัก 10 นาที ก่อนเริ่มจับยุงครั้งต่อไปโดยจะให้อาสาสมัครทั้งสองกลุ่มสลับห้องทดสอบ ทำสลับกันเช่นนี้ จนครบ 6 ครั้ง ทำการคำนวณอัตราป้องกันยุงกัดของอาสาสมัครของอาสาสมัคร จากสูตร

$$\text{อัตราป้องกันยุงกัด (\%)} = \frac{\text{จำนวนยุงที่จับได้ในพื้นที่เปรียบเทียบ} - \text{จำนวนยุงที่จับได้ในพื้นที่ทดสอบ}}{\text{จำนวนยุงที่จับได้ในพื้นที่เปรียบเทียบ}} \times 100$$

คำนวณหาค่าเฉลี่ยอัตราป้องกันยุงกัด จากอัตราป้องกันยุงกัดของอาสาสมัครทั้งหมด

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการทำแห้งผลิตภัณฑ์ธูปไล่ยุงตำรับผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยและตำรับผลิตภัณฑ์สมุนไพรสด ด้วยอุณหภูมิ 50 °C ที่ระยะเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมงพบว่า การอบที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมงผลิตภัณฑ์ธูปที่ได้ยังมีความชื้น และการอบระยะเวลา 24 ชั่วโมงทำให้ธูปแห้งเกินไปทำให้เปราะแตกง่าย ในขณะที่การอบแห้งระยะเวลา 12 ชั่วโมงนั้นจะได้ธูปที่แห้ง มีความเกาะตัวไม่แตกเปราะง่าย (Table 1) ดังนั้นตำรับธูปน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้ม น้ำมันหอมระเหยเปลือกมะกรูด น้ำมันหอมระเหยตะไคร้บ้าน ผงไพล ผงข่า และผงสะเดา ที่อบเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมงจึงถูกนำไปทดลองในการไล่ยุงรำคาญต่อไป

ผลการทดลองในการไล่ยุงของธูปสมุนไพรไล่ยุงรำคาญสายพันธุ์ *Culex quinquefasciatus* พบว่า เมื่อนำสมุนไพรสด ไพล ข่า และสะเดา นำมาตั้งตำรับผลิตภัณฑ์ธูปสมุนไพร และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง พบว่า ตำรับผลิตภัณฑ์ธูปสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ไพล ข่า และสะเดา มีประสิทธิภาพในการป้องกันยุง เท่ากับ 29.52 26.66 และ 23.63 ตามลำดับ และเมื่อนำน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้ม ผิวมะกรูด และใบตะไคร้บ้านที่สกัดด้วยน้ำ นำมาตั้งตำรับ

ผลิตภัณฑ์ธูปน้ำมันหอมระเหย โดยแปรความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ร้อยละ 1 3 และ 5 และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง มาทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันยุงรำคาญ พบว่า ผลิตภัณฑ์ธูปน้ำมันหอมระเหยเปลือกส้ม ผิวมะกรูด และใบตะไคร้บ้านมีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงรำคาญ เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากร้อยละ 1 เป็นร้อยละ 3 และลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นน้ำมันหอมระเหยจากร้อยละ 3 เป็นร้อยละ 5 โดยพบว่า ตำรับผลิตภัณฑ์ธูปน้ำมันหอมระเหยที่ทำจากน้ำมันหอมระเหยมะกรูดร้อยละ 3 มีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงรำคาญสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 72.38 ซึ่งสูงกว่าการใช้ตำรับผลิตภัณฑ์ธูปสมุนไพร ไพล ข่า และสะเดา จากผลการทดลองสังเกตได้ว่าประสิทธิภาพของการไล่ยุงรำคาญของตำรับผลิตภัณฑ์ธูปน้ำมันหอมระเหยผิวมะกรูดและเปลือกส้มมีค่าสูงเนื่องจากมีสารประกอบในกลุ่มไพรีทรอยด์ ซึ่งจะถูกพบในผิวของพืชในตระกูลส้ม (Sutthanont และคณะ, 2010) นอกจากนี้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ผสมในธูป มีผลต่อการขึ้นรูปธูป โดยการใช้น้ำมันหอมระเหย 1% มีปริมาณน้อยเกินไป ทำให้ผงธูปแห้งและหลุดร่วงได้ง่าย ส่วนน้ำมันหอมระเหย 5% จะมีความเหนียวมากเกินไป จะทำให้ธูปชื้น แห้งช้า ปริมาณที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของน้ำมันหอมระเหย คือ 3% ที่จะทำให้ธูปขึ้นรูปง่าย และมีกลิ่นหอมที่พอเหมาะ ส่วนการขึ้นรูปธูปสูตรสมุนไพรสดมีปัญหาในเรื่องความแห้งของวัตถุดิบ ทำให้ขึ้นรูปยากและหลุดร่วงได้ง่ายกว่าสูตรน้ำมันหอมระเหยมาก (ไม่แสดงภาพ)

## สรุปผล

ในการผลิตผลิตภัณฑ์ธูปต้องใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการทำแห้งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ธูปที่แห้งและไม่แตกเปราะง่ายซึ่งพบว่าการใช้อุณหภูมิ 50°C ระยะเวลา 12 ชั่วโมง จะได้ธูปที่มีลักษณะดีที่สุด และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันยุงพบว่าตำรับผลิตภัณฑ์ธูปน้ำมันหอมระเหยผิวมะกรูดที่มีความเข้มข้นน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 3 ประสิทธิภาพดีที่สุด จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไล่ยุงต่อไป

## คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มจพ. ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณ นางสาวประพิมพรรณ การแข็ง นางสาวทัตพิชา เวชสาร และนางสาวจุฑามาศก์ แสงไสย์ที่ช่วยทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

**Table 1** The properties of essentials oils and fresh herbs incense at 50 °C for 6 12 and 24 h for drying.

| Drying time (h) | Properties of essentials oils and fresh herbs incense |
|---|---|
| 5 | Not dried |
| 12 | Dried and tough |
| 24 | Dried and brittle |

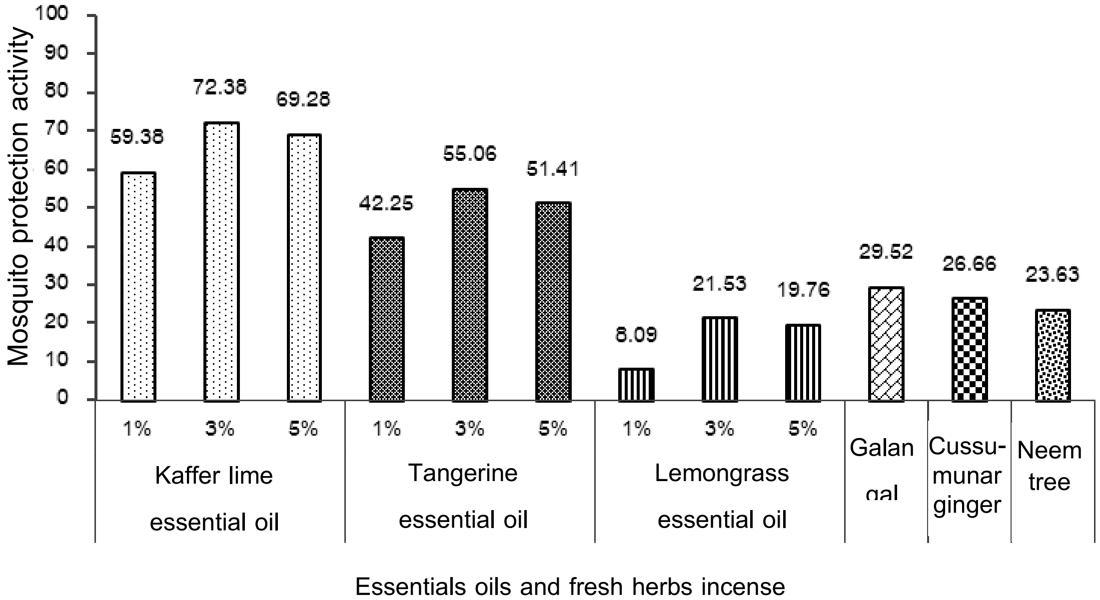



**Figure 1** The protection activity against mosquitoes activities of essentials oils and fresh herbs incense.

## เอกสารอ้างอิง


สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2553, ชีววิทยาและการควบคุมแมลงที่เป็นปัญหาสาธารณสุข, บริษัทหนังสือดีวัน จำกัด, นนทบุรี, 154 หน้า.

สุรางค์ นุชประยูร, 2550, โรคเท้าช้าง : ความรู้พื้นฐานสู่การประยุกต์, หสน. วิบูลย์กิจการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร, 247 หน้า.

Gerberg, E.J., Barnard, D.R. and Ward, R.A., 1994, Manual for Mosquito Rearing and Experimental Techniques, American Mosquito Control Association Bulletin, 5: 61-62.

Strickman, D., Frances, S.P. and Debboun, M., 2009, Prevention of Bug Bites, Stings. and Disease. Oxford University Press. New York. 352 p.

Sutthanont, N., Choochote, W., Tuetun, B., Junkum, A., Jitpakdi, A., Chaithong, U., Riyong, D. and Pitasawat, B., 2010, Chemical Composition and Larvicidal Activity of Edible Plant-Derived Essential Oils Against The Pyrethroid-Susceptible and -Resistant Strains of Aedes Aegypti (Diptera: Culicidae), Journal of Vector Ecology, 35: 106-115.

# การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาของน้ำนมสดและนมพร้อมดื่ม

# The Study of Physico–Chemical and Microbiology Properties of Fresh Milk and Milk Products

**สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก**
Kongtun Janphuk, S.[1]

## Abstract

The research was aimed to study the physico-chemical and microbiological properties of raw milk and dairy products: 1) UHT 2) pasteurized and skim milk 3) sterilized milk and 4) raw milk. The chemistry analysis of protein by Biuret test showed that UHT, pasteurized, sterilized and raw milk consisted of protein contents averaging 0.8818, 1.1746, 0.8851, 1.1893 mg/ ml, respectively. Lactose analysis by Molisch's test; all of milk have lactose, reducing sugar with Fehling's test and Ammonical silver nitrate reduction; all types have reducing sugar, sodium chloride and phosphate showed very small number. The microbiological analysis by Standard Plate Count of raw cow milk was in fine. In raw goat milk was standard. Biochemical test, Cow milk was infected with *Aeromonas veronii, A. hydrophila, A. salmonicida Yersinia enterocolitica, Staphylococcus epidermidis, Shigella sonneii, Micrococcus luteus, Klebsiella oxytoca, Vibrio fischeri*, Goat milk was infected with *M. varians, V. orientalis, V. splendidius, L. casei, Edwardsiella tarda, A.salmonicida, Citrobacter diversus, C. diversus* , *Erwinia chrysanthemi* and *Salmonella choleraesius.*

**Keywords:** milk, lactose, bacteria infected

## บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของน้ำนมดิบและผลิตภัณฑ์นม โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้คือ 1) ผลิตภัณฑ์นม UHT 2) ผลิตภัณฑ์นมพาสเจอไรส์ รสจืด และรสพร่องมันเนย 3) ผลิตภัณฑ์นมสเตอริไรส์ และ 4) นมดิบ พบว่านมทั้ง 4 กลุ่มมีเพียงนมดิบที่มีการตกตะกอน ปริมาณโปรตีน วิธี Biuret test นม UHT, นมพาสเจอไรส์ นมสเตอริไรส์ และนมดิบ มีปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ย คือ 0.8818, 1.1746, 0.8851, 1.1893 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ปริมาณแลคโตส วิเคราะห์ด้วย Molisch’s test ซึ่งพบว่านมทุกชนิดมีแลคโตส, วิเคราะห์ปริมาณ reducing sugar ด้วยวิธี Fehling’s test และ Ammonical silver nitrate reduction พบว่ามี reducing sugar อยู่ในนมทั้ง 4 ชนิด และพบปริมาณโซเดียมคลอไรด์ และฟอสเฟตในนมน้อยมาก เมื่อวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาโดย Standard Plate Count นมวัวดิบจัดอยู่ในนมชั้นดี ในนมแพะดิบจัดอยู่ในนมชั้นมาตรฐาน Biochemical test พบว่านมวัวดิบมีเชื้อ *Aeromonas veronii, A. hydrophila, A. salmonicida Yersinia enterocolitica, Staphylococcus epidermidis , Shigella sonneii, Micrococcus luteus, , Klebsiella oxytoca, Vibrio fischeri* น้ำนมแพะดิบมีเชื้อ *M. varians, V. orientalis, V. splendidius, L. casei, Edwardsiella tarda, A.salmonicida, Citrobacter diversus, C. diversus , Erwinia chrysanthemi* และ *Salmonella choleraesius.*

**คำสำคัญ:** นม แลคโตส การติดเชื้อแบคทีเรีย

## คำนำ

นมหรือน้ำนม เป็นของเหลวสีขาวที่มีสารอาหารที่จำเป็นสำหรับเด็กหรือสัตว์แรกเกิด ผลิตออกมาจากเต้านมสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Pehrsson และคณะ, 2000) เช่น มนุษย์ วัว แพะ ควาย จามรี เป็นต้น องค์การอนามัยโลกแนะนำให้ทารกดื่มนมมารดาช่วงแรกเกิดจนถึงหกเดือน หลังจากนั้นจึงให้นมรวมกับอาหารเสริมอื่นๆ ไปอีกเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 2 ปี

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ถ.ประชาราษฎร์1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800

[1] Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut’s University of Technology North Bangkok, Pracharad 1 rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

(WHO, 2002) สำหรับมารดาที่ไม่สามารถให้นมบุตรได้ มักมีการแนะนำให้ใช้นมแพะทดแทน แต่ก็อาจเกิดความเสี่ยงในเรื่องอาการแพ้ในทารกได้ (Basnet และคณะ, 2010)

ในหลายประเทศมีความนิยมในการบริโภคนมและผลิตภัณฑ์จากนม แม้จะผ่านวัยทารกมาแล้ว เนื่องจากนมสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เช่น ครีม เนยแข็ง โยเกิร์ต ไอศกรีม เป็นต้น ในอุตสาหกรรมอาหารสมัยใหม่ ก็มีการพัฒนาโดยผลิต เคซีน (casein) เวย์โปรตีน (whey protein) นมผง จากนมสดธรรมชาติ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในแบบต่างๆ

ประเภทของนมที่พบในท้องตลาดปัจจุบัน อาจแบ่งได้เป็น 7 ประเภท ได้แก่ นมสด นมพร่องมันเนย (แยกมันเนยเพียงบางส่วน) นมขาดมันเนย (แยกมันเนยออกเกือบหมด) นมแปลงไขมัน (เอาไขมันชนิดอื่นมาแทนมันเนยเดิม) นมปรุงแต่ง นมเปรี้ยว และนมข้น เนื่องจากน้ำนมสดเป็นแหล่งอาหารที่ดีสำหรับเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด การที่จะเก็บรักษาให้ได้ระยะเวลานานเพื่อสะดวกในการขนส่งและจำหน่าย จำเป็นต้องทำการฆ่าเชื้อที่ตกค้างอยู่ในน้ำนมก่อนทำการบรรจุในภาชนะที่สะอาดและปิดสนิท น้ำนมสดพร้อมดื่มที่จำหน่ายเมื่อแยกตามประเภทการฆ่าเชื้อ สามารถแยกเป็น 3 ชนิด คือ นมพาสเจอไรส์ (Pasteurized milk) มีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียสไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือใช้ความร้อน 73 องศาเซลเซียสไม่น้อยกว่า 16 วินาที แล้วจึงทำให้เย็นลงทันทีที่ 5 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการให้ความร้อนเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ ต่ำไม่ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้น้ำนมบูด จึงอาจทำให้เสียได้ง่าย นมประเภทนี้อายุการเก็บสั้นไม่เกิน 1 สัปดาห์และต้องเก็บไว้ในที่เย็นตลอดเวลา นมสเตอริไลซ์ (Sterilized milk) ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส มักเก็บไว้ในกระป๋องปิดสนิทและสามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิห้องได้นานหากยังไม่เปิดภาชนะบรรจุ แต่เนื่องจากใช้อุณหภูมิสูง จึงทำให้สีและกลิ่นแตกต่างไปจากน้ำนมดิบ นมยูเอชที (Ultra High Temperature, UHT) เป็นนมที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 133 องศาเซลเซียสไม่น้อยกว่า 1 วินาที และผ่านการทำให้นมเป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนบรรจุในภาชนะและสภาวะที่ปราศจากเชื้อ จึงทำให้นมประเภทนี้สามารถเก็บไว้ได้นานในอุณหภูมิห้อง (อ.ส.ค. ไทย-เดนมาร์ค, 2555)

การใช้ความร้อนและกรรมวิธีในการดึงเอาองค์ประกอบบางอย่างออกจากน้ำนม อาจทำให้น้ำนมแต่ละประเภทมีสารอาหารที่แตกต่างกันออกไป จึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของน้ำนมสดพร้อมดื่มแบบต่างๆ ที่มีขายในท้องตลาด เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผู้บริโภคต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่มที่ถูกเลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์นมวัว UHT รสจืดจากท้องตลาด 9 ยี่ห้อ ผลิตภัณฑ์นมวัว Pasteurized รสจืด 7 ยี่ห้อ, ผลิตภัณฑ์นมวัวพร่องมันเนย Pasteurized 4 ยี่ห้อ, ผลิตภัณฑ์นมแพะ Pasteurized 1 ยี่ห้อ, ผลิตภัณฑ์นมวัว Sterilized รสจืด 1 ยี่ห้อ, ผลิตภัณฑ์นมวัวพร่องมันเนย Sterilized 1 ยี่ห้อ และน้ำนมดิบสองชนิด ได้แก่ นมแพะสด และนมโคสด

ทำการวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Biuret test, ประมาณแลคโตสโดยวิธี Molisch's test, Reducing sugar โดยวิธี Fehling's test และ Ammonical silver nitrate reduction ทดสอบหาโซเดียม คลอไรด์ และฟอสเฟต ส่วนการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาทำโดยใช้วิธี Standard Plate Count

## ผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน casein พบว่า น้ำนมพลาสเจอร์ไรซ์ DFW และ DMW จะมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (Table 1) แต่เนื่องจากการฆ่าเชื้อด้วยวิธีนี้ใช้อุณหภูมิไม่สูงมากจึงทำให้นมมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น (อ.ส.ค. ไทย-เดนมาร์ค, 2555) และเมื่อวิเคราะห์เทียบกับกราฟมาตรฐานสารละลาย casein และการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำตาลด้วยวิธี Molisch's test, Fehling's test และ Ammonical silver nitrate reduction พบว่า น้ำนมทุกชนิดมีผลทดสอบเป็นบวกเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำนมทุกชนิดมีคลอไรด์และฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ โดยน้ำนมดิบจะมีปริมาณคลอไรด์และฟอสเฟตมากกว่าน้ำนมผ่านการฆ่าเชื้อด้วยกรรมวิธีต่างๆ

**Table 1** Protein content of milk

| Milk products | Protein content (mg/ml) |
|---|---|
| UHT milk | |
| AFJ | 56.22 |
| AOJ | 68.44 |
| ACJ | 71.40 |
| AJJ | 43.62 |
| AEJ | 46.22 |
| ANJ | 40.66 |
| ATJ | 41.03 |
| AAJ | 36.96 |
| AGL | 38.07 |
| Raw milk | |
| BCS | 66.59 |
| BGS | 65.11 |
| Pasteurized milk | |
| CFJ | 46.22 |
| CCJ | 49.98 |
| CDJ | 46.96 |
| CMJ | 28.99 |
| CSJ | 56.96 |
| Pasteurized low fat milk | |
| DFW | 105.85 |
| DCW | 62.51 |
| DDW | 33.25 |
| DMW | 119.18 |
| Sterilized milk | |
| EBJ | 42.88 |
| EBW | 55.85 |

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของแลคโตสด้วยวิธี Molisch’s test น้ำตาล reducing ด้วยวิธี Fehling’s test และ Ammonical silver nitrate reduction พบว่า น้ำนมทุกชนิดให้ผลการทดสอบเป็นบวก (ไม่แสดงข้อมูล) เช่นเดียวกับการทดสอบหาคลอไรด์ที่พบตะกอนสีขาวเหลืองในทุกตัวอย่างแสดงว่าน้ำนมทุกชนิดมีของคลอไรด์เป็นองค์ประกอบ ในการทดสอบหาฟอสเฟตในน้ำนมตัวอย่าง พบว่าน้ำนมทุกชนิดมีตะกอนเหลืองเกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่ามีฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำนมดิบจะมีปริมาณฟอสเฟตมากกว่าน้ำนมผ่านกรรมวิธีต่างๆ

ผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาซึ่งทำการทดสอบเฉพาะในน้ำนมวัวดิบ (BCS) และนมแพะดิบ (BGS) พบว่า BCS มีปริมาณเชื้ออยู่ 360,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร และ BGS มี ปริมาณเชื้อ 420,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ซึ่งใช้บอกถึงคุณภาพของน้ำนมดิบได้ว่าอยู่ในระดับใด โดยนมชั้นดีมากจะมีปริมาณเชื้อ < 200,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร, นมชั้นดี มีปริมาณเชื้อ 200,000-400,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร และนมชั้นมาตรฐาน มีปริมาณเชื้อ 400,000-600,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ดังนั้น BCS จัดอยู่ในน้ำนมชั้นดี และ BGS จัดอยู่ในน้ำนมชั้นมาตรฐาน

Biochemical test พบว่านม BCS มีเชื้อ *Aeromonas veronii*, *A. hydrophila*, *A. salmonicida Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus epidermidis* , *Shigella sonneii*, *Micrococcus luteus*, , *Klebsiella oxytoca*, *Vibrio fischeri* น้ำนม BGS มีเชื้อ *M. varians*, *V. orientalis*, *V. splendidius*, *L. casei*, *Edwardsiella tarda*, *A.salmonicida*, *Citrobacter diversus*, *C. diversus* , *Erwinia chrysanthemi* และ *Salmonella choleraesius* (ไม่แสดงภาพ) ซึ่งน้ำนมทั้งสองชนิดเป็นน้ำนมดิบ

## วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบในนม UHT 9 ชนิด นมพาสเจอไรส์ 9 ชนิด นมสเตอริไรส์ 2 ชนิด และนมดิบ 2 ชนิด สามารถสรุปได้ว่าในนมพาสเจอไรส์พร่องมันเนยพบปริมาณโปรตีนสูงที่สุดเนื่องจากมีการดึงไขมันออกไปบางส่วน จึงทำให้มีความเข้มข้นของโปรตีนที่สูงกว่า นม UHT และนมสเตอริไรส์อื่นๆ นอกจากนี้ นม UHT และนมสเตอริไรส์ได้ผ่านกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงกว่านมพาสเจอไรส์ ทำให้โปรตีนเสียสภาพไป จึงมีความเข้มข้นของโปรตีนต่ำกว่า นมพาสเจอไรส์ ส่วนลักษณะทางเคมีด้านอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งความแตกต่างทางเคมีของปริมาณโปรตีนในแต่ละยี่ห้อผลิตภัณฑ์นั้นจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำนมดิบจากแหล่งผลิตของแต่ละผู้ผลิตเอง

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตามสัญญาเลขที่ KMUTNB-GEN-58-34 และ ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำการวิจัย ขอขอบคุณนายเทียนสิน เรืองเกลี้ยง นายอรรถพล จันทร์เสงี่ยม และนางสาวจุฑามาศก์ แสงไสย์ ที่ช่วยทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

อ.ส.ค. ไทย-เดนมาร์ค, 2555, คู่มือระบบบัญชี ธุรกิจรวบรวมและแปรรูปน้ำนมดิบ, กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ สำนักมาตรฐานการบัญชีและการสอบบัญชี, 236 หน้า.

Basnet, S., Schneider, M., Gazit, A., Mander, G. and Doctor, A., 2010, Fresh Goat's Milk for Infants: Myths and Realities A Review, Pediatrics, 125 (4): e973-977.

Pehrsson, P.R., Haytowitz, D.B, Holden, J.M., Perry, C.R. and Beckler, D.G., 2000. USDA's National Food and Nutrient Analysis Program: Food Sampling, Journal of Food Composition and Analysis, 13(4): 379-389.

World Health Organization, WHO, 2002, Infant and Young Child Nutrition: Global Strategy on Infant and Young Child Feeding, Fifty-fifth World Health Assembly, 16 April 2002.

# การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการดำเนินงานศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนตำบลปราณบุรี อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

# Famers' Participations in the Operations of Pranburi Pest Management Center Pranburi District, Prachuapkhirikhan Province

**ปริวัตร ไพรศรีจันทร์**[1] **และ พิชัย ทองดีเลิศ**[2]

Paisrijan, P.[1] and Tongdeeiert, S.[2]

## Abstract

The objectives of this research were to study the farmers' participation in the operations of pest management centers. Questionnaires were used to collect data from 70 population. Statistics were used to analyze the frequency, percentage, average, and standard deviation. Result of the study showed that most farmers were female with the average age of 51.77 years. Most farmers have a graduate education and agriculture is the main occupation. Farmers have knowledge of pest management at a high level, some support from the government, location is appropriate at a high level and area of farmers planting coconut averaged 8.9 rai and most pest outbreak area averaged 8.7 rai. The severity of pest infestations in coconut intensity level was high, The major pest was the *black headed caterpillar*. Farmers' participations in the operation of a pest management center was at a high level with an average of 2.65.

**Keywords:** pest management center, *Coconut black headed caterpillar*

## บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการดำเนินงานของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชน โดยใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูลจากประชากรจำนวน 70 ราย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 51.77 ปี ระดับการศึกษาส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา มีอาชีพหลักส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม เกษตรกรมีความรู้ในด้านการจัดการศัตรูพืชส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับมาก การสนับสนุนสิ่งของจากทางภาครัฐส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง สถานที่ตั้งของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวเฉลี่ย 8.9 ไร่ และมีพื้นที่ระบาดในสวนมะพร้าวเฉลี่ย 8.7 ไร่ มีระดับความรุนแรงของการระบาดศัตรูพืชในสวนมะพร้าวอยู่ในระดับมาก ศัตรูมะพร้าวที่มีระบาดในพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่คือ หนอนหัวดำมะพร้าว เกษตรกรมีส่วนร่วมในการดำเนินงานของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.65

**คำสำคัญ**: ศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชน หนอนหัวดำมะพร้าว

## คำนำ

กรมส่งเสริมการเกษตรเห็นความสำคัญของการบริหารจัดการศัตรูพืช จึงได้กำหนดยุทธศาสตร์การบริหารจัดการศัตรูพืชแนวใหม่สำหรับศัตรูพืชที่มีการแพร่ระบาดกระจายเป็นพื้นที่กว้างขวาง และก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตสูงให้สอดคล้องกับมาตรการด้านสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช ในปัจจุบันและการดำเนินงานที่เป็นระบบมีประสิทธิภาพโดยพิจารณาการบริหารจัดการศัตรูพืชให้เป็นการปฏิบัติการที่มีระบบมากขึ้นโดยผนวกการควบคุมศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสาน (IPM) เข้ากับการจัดการศัตรูพืชแบบครอบคลุมพื้นที่ (AW) เรียกว่าการจัดการศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสานแบบครอบคลุมพื้นที่ (Area-wide Integrated pest management) หรือ (AW-IPM) การบริหารจัดการศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสานแบบครอบคลุมพื้นที่ให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่งคือ การมีส่วนร่วมของชุมชน กรมส่งเสริมการเกษตรจึงใช้กลไกของศูนย์จัดการศัตรูพืช

[1] **สำนักงานเกษตรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์**

[1] Prachuapkhirikhan Provincial Agricultural Extension Office

[2] **ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร**

[2] Department of Agricultural Extension and Communication

ชุมชนที่จัดตั้งขึ้นในพื้นที่เพื่อพัฒนาชุมชนเกษตรกรให้สามารถเฝ้าระวังป้องกันควบคุมศัตรูพืชได้ตามศักยภาพ โดยการถ่ายทอดความรู้ให้เกษตรกรตระหนักและเห็นความสำคัญของศัตรูพืช การมีส่วนร่วมในการดำเนินงานจากนั้นเจ้าหน้าที่จึงให้คำแนะนำและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีที่ได้รับการวิเคราะห์แล้วว่าเหมาะสมกับสภาพพื้นที่และชุมชน โดยเริ่มจากวิธีการง่ายๆ ที่เกษตรกรสามารถปฏิบัติได้เอง จนถึงเทคโนโลยีที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ผู้รับผิดชอบการดำเนินงานต้องบริหารจัดการให้เกษตรกรในพื้นที่เห็นพ้องและลงมือปฏิบัติทั้งการเฝ้าระวังการป้องกัน การควบคุมและการกำจัดศัตรูพืชอย่างพร้อมเพรียงกัน จึงจะก่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในการควบคุมศัตรูพืชหากชุมชนไม่เข้มแข็งไม่ตระหนักถึงผลประโยชน์ร่วมกันแล้วโอกาสที่การจัดการศัตรูพืชจะไม่ประสบความสำเร็จหรือเกิดความล้มเหลวจึงมีสูง ดังนั้นการบริหารจัดการชุมชนเกษตรกรจึงมีความสำคัญต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานควบคุมศัตรูพืชเป็นอย่างยิ่ง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555)

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการมีส่วนร่วมของเกษตรกรโดยใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะในแบบสัมภาษณ์เป็นคำถามเป็นคำถามปลายปิด (Close-ended) และคำถามปลายเปิด (Open-ended) โดยแบ่งเนื้อหาแบบเป็น 5 ตอน ดังนี้ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกรตอนที่ 2 การดำเนินงานของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนตอนที่ 3 สถานการณ์การระบาดของศัตรูมะพร้าวในพื้นที่ปลูกของเกษตรกรตอนที่ 4 การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการดำเนินงานของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนตอนที่ 5 ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกรในการดำเนินงานศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนทำการเก็บข้อมูลจากประชากรจำนวน 70 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วยค่าร้อยละ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ทอสอบเครื่องมือโดยหาค่าความเชื่อมั่นได้เท่ากับ 0.908

## ผลการทดลอง

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 53 -62 ปี และอายุเฉลี่ย 51.77 ปี ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส ระดับการศึกษาส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษามีอาชีพหลักส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมรายได้ของเกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้ในภาคการเกษตรน้อยกว่า 7,000 บาทต่อเดือนส่วนรายได้นอกภาคการเกษตรเกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้นอกภาคการเกษตรน้อยกว่า 7,000 บาทต่อเดือน การวัดความรู้ของเกษตรกรด้านการจัดการศัตรูพืช พบว่า ในภาพรวมความรู้ในด้านการจัดการศัตรูพืชของเกษตรกรสมาชิกศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนรายบุคคลส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับมาก จำนวน 51 คน คะแนนเฉลี่ย 11.8 จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน การดำเนินงานของเกษตรกรในศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนพบว่า เกษตรกรได้รับการถ่ายทอดความรู้จากเจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอมากที่สุด (ร้อยละ 38.71) การได้รับความรู้จากเจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง มีการสนับสนุนสิ่งของจากทางภาครัฐซึ่งเกษตรกรได้รับการสนับสนุนสิ่งของจากภาครัฐมากที่สุดคือ พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ของศัตรูธรรมชาติ ในภาพรวมการสนับสนุนสิ่งของจากทางภาครัฐส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนการได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากหน่วยงานภาครัฐมากที่สุดคือ องค์การบริหารส่วนตำบล และสถานที่ตั้งของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนเกษตรกรส่วนใหญ่ตอบอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมมาก สถานการณ์การระบาดของศัตรูมะพร้าวในพื้นที่ปลูกพบว่าพื้นที่ปลูกมะพร้าวของเกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นที่ไม่เกิน 10 พื้นที่ปลูกเฉลี่ย 8.9 ไร่ มีพื้นที่ระบาดในสวนมะพร้าวของเกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นที่ไม่เกิน 10 ไร่ พื้นที่ระบาด เฉลี่ย 8.7 ไร่ เห็นได้ว่าพื้นที่ปลูกมะพร้าวและพื้นที่การระบาดมีความใกล้เคียงกัน มีระดับความรุนแรงของการระบาดศัตรูพืชในสวนมะพร้าวส่วนใหญ่มีระดับความรุนแรงของการระบาดอยู่ในระดับรุนแรงมาก พบศัตรูมะพร้าวที่มีระบาดในพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่มีการระบาดของหนอนหัวดำมะพร้าวมากที่สุด การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการดำเนินงานของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชน พบว่า ในภาพรวม เกษตรกรมีส่วนร่วมในการดำเนินงานของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.65 และเมื่อพิจารณา พบว่าการมีส่วนร่วมในการวางแผนเกษตรกรมีส่วนร่วมอยู่ในระดับมากค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.56 การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติเกษตรกรมีส่วนร่วมอยู่ในระดับมากค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.51 การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์เกษตรกรมีส่วนร่วมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.73 การมีส่วนร่วมในการติดตามประเมินผลเกษตรกรมีส่วนร่วมอยู่ในระดับมากค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.78

## วิจารณ์ผล

จากการศึกษาการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนตำบลปราณบุรี อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากประชากรจำนวน 70 รายพบว่า การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการดำเนินงานของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้มาจากข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนที่มีการประกอบอาชีพหลักที่หลากหลาย ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพหลักคือทำการเกษตร นอกจากนี้การประกอบอาชีพค้าขาย พนักงานบริษัทเอกชน และข้าราชการบำนาญ มีระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ที่จบชั้นประถมศึกษาแต่มีเกษตรกรบางรายที่จบในระดับปริญญาตรี เกษตรกรที่มีอาชีพเป็นข้าราชการบำนาญ และเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงๆจะมีส่วนช่วยให้คำแนะนำเกษตรกรสมาชิกรายอื่นๆ ให้มีความรู้ความเข้าใจในการดำเนินงานของศูนย์ มีส่วนชักชวนให้สมาชิกเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินงานของศูนย์มากขึ้น

จากความรู้ด้านการจัดการศัตรูพืชของเกษตรกร ในภาพรวมเกษตรกรมีความรู้ในเรื่องการจัดการศัตรูพืชอยู่ในระดับมาก การถ่ายทอดความรู้ของเจ้าหน้าที่เกษตรกรได้รับความรู้จากการถ่ายทอดอยู่ในระดับปานกลาง แต่เกษตรกรได้ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม โดยการพูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์การทำการเกษตรระหว่างสมาชิก ซึ่งในการดำเนินงานทำกิจกรรมของศูนย์ทำให้เกษตรกรมีความรู้ด้านการจัดการศัตรูพืชเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การมาเยี่ยมเยือนของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรประจำตำบลที่มาติดตามการดำเนินงานอยู่สม่ำเสมอ ซึ่งความรู้เรื่องการจัดการศัตรูพืชนั้นเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการดำเนินงานของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชน

## สรุปผล

จากผลการศึกษาวิจัย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมีอายุเฉลี่ย 51.77 ปีระดับการศึกษาส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษามีอาชีพหลักส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมอาชีพรองเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้ประกอบอาชีพรองรายได้ของเกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้ในภาคการเกษตรน้อยกว่า 7,000 บาทต่อเดือนส่วนรายได้นอกภาคการเกษตรเกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้นอกภาคการเกษตรน้อยกว่า 7,000 บาทต่อเดือนเกษตรกรมีความรู้ในเรื่อง การจัดการศัตรูพืชอยู่ในระดับมากเกษตรกรได้รับการถ่ายทอดความรู้จากเจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอมากที่สุดมีการสนับสนุนสิ่งของจากทางภาครัฐส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง และมีสถานที่ตั้งของศูนย์จัดการศัตรู พืชชุมชน เกษตรกรส่วนใหญ่ตอบอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมมากพื้นที่ปลูกมะพร้าวของเกษตรกรเฉลี่ย 8.9 ไร่ มีพื้นที่ระบาดในสวนมะพร้าวของเกษตรกรเฉลี่ย 8.7 ไร่มีระดับความรุนแรงของการระบาดอยู่ในระดับรุนแรงมากศัตรูมะพร้าวที่พบในพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่คือหนอนหัวดำมะพร้าวและเกษตรกรมีส่วนร่วมในการดำเนินงานของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนอยู่ในระดับมาก

## เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555, “คู่มือศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชน” กรุงเทพมหานคร : สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร

สำนักงานเกษตรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์, 2555, รายงานผลการดำเนินงานป้องกันกำจัดศัตรูมะพร้าว ปี 2555 (เอกสารเย็บเล่ม)

# Effect of LED Lighting on the Quality of Radish Sprout

AbdElgader, A.[1], Aiemla-Or, S.[1], Wongs-Aree, C.[1,2,3], Jitareerat, P.[1,2,3] and Uthairatanakij, A.[1,2,3]

## Abstract

Radish sprouts are rich in health-promoting phytochemical constituents. In this study we evaluated the growth and quality of radish sprouts under different light conditions, including red LED, blue LED, white fluorescent and darkness. The experiment was performed at ambient temperature (31±1°C and RH 70±5 %), under controlled light condition (white fluorescent 185 lux, red and blue LEDs 167 lux during 12 h photoperiod) for 8 days. The results showed that the maximum hypocotyl length was observed in harvested radish sprouts grown in the dark. Dark grown sprouts had the lowest amount of chlorophyll content compared with other light conditions. The greatest chlorophyll a, b and total chlorophyll contents were observed with red LED, but with no enhancement of sprout growth. Blue LED lighting promoted the accumulation of ascorbic acid and increased the fresh/dry weight. No significant differences were found in phenolic content among treatments. Applying blue LED lighting for 12 h photoperiod during sprout growth enhanced the growth and nutritional values of radish sprout.

**Keywords**: ascorbic acid, chlorophyll, growth, LED light

## Introduction

Radish (*Raphanus sativus*) is an important plant that is cultivated throughout Asia. It is grown for its edible root or sprout. Eating the fresh sprouts is the best way of gaining all of the health benefits. Radish sprouts are very rich in health-promoting phytochemical constituents such as glucosinolates, antioxidants, phenolic compounds and ascorbic acid. Light is involved in seed germination, morphogenesis, internode and hypocotyl elongation and plays an important role in sprout development and secondary metabolite production (Samuoliene, 2013). Variations in the type and quality of artificial lighting and irradiance levels can affect the growth and nutrition of plants. Bourget (2008) suggested that the LEDs have become the latest energy efficient light source with several advantages, including low heat production, easily installation and manipulation, small mass and volume, long life and narrow bandwidth. In addition, LEDs can easily assembled to generate the light quality that matches the maximum absorption of chlorophyll and for plant growth (Bougret, 2008). Many researchers have shown that LEDs enhances the growth of buckwheat sprouts (Lee, 2013), tomato transplants (Brazaityte, 2009) and fresh produce such as lettuce (Muneer, 2014). Studies have also shown that modulated light quality from LEDs results in positive effects on eating quality of sprouts from a number of species including lettuce (Muneer, 2014), safflower (Chang, 2013) and buckwheat (Lee, 2013). The objective of this work was to evaluate the growth and quality of radish sprouts grown under different light conditions.

## Materials and Methods

Organic radish seed (*Raphanus sativus*) was obtained from Adams Enterprises Ltd, Thailand. Seeds were washed three times in water prior to being sown in plastic basket (28 cm × 32 cm × 8.5 cm) containing moist coconut coir (fiber), 300 seeds were germinated in four replicates for each treatment. The seeds were planted about 0.5 cm deep and spaced 0.5 cm apart, grown for 8 days at ambient temperature (31±1°C and

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkuntien, Bangkok 10150, Thailand

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand

[3] Center for Research and Development of Tropical and Sub-Tropical Crops, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien) Bangkuntien, Bangkok 10150, Thailand

70±5%RH) and watered four times with tap water. Throughout the growing period the seeds were exposed to white fluorescent (daylight - 85 lux), or red or blue LEDs (Lumingrow® - 167 lux) to a 12 h light/12 h dark cycle with 24 h no light as the control. Sprouts were harvested 8 days after planting. The length and shoot and root fresh weight and dry weight of sprouts were measured. Chlorophyll a, b and total chlorophyll contents, vitamin C and phenolic compounds were determined. Completely randomized design (CRD) was used in this study with 4 replications. Statistical analysis was performed by using SAS software to carry out ANOVA, Duncan's multiple range test (DMRT) was used for mean separation.

## Results and Discussion

**Growth measurement**: The fresh and dry weights of the sprouts was significant different between different light sources. Fresh weight (shoot, root and shoot + root) was increased with LEDs light compared sprouts grown in the dark and under white fluorescent light. The highest fresh weight of radish sprouts was observed when grown under blue LED light compared to other light conditions (Figure 1A). This finding is in agreement with the results obtained for broccoli (Pardo, 2014) with blue being necessary for normal sprout development. The smallest accumulation in fresh weigh occurred in sprout grown in the dark. Seedling morphogenesis and the synthesis of chlorophyll are both dependent on absorption of light (Bougret, 2008). The fresh/dry weight ratio (shoot + root) was greater for radish sprouts grown under white fluorescent light compared to other light conditions (Figure 1B); however the lowest fresh/dry weight ratio was observed in sprouts grown under blue LED light. Blue LED light resulted in higher dry weight production as well as highest fresh weight accumulation than other light conditions. This finding is also in agreement with previous studies with several seedlings including radish. According to Wang *et al.* (2009), blue and purple LED light lead to higher stomatal conductance in cucumber leaves and photosynthesis intensity when compared to other LEDs light sources. Radish sprout length under all light conditions showed the highest growth rate between day 4 and 6 (Figure 2A). The maximum length was observed when grown in the absence of any light treatment compared to other light conditions. Hypocotyl and internode elongation is one of the features of etiolated growth. Sprout grown under blue LED light showed significantly less etiolation than other light treatments.

**Chlorophyll a, b and total chlorophyll content**: Lighting environment should provide sufficient photosynthetic photon flux for optimal efficiency for plant photosynthetic processes. Chlorophyll a and b are two major photosynthetic pigments in higher plants. In previous studies, Shin *et al.* (2008) found that the red LED application led to reduce the chlorophyll content. In our studies the highest chlorophyll a, b and total chlorophyll contents occurred in sprouts grown under red LED light (Figure 2B, 2C and 2D). The chlorophyll content of seedlings grown in the dark was the least of all light conditions. Seedlings require light not only for photosynthesis, but also to initiate photomorphogenesis and chlorophyll synthesis (Shin *et al.*, 2008).

**Vitamin C**: Red and blue lights produce different morphogenetic and photosynthetic responses in plants associated with different photoreceptors. Red light is absorbed by the phytochromes family of light sensing receptors, whereas blue light is absorbed by cryptochrome and phototropin photoreceptors (Lin, 2012). A specific light quality can be used to increase yield and improve phenolic and vitamin C content of vegetables in commercial production (Lin, 2012). Our results showed that sprouts grown under blue LED light had higher accumulation of vitamin C compared with the other light environments (Figure 2E). This is in agreement with Urbonaviciute (2009) who concluded that blue LED light acting on different photoreceptors normalized metabolism and lead to higher contents of vitamin C.

**Phenolic Compounds**: The phenolic compounds in the leaves and stalk of radish sprouts did not significantly differ among various light conditions (Figure 2F). This finding is in generally agreement with the findings of Hossen (2007) with buckwheat sprouts. Sprouts grown under blue LED light had about 11% higher content of

phenolic compounds than sprouts grown under red LED light. Blue LEDs can also increase the accumulation of some nutritional substances (Lin, 2012), and this effects may be dependent upon plant species and cultivars.

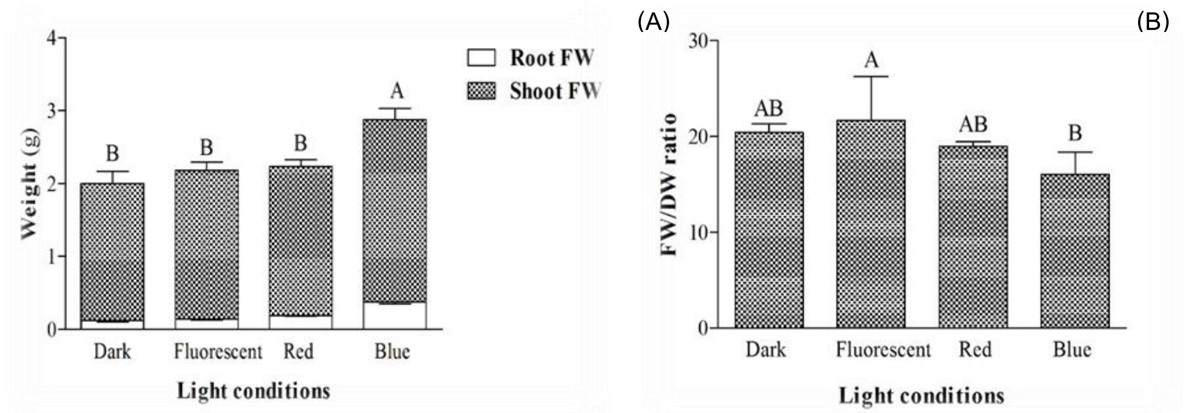



**Figure 1** Effect of different light conditions on fresh weight (A) and FW/DW ratio (B) of radish sprouts. Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$).

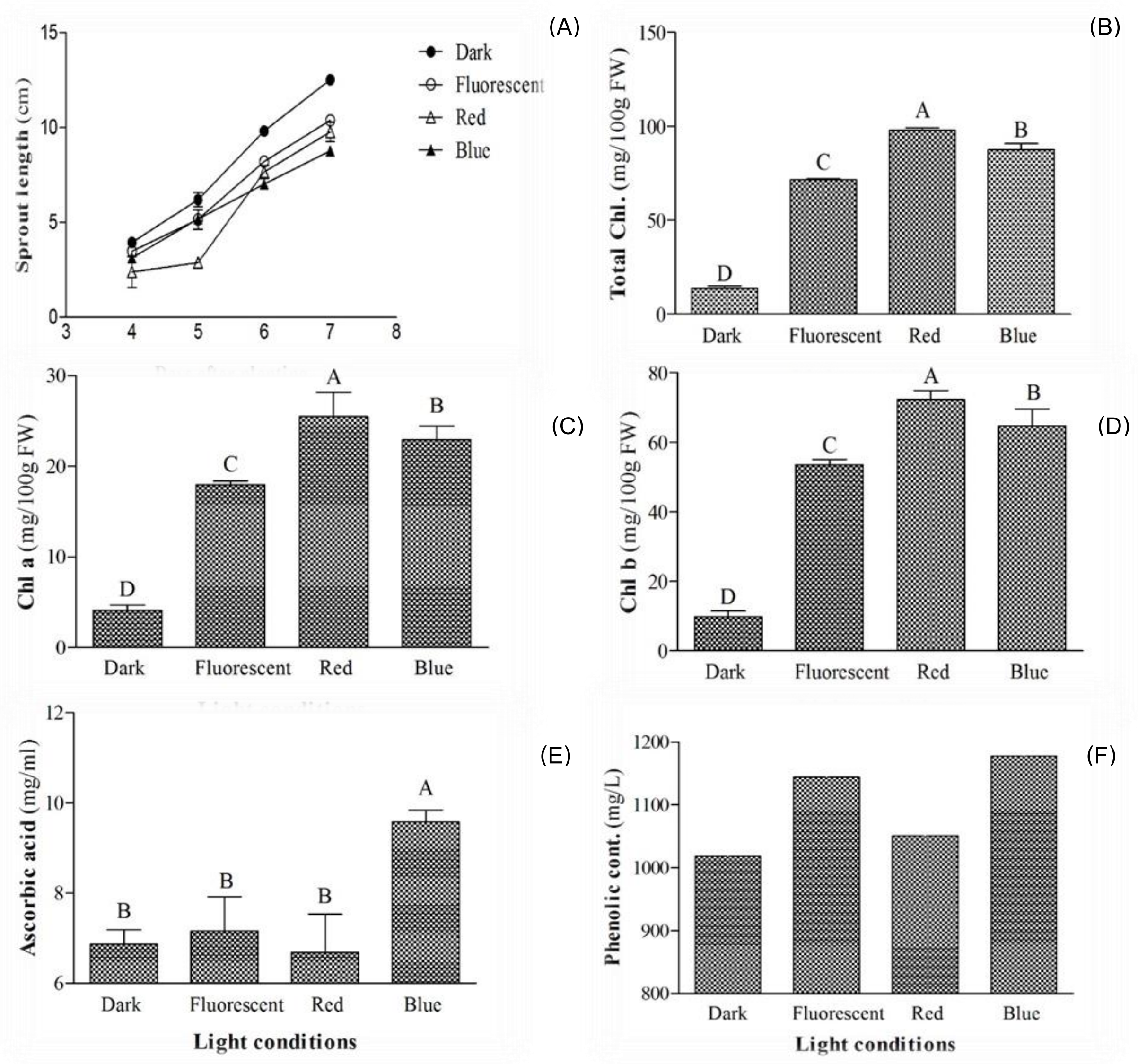



**Figure 2** Effect of different light conditions on shoot length (A), total chlorophyll (B), chlorophyll a (C), chlorophyll b (D), ascorbic acid (E), phenolic compounds (F) in radish sprouts. Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$).

### Summary

Radish sprouts growth and nutritional value can be varied by selecting different light growth environments. Red LED lights improved the chlorophyll content in radish sprouts with no impact on growth. Blue LEDs as a light source enhanced both growth and nutritional quality when applied at 167 lux with a 12 h light/dark cycle during germination and seedling growth.

### Acknowledgments

This work was supported by Thailand International Development Cooperation Agency (TICA). The authors would like to thanks Adams Enterprise Ltd for providing organic radish seeds.

### Literature cited

Bourget, C.M., 2008, An Introduction to Light-emitting Diodes, HortScience, 43: 1944-1946.

Brazaitye, A., Duchovskis, P., Urbonaviciute, A., Samuoliene, G. and Novickovas, A., 2010, The Effect of Light - emitting Diodes Lighting on the Growth of Tomato Transplants, Zemdirbyste-Agriculture, 97: 89-98.

Chang, M., Jung, U., Lee, S., Hwa Kang, M., Kim D., Hwang, J. and Eom, S., 2014, 8-hydroxyarctigenin Isolated from Safflower Sprouts Inhibits Melanogenesis of Melan-a Cells and Light Quality during the Sprout Growth Determines the Compound Yield, Horticulture Environment And Biotechnology, 55: 97-102.

Hossen, M.Z., 2007, Light Emitting Diodes Increase Phenolics of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Sprouts, Journal of Plant Interactions, 2: 71-78.

Lee, S., Seo, J.M., Lee, M.K. and Antonisamyb, P., 2013, Influence of Different LED Lamps on the Production of Phenoliccompounds in Common and Tartary Buckwheat Sprouts, Industrial Crops and Products, 45: 320–326.

Lin, H.T., 2012, Effects of Different Light Sources on the Growth of Non-heading Chinese Cabbage (*Brassica campestris* L.), Agricultural Science, 4: 262-273.

Muneer, S., Kim, E.J., Park, J.S. and Lee, J.H., 2014, Influence of Green, Red and Blue Light Emitting Diodes on Multiprotein Complex Proteins and Photosynthetic Activity under Different Light Intensities in Lettuce Leaves, International Journal of Molecular Sciences, 15: 4657-4670.

Pardo, C., Hernández Aguilar, F., Rico Martínez, A., Domínguez Pacheco, C., González, M. and Canseco, M., 2014, Effects of Light Emitting Diode High Intensity on Growth of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) and Broccoli (*Brassica oleracea* L.) Seedlings, Science domain, 4: 2983-2994.

Samuoliene, G., Brazaityte, A., Urbonaviciute, A., Sabajeviene G. and Duchovskis P., 2013, The Effect of Red and Blue Light Component on the Growth and Development of Frigo Strawberries, Zemdirbyste Agriculture, 97: 99-104.

Shin, K.S., Murthy, H.N., Heo, J.W., Hahn, E. and Paek K.Y., 2008, The Effect of Light Quality on the Growth and Development of in vitro Cultured Doritaenopsis Plants, Acta Physiologiae Plantarum, 30: 339-343.

Urbonaviciute, A., Samuloiene, G., Brazaityte, A., Duchovaskis, P., Ruzagas, V. and Zukauskas, A., 2009, The Effect of Variety and Lighting Quality on Wheatgrass Antioxidant Properties, Zemdirbyste-Agriculture, 96: 119-128.

Wang, H., Gu, M., Cui, J., Shi, K., Zhou, Y. and Yu, J., 2009, Effects of Light Quality on $CO_2$ Assimilation, Chlorophyll-fluorescence Quenching, Expression of Calvin Cycle Genes and Carbohydrate Accumulation in *Cucumis sativus*, Journal of Photochemistry and Photobiology B, 17: 30-37.

# การจุ่มน้ำร้อนชะลอความรุนแรงของการเกิดโรคและรักษาคุณภาพของผลฟักข้าวหลังการเก็บเกี่ยว

# Hot Water Dipping Delays Disease Severity and Maintain the Quality of Harvested Gac Fruit

Rushunju, B.G[1]., Opio, P.[1], Abdelgader, A.[1], **ปาริชาติ แซ่ล่าย[1] ธัญญารัตน์ โกมล[1] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1]**

Rushunju, B.G.[1], Opio, P.[1], Abdelgader, A.[1], Saelai, P.[1], Komol, T.[1] and Jitareerat, P.[1]

## Abstract

Gac fruit is a tropical fruit that enriches with antioxidants with health benefits. Therefore, this study aimed to investigate the effect of hot water dipping (HWD) on disease severity and quality of Gac fruit during storage. Fruits were harvested from the commercial orchard and surfaced disinfestation with 100 ppm sodium hypochlorite. The fruit samples were then immersed in hot water for 5 minutes at 55 and 60$^{O}$C, cooled and stored at 13$^{O}$C for 9 days. HWD at 55$^{o}$C could delay the severity of fruit rot, weight loss, and ethylene production; maintained colour change of peel, total soluble solids (TSS) concentration whereas it resulted to induce titratable acid (TA) and ascorbic acid content. However, there were no significant different in lycopene content and antioxidant activity (DPPH) of HW treated fruits and non-treated fruits. This result indicates that HWD at 55$^{O}$C can delay postharvest disease severity and maintain the quality of Gac fruit.

**Keywords**: antioxidant, disease severity, hot water dipping, *Momordica cochinchinensis*

## บทคัดย่อ

ฟักข้าวเป็นผลไม้เขตร้อนที่อุดมไปด้วยสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อความรุนแรงของการเกิดโรคและคุณภาพของผลฟักข้าวหลังการ เก็บเกี่ยว นำผลฟักข้าวจากแปลงเกษตรกรมาล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 100 พีพีเอ็ม จากนั้นจุ่มในน้ำร้อนที่ 55 และ 60 °ซ นาน 5 นาที ทำให้เย็นและเก็บรักษาที่ 13 °ซ นาน 9 วัน ผลฟักข้าวที่ไม่ได้จุ่มน้ำร้อนใช้เป็นชุดควบคุม พบว่า การจุ่มในน้ำร้อนที่ 55°ซ สามารถชะลอความรุนแรงของโรคผลเน่า ลดการสูญเสียน้ำหนักสด และการผลิตเอทิลีนได้ตลอดจนช่วยรักษาการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แต่มีผลกระตุ้นปริมาณกรดที่ไตเตรตได้และกรดแอสคอบิก อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณไลโคปีนและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ(DPPH) ของฟักข้าวที่จุ่มในน้ำร้อนมีค่าไม่แตกต่างจากฟักข้าวในชุดควบคุม ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การจุ่มน้ำร้อนที่ 55°ซ สามารถชะลอความรุนแรงของโรคและรักษาคุณภาพของผลฟักข้าวหลังการเก็บเกี่ยวได้

**คำสำคัญ**: แอนติออกซิแดนซ์ ความรุนแรงของโรค การจุ่มน้ำร้อน *Momordica cochinchinensis*

## Introduction

Gac fruit are excellent sources of carotenoids, especially lycopene, α-tocopherol, β-carotene and vitamin C, which have antioxidant properties. Gacfruit also contain significant amount of fibre (8.7%) and are good source of unsaturated fatty acid especially oleic acid (59%) and linoleic acid (14%) all of which confer health benefit as well (Kubola and Siriamornpun, 2011). However, Gac fruit tends to deteriorate fast after harvest due to microbial infection and other physiological changes that occur after harvesting. Pathogenic fungi such as *Colletotrichum gloeosporioides* and *Fusarium* spp., are common in Gacfruit which causes anthracnose rot (Coates *et al.*, 1993), leading to huge losses. Heat treatment is a non-residue treatment technique that has proven to extend shelf-life and reduce microbial infections in some fruit without

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhunthian, 10150 Bangkok, Thailand.

compromising their quality (Ben-Yehoshua, 2005). Thus, the object of this study was to evaluate the effect of hot water treatments (HWT) on disease control and quality changes of Gac fruit during cold storage.

## Materials and methods

Gac fruit were bought from commercial orchard, then washed with clean water to remove debris and dipped in a 100 ppn sodium hypochlorite for 5 minutes for surface disinfestation. Samples were randomly assigned to three treatments (control, hot water at 55°C (HWT55), hot water at 60°C (HWT60) for 5 minutes with three fruits each. Samples were completely air-dried before storage at 13°C. Analysis was done at 3 days interval for 9 days. Gac fruit qualities such as weight loss, colour changes, and total soluble solids were analyzed by using Digital balance, Minolta DP-400 colorimeter, and hand refractometer respectively. Titratable acidity, vitamin C, lycopene content and the antioxidant scavenging activity of 1, 1-diphenyl-2- picrylhydrazyl (DPPH) free radical were determined as described by Khan *et al.* (2012), AOAC (2000), Fish (2012), and Kubola and Siriamornpun (2011) respectively. Disease incidence was determined by observing occurrence of any mycelial or spores on the surface of fruit and affected area was estimated as percentage of total fruit as described earlier by Sripong *et al.* (2015). Data were analyzed by SAS program version 9.1 (SAS Inc. USA) and ANOVA determined.

## Results and Discussion

The physical and chemical quality analyses of Gac fruit are shown in Figure 1. The results showed that HWT could delay disease severity as compared to the control, though no significant difference observed, HWT55 recorded the lowest incidence score (1.67) compared to non-treated one (3.00) at the end of storage period. Angasu *et al.* (2014) shows that HWT at 52°C/5 min delayed disease incidence in mango for 5 days and after two weeks of storage. Zamani *et al.* (2013) reported that HWT at 50°C/10 min reduced disease incidence during a I month storage at 1°C of' 'Karaji' persimmon. The progressive increase in weight loss appeared throughout the storage period. However, HWT55 delayed water loss (1.05-1.89%) compared to control (1.44-2.69%) and HWT60 (1.46-2.24), though no significance difference was observed during storage. This result is in contrary to Hazbavi *et al.* (2015) reported that a negative effect of HWT at 50 and 60°C on weight loss of Date palm during storage than in non-treated fruits. The TSS varied among treatments with a range of 10.6 - 12.7 °Brix in day 0. It decreased gradually in the control and HWT55 within 3 days of storage but with no significant change on HWT60. However, at the end of storage a significant increase in TSS was witnessed on HWT55 while the control and HWT60 slightly reduced. This results indicate that HWT has no significant effect on TSS of Gac fruit, and this is similar to findings by mango (Jacobi *et al.*, 2001). HWT55 revealed a significantly higher TA value on day 6 (0.032%), with HWT60 remain invariably the same. In contrast, the control portrayed a gradual decline throughout the storage period (0.028-0.015). Previous studies have reported that HWT has no effect on acidity in apples (Fallik *et al.*, 2001). Vitamin C increased within 3 days with HWT but fell in the control. HWT55 maintained a higher level (260-356 mg/100gFW) throughout the storage compared to HWT60 and the control. Ben-Yohashua *et al.* (2005) stated that heat treatment may stimulate some up regulating MRNA genes which may be responsible for an increase in vitamin C.

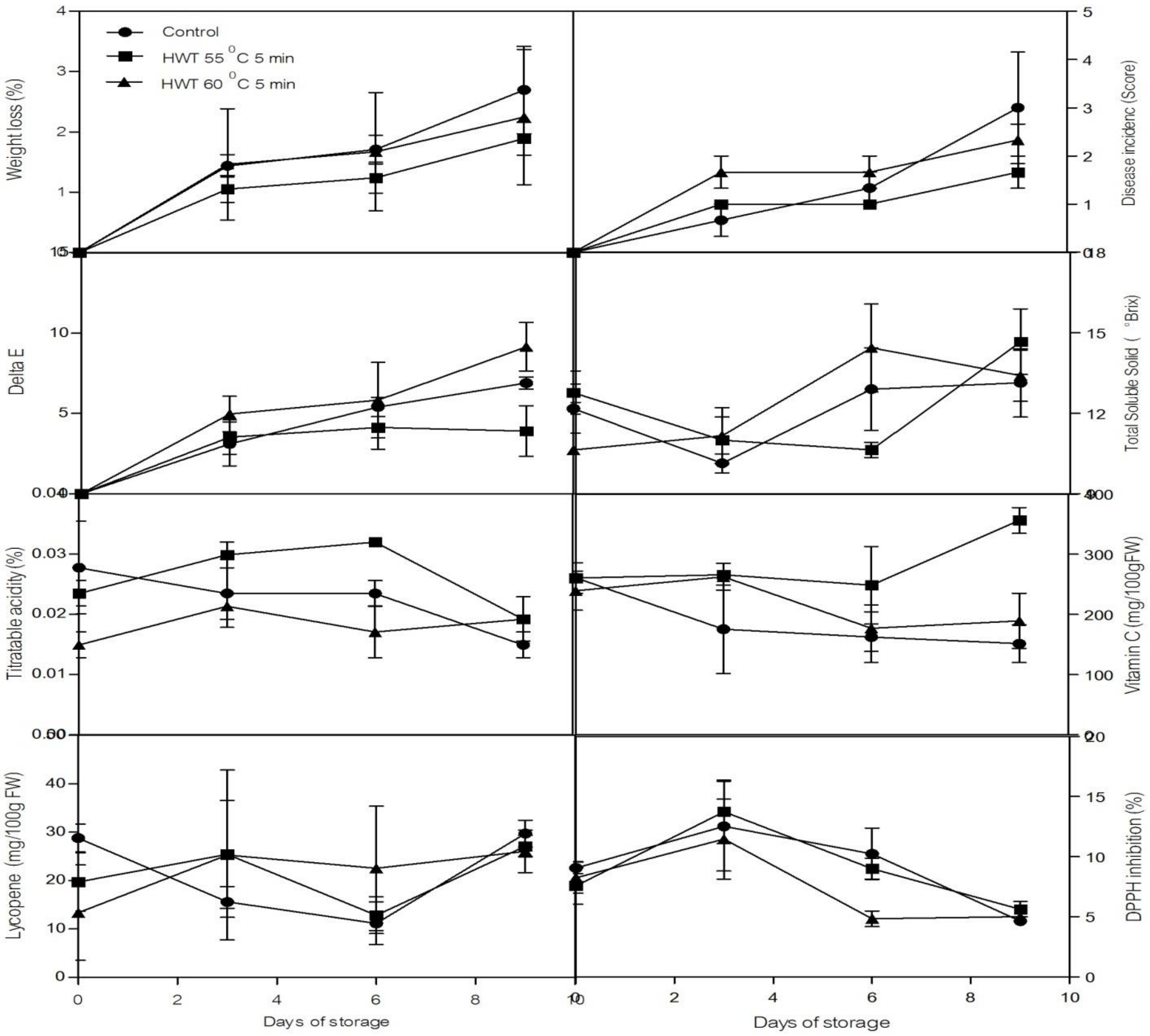



**Figure 1** Weight loss, disease incidence, total colour change (delta E), total soluble solids, titratable acidity, vitamin C, lycopene content and antioxidant scavenging activity of1, 1-diphenyl-2- picrylhydrazyl (DPPH) as affected by hot water dipping treatment at 0,55 and 60$^{O}$C for 5minutes and stored for 9 days at 13$^{O}$C. Values of the mean of three replicates ± SD. Interaction of error bar means no statistical significance difference at p=0.05.

There was an increase in lycopene content on day 3 following HWTs (47%) compared to the decrease in the control (46%). The lycopene content ranged from 11 to 29 mg/100 ml throughout the experiment. However, HWT60 not only increased but also maintained lycopene level than HWT55 which decreased by almost 50% and the control declined by 28% on day 6. These phenomena can be explained by changes that happen during heat treatment. Postharvest heat treatments normally lead to an alteration of gene expression resulting into either delayed or disrupted processes (Ben-Yehoshua *et al*., 2005). Thus, during heat treatment, many physiological processes are affected such that plant under stress must summon means to prevent the created stress, affecting some important activities such as mRNA transcription which is responsible for lycopene synthesis. However, when temperatures return to normal the gene become active again allowing synthesis of lycopene (Paull and Chen, 2000). Antioxidant activity (DPPH) increased to maximum within 3 days

of treatment. Furthermore, there was a general decline after 3 days up to the end of the study. However, HWT55 recorded the highest increase in DPPH scavenging activity (13.7%) compared to the control and HWT60.

## Summary

Hot water treatment of Gac fruit has demonstrated effectiveness in delaying disease incidence and weight losses and general quality during subsequent storage. Moreover, HWT55 has shown better effect on fruit quality in reducing weight loss, maintaining vitamin C and increasing lycopene and DPPH activity. Therefore, hot water treatment at $55^{O}C$/5 minutes can be used to improve the quality of Gac fruit.

## Literature cited

Angasu, O.N., Dessalgne, O.G. and Tadesse, T.N., 2014, Effect of Hot Water Treatment on Quality and Incidence of Postharvest Disease of Mango (*Mangifera indicia* L.) Fruits, Asian Journal of Plant Sciences, 13: 87-92.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis, Microbiological Methods No.966.23c and 966.24.

Ben-Yehoshua, S(Ed), 2005, Environmental Friendly Technologies for Agricultural Produce Quality, Taylor & Francis, BocaRaton, LA, 552 pp.

Coates, L.M., Johnson, G.T. and Cooke, E.A.W., 1993, Postharvest Disease Control in Mangoes using High Humidity Hot Air and Fungicide Treatment, Annals of Applied Biology,125: 441- 448.

Fallik, E., Tuvia-Alkalai, S., Feng, X. and Lurie, S., 2001, Ripening Characterization and Decay Development of Stored Apples after a Short Pre-storage Hot Water Rinsing and Brushing, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2: 127-132.

Fish, W.W., 2012, Refinements of the Attending Equations for Several Spectral Methods that Provide Improved Quantification of -carotene and/or Lycopene in Selected Foods, Postharvest Biology and Technology, 66: 16–22.

Hazbavi, I., Khoshtaghaza, M.H., Mostaan, A. and Banakar, A., 2015, Effect of Postharvest Hot-water and Heat Treatment on Quality of Date Palm (cv. Stamaran), Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 14: 153-159.

Jacobi, K.K., Macrae, E.A. and Hetherington, S.E., 2000, Effects of Hot Air Conditioning of ‘Kensington’ Mango Fruit on the Response to Hot Water Treatment, Postharvest Biology and Technology, 21: 39–49.

Khan, A.S., Ullah, W., Malik, A.U., Ahmad, R., Saleem. B.A. and Rajwana, I.A., 2012, Exogenous Applications of Boron and Zinc Influence Leaf Nutrient Status, Tree Growth and Fruit Quality of Feutrell’s Early (*Citrus reticulata* Blanco), Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 49: 113-119.

Kubola, J. and Siriamornpun, S., 2011, Phytochemical and Antioxidant Activity of Different Fruit Fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai Gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng), Food Chemistry, 127: 1138-1145.

Paull, R.E. and Chen, N.J., 2000, Heat Treatment and Fruit Ripening, Postharvest Biology Technology, 21: 21–37.

Sripong, K., Jitareerat, P., Uthairatanakij, A., Srilaong, V., Wongs-Aree, C., Tsuyumu, S. and Kato, M., 2015, Effects of Hot Water, UV-C and Modified Coconut Oil Treatments on Suppression of Anthracnose Disease and Maintenance of Quality in Harvested Mango cv. ‘Chok-Anan’, Journal of Food and Nutrition Sciences, 3(1-2): 1-8.

Zamani, K.O., Kalantari, Z., Ebadi, S. M. and Sepahvand, E., 2013, Hot Water Treatment Maintains Postharvest Quality of 'karaj' Persimmon Fruit during Cold Storage, Acta Horticulturae, (ISHS) 1012: 485-489.

## ดัชนีชื่อผู้แต่ง

**ก**
กชพรรณ เลี้ยงบุญเลิศชัย, 561
กนก รัตนะกนกชัย, 273, 373, 385, 389, 597, 637
กนกภรณ์ เกตุศิริ, 341
กนกวรรณ เยี่ยมรัมย์, 737
กนกอร ดวงปากดี, 221
กนิษฐา ขลังธรรมเนียม, 329
กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์, 685
กมลวรรณ เที่ยงตรง, 269
กรณ์กนก อายุสุข, 229
กรรณิกา ปภุสโร, 245
กรรณิการ์ กุลยะณี, 357
กฤชญา ปัญญา 581
กฤตวิทย์ วางขุนทด, 473
กฤติยา บุญรอด, 677
กฤษฎา ชูช่วย, 165
กฤษฎา ศรีบุญเพ็ง, 789
กฤษณา บุญศิริ, 165
กัลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 857
กัลยาณี สุวิทวัส, 161, 213, 853
กาญวิภา กลิ่นชู, 821
กานดา ล้อแก้วมณี, 569
กานต์สิรี หลีชัยกูล, 625
การิตา จงเจือกลาง, 649
กิ่งกานท์ พานิชนอก, 817
กิตติ โพธิปัทมะ, 185, 673, 761, 864
กิตติ เมืองตุ้ม, 453
กิตติคุณ มุขตวาภัย, 805
กิตติมา วานิชกูล,17
กีระติ ธรรมพันธ์, 77
กุลธิดา โชทนากูล, 617
กุลนิภา ธนรุ่งรังสี, 461, 469
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 181, 341, 357, 537
กุศล เอี่ยมทรัพย์, 867
เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์, 113, 117
เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์, 113, 117, 505, 521, 633
เกษรา เพิ่มสุข, 273, 373, 385, 389

**ข**
ขนิษฐา สุทินเผือก, 873
ขวัญหทัย ทนงจิตร, 213

**ค**
คงเอก ศิริงาม, 585
คณิต กฤษณังกูร, 229
คณิตนันท์ เอชัน, 785
คมกฤช ธัญวชิรวิทย์, 41
คำทอง มหวงศ์วิริยะ, 501
เครือมาศ หอมนวล, 533

**จ**
จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ, 273, 373, 385, 389, 597, 637
จักรินทร์ ม่วงปั้น, 29, 33, 37
จันทร์เพ็ญ วิวัฒน์, 413
จาตุรงค์ จงจีน, 757
จารุพรรณ ใบนาค, 361
จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ, 49
จารุวรรณ บางแวก, 49, 197
จารุวรรณ ฤทธิ์เดช, 701
จินดาพร คงเดช, 157
จินตนา ต๊ะย่วน, 365
จิรนาถ บุญคง, 713
จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์, 833
จิราพร กุลคำ, 17
จิราพร ต่อปัญญา, 401
จิรารัตน์ อนันตกูล, 21
จิราวรรณ หนูประภา, 193
จีรนันท์ โชมขุนทด, 705
จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, 89, 93, 125, 509, 609, 657
จุฑามาศ ทองลิ่ม, 13
จุฑามาศ ศุภพันธ์, 237
จุฑารัตน์ ช้างแก้วมณี, 29, 33, 37
จุฬารัตน์ ทรายหมอ, 525
จุฬาวรรณ ศิริติกุล, 864
เจนจิรา ชุมภูคำ, 261, 457, 613, 629, 669

**ฉ**
ฉัตรภา หัตถโกศล, 345, 369, 589, 601
ฉันทนา คำภาหมี, 870
เฉลิมชัย วงษ์อารี, 501, 864, 873
เฉลิมพล ภูมิไชย์, 69
เฉลิมพล สำราญพงษ์, 401

**ช**

ชญาณี บุญทัน, 525
ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น, 153
ชนินทร์ คมแหลม, 529
ชนินทร์ ศิริขันตยกุล, 433
ชมพร สุวินทรากร, 313
ชลธิรา แสงศิริ, 381
ชลิดา ชลไมตรี, 789
ชลิดา เนียมนุ้ย, 233, 529, 749
ชวนพิศ จิระพงษ์, 873
ช่อผกา รองเย็น, 673
ชัชฎาพร องอาจ, 285, 321
ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร, 509, 653, 657, 861
ชามา เยี่ยงมานิต, 864
ชาลิณี สังขจร, 73
ชิตชนก มาลาวิสุทธิ์, 225
ชินกฤต สุวรรณคีรี, 473
ชินวร พิริยะพงศ์พิทักษ์, 473
ชื่นจิต แก้วกัญญา, 809
ชุติกานต์ สมจิตต์, 53, 57
ชุติมา แซ่เฮ้ง, 845
ชุติมา บุญเสมา, 641
ชุติมา สารทจีนพงษ์, 109
เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์, 801, 805
ฐิรญากานต์ เดชแทน, 845

**ณ**

ณฐชล วีรทัตประภา, 669
ณปภา บุศยโสพัส, 325, 533
ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์, 421, 425
ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 77, 81, 97, 137, 145, 149, 153, 157, 189, 209, 265, 269, 309, 349, 357, 377, 393, 429, 441, 461, 465, 469, 493, 497, 601
ณัฏฐ พิชกรรม, 669
ณัฐกานต์ เทียมเมือง, 689
ณัฐจิรา น่วมกระสินธ์, 585
ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ, 513, 841
ณัฐนันท์ วิลาวรรณ, 85
ณัฐพล เลี้ยงเพ็ชร, 593
ณัฐวุฒิ จั่นทอง, 553, 741
ณัติฐพล ไข่แสงศรี, 265
ณิชาดา ศรีจันทร์โฉม, 113
ณิชาภัทร ฟองเทพ, 505

**ด**

ดณียา เห่งพุ่ม, 729
ดรุณี ถาวรเจริญ, 117, 521, 633
ดวงกมล เตชะพิทักศาสน์, 241
เดชา ดวงนามล, 641

**ถ**

ถาวร วินิจสานันท์, 701
ถาวร อ่อนประไพ, 401

**ท**

ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, 73
ทวีศักดิ์ พงษ์ปัญญา, 301
ทัศนารถ กระจ่างวุฒิ, 845
ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์, 301
ทิวาพร ผดุง, 649

**ธ**

ธงชัย พุฒทองศิริ, 5
ธนพร ขจรผล, 381, 809
ธนพล ไชยแสน, 69
ธนพัฒน์ ปลื้มพวก, 577
ธนวรรณ พาณิชพัฒน์, 397
ธนันพัชญ์ อภิธนสรณ์, 713
ธนากร บุญกล่ำ, 161, 853
ธนิดา แซ่ลิ้ม, 721
ธรารัตน์ อิทธิโสภณกุล, 201
ธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์, 309
ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์, 801
ธัญญารัตน์ โกมล, 892
ธัญภวิศ อุ้มเครือ, 629
ธัญมาศ หลำเนียม, 525
ธิติภูมิ สายะสนธิ, 477
ธีร์ หะวานนท์, 113, 121, 849
ธีรภรณ์ ตุ้มน้อย, 101
ธีรวัฒน์ จตุอุทัยศรี, 457
ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, 549

**น**

นงลักษณ์ เทียนเสรี,1
นพ ตัณมุขยกุล, 29, 33, 37, 41, 69, 421, 425
นพดล เกิดดอนแฝก, 821
นพดล ปั้นจันทร์, 233
นพพล ซั่งโต, 245

นพวรรณ หนองใหญ่, 117
นภาภรณ์ แซ่ลี้, 4933
นฤป ทองคำ, 69
นฤมล นกพรหม, 873
นลิตา บู่ทอง, 293
นันท์ชนก นันทะไชย, 293
นันท์นภัส ขำโต, 125
นันทิกา จ่าพิชม, 65
นารีรัตน์ ตันติสว่างวงศ์, 193
นิตยา บุญนำมา, 601
นิธิภัทร บุญปก, 873
นิพนธ์ บุญมี, 813
นิพร เดชสุข, 85
นิศานันท์ ตามกาล, 145
นิสานารถ กระแสร์ชล, 53, 57, 249
นีรนุช วินิจชีวิต, 485
นุชนาฏ เครือสวัสดิ์, 673
นูไอนี ล่ากูด, 713
เนตรชนก เส็งสุข, 745
เนตรนภา สกุลซ้ง, 709
เนตรนภา อินสลุด, 581, 625, 813

**บ**

บวร ตันติวรชัย, 105, 109
บัญชร พลรบ, 17
บุณยนุช ศรีดอกไม้ 585
บุษราคำ ลิ้มเจริญเงิน, 845
เบญจมาส สัตตะโส, 793
เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์, 525, 533, 785, 821
เบญญา มะโนชัย, 261, 641

**ป**

ปฐมะ ตั้งประดิษฐ์, 801
ปทุมวัน เมธา, 293
ประชาชาติ นพเสนีย์, 381
ประณต มณีอินทร์, 485
ประภาพรรณ ซอหะซัน, 701
ประภาส ช่างเหล็ก, 541, 817
ปรัชญา เตวิยะ, 101
ปรัชวนี พิบำรุง, 313, 329
ปราถนา เกตุบท, 373, 385, 389
ปรารถนา เกตุบท, 273
ปริญญา การสมเจตน์, 421, 425
ปริ่มเฉนียน มุ่งการดี, 413
ปริยานุช จุลกะ, 209, 225, 489, 545, 613, 617, 769
ปริยาพร ยอดรัก, 505
ปริวัตร ไพรศรีจันทร์, 885
ปรีชา พีรศักดิ์ภักดี, 529
ปรีดา นาเทเวศน์, 333
ปรียาภรณ์ แสงเรือน, 625
ปัญจพร เลิศรัตน์, 649
ปัทมา ศรีน้ำเงิน, 217, 221
ปาริฉัตร บุญยืน, 613
ปาริชาติ แซ่ล่าย, 892
ปาริชาติ ทรงพระ, 557
ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์, 325
ปิติพงษ์ โตบันลือภพ, 29, 33, 41, 69, 421, 425, 485
ปิติพงษ์ ปานเสน, 445
ปิ่นปินัทธ์ จันทร์แหง, 421, 425
ปิยธิดา สุดเสนาะ, 693
ปิยนุสร์ น้อยด้วง, 665
ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ, 769
ปิยะนุช คำแว่น, 29, 33, 37, 69
ปิยะมาศ ศรีรัตน์, 717, 721
เปมิกา พรหมแก้ว, 513, 841
เปรมศิริ สมพรเสริม, 193
โปรดปราน ทาศิริ, 369

**ผ**

ผกามาส งามสง่า, 129
ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, 169, 729, 789, 888, 892

ผาณิต รุจพิสิฐ, 253

**พ**

พงษ์นาถ นาถวรานันต์, 521
พชรดา ฉายศรี, 817
พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย, 169, 653, 861
พเยีย มหาขันตี, 289
พรชัย เหลืองบริสุทธิ์, 837
พรทิพย์ ศรีมงคล, 645
พรพรรณนา เล็กขำ, 513
พรพิมล ศิริการ, 777
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, 85
พรรณทิวา คำดี, 233
พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล, 345, 369, 589, 601
พริมา พิริยางกูร, 125 , 609
พวงชมพู หงษ์ชัย, 405

พหล ศักดิ์คะทัศน์, 553, 741
พัชราภรณ์ ถิ่นจันทร์, 381
พัชรีชัย กิจวิสุทธิกุล, 821
พัชรียา บุญกอแก้ว, 421, 425
พัฒน์ สุขมี, 761
พันธ์สิริ สุทธิลักษณ์, 677
พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์, 377
พิจิตรา แก้วสอน, 489, 613 , 617 , 641, 769
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล, 681
พิชัย ทองดีเลิศ, 45, 65, 773, 885
พิทยา ใจคำ, 661, 693
พินิจ กรินท์ธัญญกิจ, 213
พิมพ์นิภา เพ็งช่าง, 161, 213, 853
พีรนุช จอมพุก, 801
พีรพล แก้วสุวรรณ, 421, 425
พีรพล ศรีชู, 413
พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 477
พุทธพร วิวาจารย์, 381
พุทธิภณ ศิริมูล, 645
พูนผล เล็กไม่น้อย, 425
เพชรนันั ตระกูลพานิช, 345
เพลินใจ ทองล้วน, 849
เพลินพิศ แจ้งโพธิ์นาค, 870
แพรว วิจิตโรทัย, 5
ไพรินทร์ กปิลานนท์, 21, 445

**ฟ**

แฟรงก์ บี มาทา, 81, 97, 149, 189, 265, 269, 441, 497

**ภ**

ภัควิไล ยอดทอง, 197
ภัชรี สิทธิกิจโยธิน, 837
ภัทรา ผาสอน, 273, 373, 385, 389, 597, 637
ภัศรา คูละสุวรรณ์, 485
ภัสจนันท์ หิรัญ, 137
ภัสสร จันเผือก, 317
ภาคินี เทียนเฮง, 597
ภาณุมาศ โคตรพงศ์, 649
ภารวี กุศลินกุล, 345
ภาราดี ไพศาล, 793
ภาสันต์ ศารทูลทัต, 121, 161, 213, 849, 853
ภิญญดา แก้วเสถียร, 413
ภีม พจนกรโกศล, 325
ภูวดล นุปทุม, 870

**ม**

มณฑิรา นพรัตน์, 85
มณีรัตน์ มีพลอย, 133
มนตรี แก้วดวง, 105, 109
มยุรี เหลืองวิลัย, 345
มัชฌิมา นราดิศร, 517
มาริษา สุขปานแก้ว, 425
เมธัส สิรสุทธิ, 565

**ย**

ยศกร ยศชาติ, 189
ยาตรา จำปาเฟื่อง, 781
ยุพาภรณ์ จิโรภาสภาณุวงศ์, 605
ยุวดี อ่วมสำเนียง, 621
ยุวธิดา สารสวัสดิ์, 365
เยาวภา ไหวพริบ, 781
ใยเนตร สืบทอง, 245

**ร**

รวี เสรฐภักดี, 849
ระวี เจียรวิภา, 433, 437, 549
รัชฎา เลกุล, 609
รัชฎาภรณ์ คะประสบ, 97
รัชดา พลโลก, 365
รัชนี ไสยประจง, 561, 565
รัชพล พะวงศ์รัตน์, 89, 93
รัตติยา แววนุกูล, 273, 373, 385, 389, 597, 637
รัตนา รุ่งศิริสกุล, 861
รัตนา สระทองวาท, 317
รัตนาพร วงศ์ภักดี, 361
ริสา รัตนชัย, 753
เรืองศักดิ์ กมขุนทด, 213, 261

**ฤ**

ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง, 81, 497
ฤทัยทิพย์ สุระเสียง, 381

**ล**

ลลิดา ท้าวลา, 665
เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์, 337, 829

**ว**

วรธร ป้อมเย็น, 589
วรรณวิษา ผ่องน้อย, 853
วรรณวิสา บุญชู, 405
วรรณี ฉินศิริกุล, 821
วรรษมน พลตื้อ, 793
วรัญญา ทิพย์พิมล, 241
วรัญญา พงษ์ไพบูลย์, 481
วรางคณา ศรีจำนง, 589
วราภรณ์ จรจรัญ, 277
วราภรณ์ วงศ์พิลา, 621
วรายุทธ จันทร์ปลอด, 349, 353
วรินธร จริยกิจโกศล, 441
วลัยรัตน์ จันทรวงศ์, 445
วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 613 , 617
วันชัย บุญเส็ง, 585
วันทนีย์ เกรียงสินยศ, 13
วัลลา ตั้งรักษาสัตย์, 413, 689
วาริช ศรีละออง, 513, 841
วาสนา วิรุญรัตน์, 401
วิชชุดา สังข์แก้ว, 705
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, 249, 289
วิญญู ช่วยแก้ว, 709
วิทยา แก้วศรี, 101
วิภา ดวงจินดา, 45
วิมล ศรีศุข, 413, 689
วิมลนันทน์ กันเกตุ, 645
วิไลย์ ดอกโศก, 757
วิษณุ เมืองทิพย์, 510
วิสสุตา ประเสริฐพรศักดิ์, 717
วีระเกียรติ ทรัพย์มี, 237
วีระพันธุ์ สีดอกจันทร์, 477
วุฒิพงษ์ แปงใจ, 417

**ศ**

ศนิ จิระสถิตย์, 181, 857
ศรัญญา วอขวา, 177
ศรัณย์ พูดคล่อง, 329
ศรัณย์พร ล่องชูผล, 209
ศรันยา คุ้มปลี, 121
ศริสา ทวีแสง, 205
ศานิต สวัสดิกาญจน์, 449
ศิรดา สังสินชัย, 749
ศิริชัย กัลป์ยาณรัตน์, 509
ศิริเพ็ญ จริเกษม, 105
ศิวะพงศ์ นฤบาล, 813
ศุภกฤต จันทรวิชญ์, 381
ศุภกาญจน์ หล่ายแปด, 649
ศุภเชษฐ์ แซ่ตั้ง, 637
ศุภธิดา อับดุลลากาซิม, 849
ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช, 645
โศภิษฐา ไพฑูรยากุล, 261
โศรดา วัลภา, 833

**ส**

สกล ฉายศรี, 817
สกล ผ่านเมือง, 765
สงบ ศรีเมือง, 17
สดศรี เนียมเปรม, 867
สมโภชน์ น้อยจินดา, 185, 673, 761, 864
สมศักดิ์ จีรัตน์, 473
สมศักดิ์ มาฆะสิทธิ์, 53, 57
สมิง จำปาศรี, 17
สรศักดิ์ งามสง่า, 429, 465
สร้อยทิพย์ ประเสริฐสงค์, 185
สายชล สุขญาณกิจ, 397, 577
สายพรรณ คำทิพย์, 521
สายรุ้ง โพธิ์อ่ำ, 393
สายันต์ ตันพานิช, 105, 109
สาวิตรี คำแสน, 829
สาวิตรี มังกรแก้ว, 769
สิทธิชัย บุญมั่น, 381
สิรินาถ ตัณฑเกษม, 409
สิริภาส สัมฤทธิ์, 517
สิริมา ชินสาร, 201, 249, 557
สิรีวัลย์ ราษฎรอาศัย, 773
สุกิจ ขำเปรื่องเดช, 833
สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ, 737, 797
สุขุมาลย์ เลิศมงคล, 29, 33
สุดใจ ล้อเจริญ, 545
สุดาทิพย์ แสนสุภา, 569
สุทธิดา วิทนาลัย, 129
สุทธิวัลย์ สีทา, 517
สุปราณี งามประสิทธิ์, 541, 621 , 817
สุพรพรรณ ศรีมาศ, 633
สุพัตรา บริบูรณ์, 557
สุพัตรา ศรีสุวรรณ, 277, 281, 745, 753, 765, 777
สุพิชชา สุกใส, 85

สุภัทร์ ไชยกุล, 193, 481
สุภางค์ เรืองฉาย, 409
สุภาภรณ์ เลขวัต, 133, 785
สุภาวิณี แสนทวีสุข, 257, 697
สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก, 877, 881
สุรพงษ์ พินิจกลาง, 561, 565
สุรัตน์วดี วงค์คลัง, 337
สุริยา ฤธาทิพย์, 21, 185
สุวภัทรกิตติบัญชากุล, 13
สุวิชญา บัวชาติ, 317
เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์, 61
เสาวรส พนมชัย, 185

**ห**

หทัยรัตน์ พลชาตรี , 813
หนึ่งฤทัย ธาราวัชรศาสตร์, 701
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์, 305, 573

**อ**

อธิคุณ ชาญศิริวิริยกุล, 305, 573
อนันต์ ทองทา, 781
อนุธิดา ชูแก้ว, 549
อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม, 845
อนุรักษ์ อุปโท, 809
อนุสรา พลบจู, 289
อนุสรา พาที, 293
อโนชา สุขสมบูรณ์, 341, 357, 361, 537
อพรรณ จันทรวิชิต, 285
อภิญญา เจริญกูล, 297
อภิรดี อุทัยรัตนกิจ, 169, 729, 789, 888
อภิวัฒน์ จิรัฐติสกุล, 229
อมรรัตน์ อุปพงศ์, 797
อรทัย พลเยี่ยม, 517
อรพรรณ ปะอ้าย, 665
อรพรรณ เสลามาศสกุล, 149
อรพิน เกิดชูชื่น, 77, 81, 97, 137, 145, 149, 153, 157, 189, 265, 269, 309, 349, 353, 377, 393, 429, 441, 461, 465, 469, 493, 497
อรรจนา ด้วงแพง, 793
อรรถพร เฉยพันธ์, 281
อรรถพร ร้อยถิ่น, 445, 533
อรวรรณ จิตต์ธรรม, 197
อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, 337
อรสา รื่นสุข, 585
อรสา สุริยาพันธ์, 413, 689
อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์, 153
อรุณี พ่อค้า, 445
อลิษา สุนทรวัฒน์, 873
อะกิฮิโกะ โคสุกิ, 637
อังศุนิตย์ พรคทาทัศน์, 689
อัชฌา เพชรสลับแก้ว, 25
อัญชลี สวาสดิ์ธรรม, 325
อัญชัน ไตรธิเลน, 737, 797
อัญชิสา ปานแก้ว,1
อัษฎาวุธ เกิดฤทธิ์,813
อาทิตย์ พงษ์ทิพย์, 29, 33, 37
อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์, 593
อาภัสรา แสงนาค, 537
อารยา อาจเจริญ เทียนหอม, 101, 457, 629
อารี ยิ้มสอาด, 329
อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์, 709
อินทิรา ลิจันทร์พร, 241, 245
อุทร ชิขุนทด, 21, 673
อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์, 13, 369
อุบลวรรณา ศรีมงคลลักษณ์, 133
อุไล ภู่ประสง, 273
เอกราชเกตวัลห์, 13
เอ็จ สโรบล, 29, 33, 37, 485, 817
โอภาษ บุญเส็ง, 817
ไอยรดา จันทร์โสม, 701

A

AbdElgader, A., 888, 892
Aiemla-Or, S., 888
Akepratumchai, S., 825

I

Iván Matus, T., 421, 425

K

Kuakpetoon, D., 9

L

Lumdubwong, N., 9

M

Matta, F. B., 81, 97, 149, 189, 265, 269, 441, 497
Meas, S., 825
Mgaya, A.M., 733

Murdiati, 9

N
Nhim, S., 725

O
Onwimol, D., 733
Opio, P., 173, 892

Oshio, T., 225

P
Pason, P., 725
Pongphen, J., 173
Pongprasert, N., 173

R
Ratanakhanokchai, K., 725
Rushunju, B.G., 892

S
Salaipeth, L., 825
Sarobol, E., 733
Srilaong, V., 173
Sriwongchai, T., 733
Suzuki, Y., 173

T
Tachaapaikoon, C., 725
Thobunluepop, P., 733

V
Valida, A., 169
Vichitsoonthonkul, T., 825

W
Waeonukul, R., 725
Wongs-Aree, C.173, 888

Z
Zhen Hai Han, 437

## ดัชนีคำสำคัญ

### ก

กรดจิบเบอเรลลิก, 641
กรดทาร์ทาริก, 261
กรดอะซิติก, 873
กรดอะมิโน, 569
กรดอินทรีย์, 569
กระเจี๊ยบเขียว, 269
กระดังงาจีน, 185, 673, 864
กระเทียม, 333
กระบวนการวิเคราะห์ทางเลือกแบบลำดับชั้น, 333
กระบวนการหมักแบบอาหารแข็ง, 181
กล้วย *Musa sp.*, 213
กล้วย, 841
กล้วยน้ำว้า, 213
กล้วยหอมทอง, 429, 465
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน, 785
กลายพันธุ์, 1
กลิ่น, 393
กลิ่นปาก, 349
กลีเซอรอล, 665
กลีบดอก, 673, 864
กลุ่มแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนชนิดทนด่างชอบร้อน, 389
กะทิขนมไทยผงสำเร็จรูป, 5
กะปิ, 669
กะเพราแดง, 189
กัมมี, 533
กัมอารบิก, 85
กัวร์กัม, 357, 361
กากถั่วเหลือง, 273, 697
กากมะพร้าวผง, 341
กากมันสำปะหลังแห้ง, 129
กากเมล็ดทานตะวัน, 377
กากใยอาหาร, 461, 469
กากส้มเขียวหวาน, 749
กากส้มจี๊ด, 557
ก๊าซชีวภาพ, 41
กาบหอยแครง, 801
กาแฟโรบัสต้า, 433
การกระตุ้นการเจริญเติบโต, 549
การกระตุ้นความงอก, 641
การกลายพันธุ์, 801
การเก็บรักษา, 73, 197, 857
การเก็บรักษาข้าว ข้าวเหนียว, 25
การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์, 621
การเกิดฟอง, 149
การเกิดราก, 669
การเกิดสีน้ำตาล, 513, 729
การเกิดอิมัลชั่น, 149
การขยายพันธุ์, 209
การขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, 185
การขยายพันธุ์พืช, 121
การขยายพันธุ์พืชในสภาพปลอดเชื้อ, 717
การขาดน้ำ, 477
การฆ่าเชื้อ, 153
การจัดการดินและปุ๋ย, 329
การจัดการโรงเรือน, 553
การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว, 177
การจำลองสภาวะ, 653
การจุ่มน้ำร้อน, 892
การเจริญเติบโต, 33, 37, 397, 421, 425, 457, 541, 585, 853
การเจริญเติบโตของต้น, 581
การเจริญเติบโตของราก, 581
การฉายรังสีแกมมา, 417
การฉีดพ่น, 841, 867
การชักนำการเปิดปากใบ, 545
การชักนำแคลลัส, 605
การชักนำยอด, 101
การชักนำให้เกิดกลุ่มยอด, 185
การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส, 289
การดูดซับน้ำมัน, 201, 557
การดูดน้ำ, 613
การต้านเชื้อจุลินทรีย์, 285
การติดเชื้อแบคทีเรีย, 881
การติดผล, 521
การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์, 617
การเติบโตของต้นกล้า, 645
การเติบโตผล, 629
การถ่ายเทมวลสาร, 289
การทดแทนแป้งสาลี, 833
การทดลองแบบส่วนผสม, 193
การทดสอบประสาทสัมผัส, 829

การทนน้ำตาลกลูโคส, 385
การทำแห้ง, 5, 781
การทำแห้งแบบโฟม-แมท, 257, 429
การทำให้รำข้าวมีความคงตัว, 529
การแทนที่, 57
การบ่มเมล็ด, 613
การบ่มเมล็ดพันธุ์, 617
การปรับตัว, 433
การปรับปรุงพันธุ์พืช, 117
การปรับปรุงพันธุ์มะละกอ, 113
การปลูกข้าว, 753
การเปลี่ยนแปลงของข้าวระหว่างการเก็บ, 25
การเปลี่ยนแปลงในรอบฤดูกาล, 437
การเปลี่ยนแปลงเพศดอก, 493
การแปรปรวนทางพันธุกรรม, 221
การแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง, 693
การผลิตต้นกล้า, 549
การผลิตผักตามระบบเกษตรอินทรีย์, 65
การผสมตัวเอง, 113
การพักตัวเมล็ด, 489
การพัฒนาผล, 457
การพัฒนาผลิตภัณฑ์, 697
การเพาะเลี้ยง, 701
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, 101, 189, 845
การเพิ่มขนาดผล, 161
การเพิ่มปริมาณยอดในสภาพปลอดเชื้อ, 721
การมีส่วนร่วม, 741, 793
การยอมรับ, 553
การย้อมสี, 21
การย่อย, 481
การย่อยด้วยเอนไซม์, 561, 565, 837
การย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์, 129
การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส, 749
การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย, 757
การยับยั้งอนุมูลอิสระ, 249
การยืดขยายราก, 625
การรม, 873
การร่วงของใบ, 867
การรอดชีวิต, 661, 669
การลวก, 289
การวิเคราะห์ DPPH, 169
การสกัด, 145, 453
การสกัดด้วยอัลคาไลน์, 461, 469
การสกัดน้ำมัน, 345
การส่งเสริมการตลาด, 305, 573
การสลายตัวของเมล็ดข้าว, 813
การสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ, 545
การเสียบยอดมะเขือ, 797
การให้ความร้อนร่วมกับความชื้น, 713
การอนุรักษ์นอกแหล่งกำเนิด, 209
การอบด้วยลมร้อน, 509
การอบลมร้อน, 873
การอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ, 529
การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด, 529
การอบแห้งแบบพ่นฝอย, 465, 601, 785
การออกดอก, 521, 867
การไฮโดรไลซ์ด้วยกรด, 309
กุนเชียง, 53, 57
เกษตรกร, 753, 773
เกษตรศาสตร์, 75, 817
เกษตรอินทรีย์, 313, 473
แก่นตะวัน, 525, 541
แกมมา-โอไรซานอล, 229
ไกลโคซิลไฮโดรเลส แฟมมิลี่, 5, 637

**ข**

ขนมกลีบลำดวน, 589
ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง, 345
ขนมจีน, 361
ขนมจีนแป้งหมัก, 365
ขนมปัง, 409
ขนาดผล, 505
ขนาดอนุภาค, 341, 369
ขนุน, 205
ขมิ้นชัน, 605, 717, 781
ขมิ้นอ้อย, 721
ข้าว, 365, 553, 581, 585, 625, 645, 813
ข้าวกล้อง, 305, 573
ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41, 577
ข้าวพันธุ์ กข.49, 165
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1, 165
ข้าวโพดฝักอ่อน, 649
ข้าวโพดหวาน, 485
ข้าวไรซ์เบอร์รี่, 361
ข้าวหมาก, 205
ข้าวหอมนิล, 705
ข้าวหอมมะลิ, 105, 473
ขิง, 289

ไขด้านบนผิวเคลือบคิวทิน, 761
ไขมันทรานส์, 253
ไขมันที่เติมไฮโดรเจนบางส่วน, 253
ไขมันมะพร้าว, 253

**ค**
ความแข็ง, 533
ความคิดเห็น, 281
ความคิดเห็นของเกษตรกร, 745
ความเครียดเกลือ, 645
ความงอก, 489, 613, 617, 621, 769
ความชื้นดิน, 397
ความดันโลหิตสูง,13
ความต้องการธาตุอาหาร, 649
ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง, 497
ความเป็นพิษระดับเซลล์, 237
ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว, 765
ความรุนแรงของโรค, 892
ความเร็วสกรู, 265
ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH, 781
ความสามารถในการลดการดูดซึมกลูโคส, 749
ความหนืด, 481
ความหลากหลาย, 813
ความหลากหลายทางพันธุกรรม, 217
ความเหมาะสมเชิงกายภาพ, 401
ความอุดมสมบรูณ์ของดิน, 329, 793
ควินัว, 421, 425
คอนเวอร์ติง, 13
คะน้า, 821
คะน้าจีน, 761
ค่าความเป็นกรด-ด่าง, 569
คาร์เนชั่น, 501
คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส, 85, 429
คาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต, 833
คาราจีแนน, 405
คืนรูป, 53
คุกกี้, 293, 870
คุณค่าทางโภชนาการ, 649
คุณภาพ, 513, 653, 789
คุณภาพด้านเคมีกายภาพ, 693
คุณภาพผลผลิต, 649
คุณภาพเมล็ดพันธุ์, 421, 425
คุณภาพหลังการต้ม, 537
คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส, 693
คุณสมบัติ, 469
คุณสมบัติเชิงพลังงาน, 485
คุณสมบัติทางกายภาพ, 145
เคซีนจากวัวไฮโดรไลเซท, 837
เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ, 93
เครื่องดื่มฟังก์ชันนัล, 133
แคปไซซิน, 453
แคลลัสพุดซ้อน, 441
โครงการโรงเรียนชาวนา, 741
โครโมโซม, 237
โคลชิซิน, 801
โคอะเซอเวชัน, 353

**จ**
จลนพลศาสตร์, 857
จังหวัดนครราชสีมา, 65
จังหวัดปทุมธานี, 773
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, 753
จังหวัดสระบุรี, 277
จังหวัดอุทัยธานี, 281, 745
จังหวัดอุบลราชธานี, 45
จำนวนโครโมโซม, 805
จิบเบอเรลลิน, 161
จุลินทรีย์, 657
เจลาติน, 353

**ช**
ชนิดเพศดอก, 633
ช็อกโกแลต, 661
ชา, 13
ชาดอกคาร์โมมายล์, 861
ชาสมุนไพรไทย, 13
ชาอูหลง, 89
ชีววิทยาดอก, 633
ชุดดินอยุธยา, 577
ชุมชนเกษตรกรรม, 473
เชื้อแบคทีเรียทั้งหมด, 169

**ซ**
ซอร์บิทอล, 689
ซังทะลายปาล์มน้ำมัน, 593
ซาลาเปา, 525
ซูคราโลส, 297
ซูโครส, 721

เซลล์แขวนลอยถั่วเหลือง, 81
เซลล์แขวนลอยหม่อน, 497
เซลลูโลส, 233
เซลลูโลสแบบผลึก, 597
แซนแทนกัม, 85, 405
โซเดียมคลอไรด์, 585
ไซโตไคนิน, 161, 721
ไซแลน, 309

**ด**
ดอกตูมบาน, 789
ดอกตูมเหลือง, 789
ดอกเสื่อมสภาพ, 789
ดอกเห็ดตับเต่า, 21
ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล, 169
ดัชนีชี้วัดน้ำตาล, 137
โดนัทเค้กแบบอบ, 341
ไดแคมบา, 605

**ต**
ต้นอ่อนทานตะวัน, 677
ตาข้าง, 185

**ถ**
ถั่วเขียว, 137
ถั่วชิกพี, 133
ถั่วดาวอินคา, 345
ถั่วแดง, 137
ถั่วเน่า, 273
ถั่วแลบแลบ, 809
ถั่วเหลือง, 137
ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 2, 197
ถ่านชีวภาพ, 165

**ท**
ทานตะวัน, 397
เทคนิค AFLP, 69, 217
เทคนิค MSAP, 221
เทคโนโลยีการผลิตสมุนไพร, 777

**ธ**
ธัญพืชชนิดแท่ง, 337
ธาตุอาหาร, 581
ธาตุอาหารเสริม, 477
ธูป, 877

**น**
นม, 89, 881
นมถั่วเหลือง, 609
นมถั่วเหลืองผง, 409
นมผง, 409
นาข้าว, 329
น้ำกะทิขนมไทย, 5
น้ำซาวข้าว, 393
น้ำตาล, 89
น้ำตาลไซโลส, 309
น้ำตาลโตนด, 525
น้ำตาลมะพร้าว, 525, 785
น้ำตาลมะพร้าวผง, 5
น้ำใบเตย, 85
น้ำผึ้ง, 325
น้ำมะขามป้อมผงกึ่งสำเร็จรูป, 257
น้ำมะพร้าว, 153, 393
น้ำมันถั่วเหลือง, 197
น้ำยากะทิ, 697
น้ำหนักแห้งเมล็ด, 769
น้ำหมักชีวภาพซุปเปอร์ พด.2, 773
น้ำอิเล็กโทรบับเบิล, 677
นิเวศสิรีรวิทยา, 433
เนียร์อินฟลาเรดสเปกโตรสโคปี, 49
ไนโตรเจน, 41, 425

**บ**
บรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว, 193
บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ, 821
บรรจุภัณฑ์บรรยากาศดัดแปร, 653
บราสิโนสเตียรอยด์, 629
บริเวณ *ITS*, 109
บริเวณ *psbA-trnH*, 109
บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป, 357
บะหมี่ข้าวแดง, 857
บะหมี่สด, 245
บัวหลวง, 337
บิวเวอเรีย, 281
เบต้า-กลูแคน, 137
เบต้า-กลูโคซิเดส, 385
เบต้าแคโรทีน, 861
แบคทีเรียกรดแล็กติก, 365

แบคทีเรียชอบร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญ, 385
แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์, 625
แบคทีเรียที่ผลิตโปรติเอส, 273
แบบจำลองการสังเคราะห์แสง, 437
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์, 257
โบรมิเลน, 157
ใบขลู่ผง, 249
ใบเตย, 393
ใบเตยหอม, 145
ใบหม่อน, 293, 381

## ป

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน, 229
ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ, 149, 601
ปรับปรุงพันธุ์, 817
ปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยว, 765
ปริมาณ, 57
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, 261
ปริมาณจุลินทรีย์, 509
ปริมาณน้ำมัน, 477
ปริมาณน้ำสัมพัทธ์, 397
ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด, 89
ปริมาณฟีนอลทั้งหมด, 781
ปริมาณวิตามินซี, 169, 381
ปลาช่อน, 17
ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด, 573
ปากใบ, 761
ปุ๋ยเคมี, 45
ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน, 277
ปุ๋ยไนโตรเจน, 577
ปุ๋ยสั่งตัด, 473
ปุ๋ยหมัก, 593
ปูนมาร์ล, 765
เปลือกแก้วมังกร, 241
เปลือกข้าว, 309
เปลือกข้าว, 469
เปลือกเงาะ, 201
เปลือกพาย, 253
เปลือกเมล็ดมะขาม, 681
เปลือกส้มโอ, 93
แป้งข้าวกล้องงอก, 297
แป้งข้าวกล้องสินเหล็ก, 589
แป้งข้าวเจ้า, 349, 357
แป้งข้าวเจ้าไทยอะไมโลสสูง, 481
แป้งข้าวไรซ์เบอรี่, 369, 525
แป้งถั่วนิ้วนางแดง, 537
แป้งถั่วหรั่ง, 685
แป้งมันสำปะหลัง, 349
แป้งเมล็ดเงาะ, 833
แป้งรำข้าว, 589
แป้งสาลี, 685, 705
โปรตีนถั่วลั่นเตาไฮโดรไลซ์, 565
โปรตีนถั่วเหลืองสกัด, 357
โปรตีนสกัด, 133
โปรตีนไฮโดรไลเซท, 157, 377
โปรไบโอติก, 609, 661

## ผ

ผง, 53
ผงวุ้น, 689
ผลผลิต, 541
ผลผลิตชีวมวล, 29, 33, 37
ผลย่อย, 457
ผลิตผลพลอยได้, 345
ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก, 125
ผลิตภัณฑ์สำหรับทาขนมปังจากผลไม้สูตรลดพลังงาน, 689
ผักปลอดสารพิษ, 821
ผักพื้นบ้าน, 321
ผักสลัด, 225
ผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค, 729
ผิวเคลือบคิวทิน, 761
แผนภูมิสัมพันธ์ทางพันธุกรรม, 217
ไผ่, 109

## ฝ

ฝรั่ง, 61
ฝรั่งประดับ, 117
ฝรั่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจู, 657
ฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง, 509

## พ

พริก, 401, 453, 737
พฤติกรรมผู้บริโภค, 305, 573
พลวัตของคาร์บอน, 437
พอลิแซคคาร์ไรด์, 269
พอลีฟีนอล, 861
พาสต้าข้าวเจ้า, 537

พิทายา, 849
พืชตระกูลหญ้าเขตร้อน, 69
พืชวันยาว, 849
พืชสกุลหงส์เหิน, 805
เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล, 281
แพงพวย, 417
โพแทสเซียมคลอไรด์, 645
โพรไบโอติกแบคทีเรีย, 125
โพลีเดกซ์โทรส, 297
โพลีฟีนอล, 241

**ฟ**
ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (FOS), 301
ฟอคลอเฟนูรอน, 161
ฟอคลอเฟนูรอน, 849
ฟอสฟอรัส, 421
ฟักข้าว, 870
ฟางข้าว, 233, 461
ฟิล์มรับประทานได้, 665
ฟีนอลิก, 81
ฟีนอลิกทั้งหมด, 321

**ภ**
ภาวะเครียดจากความร้อน, 545

**ม**
มอดข้าวสาร, 453
มอร์แดนท์, 445
มะขามหวานพันธุ์สีทอง, 873
มะเขือยาว, 313
มะม่วงหิมพานต์, 97
มะละกอพันธุ์แขกดำ, 125
มังคุด, 413
มังสวิรัติ, 369
มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่, 817
มัฟฟิน, 297, 705
มาตรฐาน มอก.121, 445
มินิไรโซตรอน, 549
มูลหนอนนก, 313
เม็ดบีด, 353
เมททิลจัสโมเนท, 81
เมทานอล, 757
เมล็ดกาแฟดิบ, 49
เมล็ดขนาดเล็ก, 641
เมล็ดข้าว, 813
เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, 621
แมนแนน, 637
แมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์, 637

**ย**
ยีสต์ทนอุณหภูมิสูง, 373
ยูจีนอล, 349, 353
ยูวีซี, 517
เยลลี่, 369
แยม, 61
แยมทับทิมผสมกาก, 301
โยเกิร์ตน้ำนมข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล, 709
โยเกิร์ตพร้อมดื่ม, 413
ใยอาหาร, 557, 749

**ร**
รงควัตถุสีเหลือง, 181, 857
ระดับปุ๋ยไนโตรเจน, 29
ระบบการจัดการคุณภาพ, 553
ระบบการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารกึ่งแข็ง, 717
ระบบการเพาะเลี้ยงที่ใช้อาหารเหลว, 717
ระบบน้ำลึก, 225
ระบบไฮโดรพอนิกส์, 225
ระยะการเก็บเกี่ยว, 33
ระยะตัด, 41
ระยะปลูก, 37
ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว, 485
รังสีแกมมา, 1
รากพิเศษ, 853
ราไวท์รอท, 593
ราเอนไฟท์, 825
รูปไนโตรเจน, 477
เรสเวอราทรอล, 497
โรคเมล็ดด่างของข้าว, 449
โรคเหี่ยวเขียว, 797
โรคแอนแทรคโนส, 737

**ฤ**
ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ, 285, 381
ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์, 317
ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย, 325
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, 337, 505, 517
ฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์, 365

**ล**

ลมร้อน, 657
ละอองเกสร, 117
ลักษณะทางกายภาพ, 73
ลักษณะทางประสาทสัมผัส, 537, 661
ลักษณะประจำพันธุ์, 809
ลักษณะสรีรวิทยาของใบ, 433
ลักษณะสัณฐานวิทยาของใบ, 433
ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ, 69
ลำไย, 513
ลิ้นจี่, 693
ลูกหว้า, 601
แลคโตส, 881
ไลติกพอลิแซ็กคาไรด์โมโนออกซิจิเนส, 597

**ว**

วัชพืช, 285
วัสดุปลูกพืช, 549
วัสดุพืชพันธุ์, 121
ว่านน้ำ, 105
วาสนา วิรุญรัตน์, 333
วิตามินซี, 505
วิธี AHP, 201
วิธีการพื้นผิวตอบสนอง, 265
วิธีการอบแห้ง, 93
วิธีพื้นผิวตอบสนอง, 233
วิธีฟูลเจน สควอช, 805
เวย์โปรตีนไฮโดรไลซ์, 561
เวย์โปรตีนไฮโดรไลเซท, 561
เวลาเฉลี่ยในการงอก, 489, 613, 617, 769
เวลาเฉลี่ยในการงอกราก, 769
ไวตามิน, 569

**ศ**

ศักยภาพและข้อจำกัด, 333, 401
ศูนย์ข้าวชุมชน, 745
ศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชน, 885
ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร, 777
เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร, 181

**ส**

สตาร์ชข้าวเจ้า, 713
สตาร์ชดัดแปร, 713
สตาร์ชแห้วจีน, 665
สบู่ดำ, 1
สภาวะที่เหมาะสม, 469
ส้ม, 517
ส้มจีน, 681
สมบัติ, 461
สมบัติ, 685
สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ, 361
สมบัติความหนืด, 833
สมบัติทางเคมีกายภาพ, 25
สมุนไพร, 61, 245
ส่วนประสมทางการตลาด, 45, 305
ส่วนเหลือใช้จากพืช, 225
สวนองุ่น, 437
สัณฐานวิทยา, 809
สับปะรด, 629
สายพันธุ์แท้, 113
สารกระตุ้น, 497
สารควบคุมการเจริญเติบโต, 441, 629
สารควบคุมพืช, 849
สารเคลือบผิว, 681
สารเคลือบเมล็ดพันธุ์, 621
สารซักล้าง, 389
สารต้านอนุมูล, 609
สารต้านอนุมูลอิสระ, 81, 89, 157, 241, 245, 261, 293, 321, 377, 413, 441, 837
สารแต่งกลิ่นรส, 465
สารปฏิชีวนะ, 825
สารประกอบฟีนอลิก, 285
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, 301, 381, 505
สารประกอบฟีโนลิกรวม, 337
สารพอลิแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง, 273
สารพิษโอคราทอกซินเอ, 49
สารระเหยง่ายที่ไม่ใช่เอสเทอร์, 864
สารละลายพัลซิ่ง, 501
สารไล่ยุง, 877
สารสกัดจากพืช, 737
สารสกัดโรติโนน, 17
สารสกัดสมุนไพร, 317, 877
สารสกัดหยาบ, 757
สารสกัดหยาบจากพืช, 449
สารหญ้าหวาน, 533
สารหอมระเหย, 145, 189
สารให้กลิ่นรส, 153
สารให้ความหวาน, 77

สารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพ, 517
สาหร่ายผมนาง, 829
สีผ้ามัดย้อมธรรมชาติ, 237
สูตรอาหารที่เหมาะสม, 701, 825
เส้นใย, 21
เส้นใยผง, 201
เส้นไหม, 445
เส้นไหมไทย, 21
ไส้อั่ว, 829

**ห**

หญ้า, 41
หญ้าคา, 77
หญ้าทะเล, 217
หญ้าเนเปียร์, 29, 33, 37
หญ้าหวาน, 525
หนอนตายหยาก, 825
หนอนหัวดำมะพร้าว, 885
หน่อไม้ฝรั่ง, 653
หอมแดง, 73, 237
หอมน้ำ, 641
หัวเชื้อพ.ด.1, 593
หินภูเขาไฟคานูมะ, 209
เห็ดขอนแดง, 445
เห็ดถั่งเช่าสีทอง, 701
เห็ดนางฟ้า, 53, 57, 177
เห็ดนางรม, 157
แหล่งปลูก, 73
แหล่งละอองเกสร, 633

**อ**

องค์ประกอบของผลผลิต, 541
องค์ประกอบทางเคมี, 485
ออกซิน, 669
อะไวเซล, 597
อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า, 213
อัตราการเจริญเติบโตร้อยละ 50 (GR50), 417
อัตราการตายร้อยละ 50 (LD50), 417
อัตราการพองตัว, 265
อัลคาไลน์เซลลูเลส, 389
อัลจิเนต, 353
อายุการเก็บรักษา, 177, 677
อายุการปักแจกัน, 501
อาหารกึ่งสำเร็จรูป, 697
อาหารสัตว์, 273
อาหารสูตร MS, 101
อาหารสูตร VW, 101
อาหารเสริมสำหรับทารก, 193
อำเภอโพธิ์ทอง, 741
อำเภอวิเศษชัยชาญ, 553
อิสระฟีนอลิก, 609
อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว, 785
อุณหภูมิใบ, 545
เอกซ์ทรูชัน, 349
เอทานอลชีวภาพ, 373
เอทิฟอน, 673
เอทิลเฟอรูเลท, 229
เอนแคปซูเลชั่น, 601
เอนไซม์เซลลูเลส, 129
เอนไซม์แองจิโอเทนซิน, 13
เอสเทอร์ระเหยง่าย, 864
เอเอฟแอลพี, 1
แอนติออกซิแดนซ์, 892
แอนทราควิโนน, 261
แอลฟาอะไมเลส, 481
ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, 781
ไอศกรีมไขมันต่ำ, 249
ไอศกรีมน้ำนมถั่วเหลือง, 405
ไอออน, 585

**ฮ**

ฮอร์โมนพืช, 189
ไฮโดรคอลลอยด์, 85
ไฮโดรไลเซทโปรตีนถั่วลันเตา, 565

A


α-amylase inhibitory activity, 749
α-amylase, 481
β-asarone, 105
acetic acid, 873
acid hydrolysis, 309
acid sulfate soil, 733
acid sulfate soils improving, 765
acid value (AV), 197
acidified sodium chlorite, 729
*Acoruscalamu*, 105
adaptation, 433
adoption, 553
adventitious root, 853
AFLP technique, 217
AFLP, 69
agar, 689
Agricultural Occupation Promotion and Development Center, 777
agricultural residue, 181
AHP method, 201
alginate, 353
alkali digestibility, 813
alkaline cellulase, 389
alkaline extraction, 461, 469
alkalothermophilic anaerobic bacteria consortium, 389
*alternaria* sp., 449
amino acids, 569
Amplified Fragment Length Polymorphism, 1
*Anacadiumoccidentale*, 493
anaerobic thermophilic bacterium, 385
Analytic Hierarchy Process, 333
*Ananas comosus* L., 121
angiotensin-converting enzyme, 13
animal feed, 273
Anthracnose, 737
anthraquinone, 261
antibacteria activity, 317, 325
antibacterial, 757
antibiotic, 825
antimicrobial activity, 285, 365
antioxidant activities, 361, 377, 441, 601
antioxidant activity, 81, 97, 241, 261, 285, 337, 505, 517
antioxidant, 89, 157, 245, 293, 321, 413, 609, 837, 892
*Aristolochia*, 845
*Artabotrys hexapetalus*, 185, 673, 864
ascorbic acid, 173, 505, 888
asparagus, 653
*Aspergillus oryzae*, 149
auxin, 669
avicel, 597
Ayutthaya soil series, 577


B


baby corn, 649
bacteria infected, 881
bad breath, 349
baked cake doughnut, 341
Bambara groundnut flour, 685
Bamboo, 109
banana (Kluay Hom Tong), 429, 465
banana, 841
Banana, *Musa sp*., 213
bead, 353
*Beauveria bassiasna*, 281
bifidobacteria, 97
bioactive compounds, 517
biochar, 165
biodegradation, 129
bioethanol, 373
Biogas, 41
biomassyield, 29, 33, 37
black jasmine rice, 705
blady grass, 77
blanching, 289
boletusmushroom, 21
bovine caseinate hydrolysate, 837
Brassinosteroids, 629
bread, 409
breeding, 817
Bromelain, 157
brown planthopper, 281
brown rice, 305, 573
browning Index, 169
browning, 513, 729
bud opening, 789

bud yellowing, 789
by product, 345

C
β-carotene, 861
'Chiangmai 2' soybean, 197
callus culture, 441
callus induction, 605
capsaicin, 453
carbon dynamics, 437
carboxymethyl cellulose, 85, 429
carnation, 501
carrageenan, 405
cashew apple, 97
cassava flour, 349
cellulose degradation, 725
cellulose, 129, 233
cereal Bar, 337, 345
chamomile tea, 861
Changwat Pathum Thani, 773
characterization, 461, 469, 809
chemical compositions, 485
chemical fertilizer on soil analysis, 277
chickpea, 133
chili pepper, 401
chili, 453, 737
Chinese bun, 525
Chinese kale, 761, 821
Chinese sausage, 53, 57
Chinese water chest nut starch, 665
chlorophyll degradation, 173
chlorophyll, 888
chocolate, 661
chromosomal, 237
Chromosome number, 805
*Citrus maxima* Merr., 521
CMC, 405
coacervation, 353
coating agents, 681
*Coconut blackheaded caterpillar*, 885
coconut fat, 253
coconut milk and coconut sugar ready mix, 5
coconut residue powder, 341
coconut sugar powder, 5
coconut sugar, 525, 785
coconut water, 153, 393
colchicine, 801
*Colltotrichum* spp., 737
community agricultural, 473
Community Rice Center, 745
complementary food for infants, 193
compost, 593
consumer behavior, 305, 573
content, 57
cookies, 293, 870
cooking quality, 537
*Cordycep militaris*, 701
corn seed, 621
crude extract, 757
crystalline cellulose, 597
cultivated location, 73
*Curcuma longa* L., 717
*Curcuma zedoaria*, 721
cuticle, 761
cutting interval, 41
cutting periods, 485
cytokinin, 721
cytokinins, 161
cytotoxicity cancer cell, 497
cytotoxicity, 237

D
deep water technique, 225
defatted sunflower meal, 377
development, 853
dicamba, 605
dietary fiber, 461, 469, 557, 749
dirty panicle disease in rice, 449
disc diffusion method, 325
disease severity, 892
diversity, 813
DNA fingerprint, 69
DNA methylation, 221
domestic vegetables, 321
dough, 9
DPPH assay, 169
DPPH radical scavenging ability, 781
DPPH radical scavenging activity, 381

DPPH, 321
dragon fruit peel, 241
dried cassava waste, 129
drinking yoghurt, 413
drying method, 93
drying, 5, 781
dyeing, 21

E
ecophysiology, 433
edible film, 665
eggplant, 313
electro-bubble water, 677
elicitor, 497
emulsifying property, 149
encapsulation, 601
endoglucanase, 725
endophytic fungi, 825
energy properties, 485
enzymatic hydrolysis, 561, 565, 837
epicuticular wax, 761
ethanol pad, 173, 513
ethephon, 673
ethyl ferulate, 229
eugenol, 349, 353
ex situ conservation, 209
expansion ratio, 265
extraction, 145, 453
extrusion, 349

F
famers, 773
Farmer School Project, 741
farmer, 753
farmer'opinion, 745
fermented khanom-jeen, rice, 365
fertilizer, 45
Feulgen squash method, 805
fiber powder, 201
fish red curry, 697
flavoring agent, 465
flower biology, 633
flower senescence, 789
flower sex type, 633
flowering, 521, 867
foaming capacity, 149
foam-mat drying, 257, 429
forchlorfenuron, 161, 849
free radical inhibitor, 249
fresh-cut 'Kimju' guava, 657
fresh-cut salad, 729
fructooligosaccharide (FOS), 301
fruit development, 457
fruit enlargement, 161
fruit growth, 629
fruit set, 521
fruit size, 505
fruiting body production, 701
fumigation, 873
functional drink, 133

G
β-glucan, 137
β-glucosidase, 385
50% growth rate (GR50), 417
GA3, 493
gacfruit, 870
gamma irradiation, 1, 417
*Gardenia jasminoides*, 441
garlic, 333
gelatin, 353
genetic diversity, 217
genetic variation, 221
germinated brown rice flour, 297
germination, 489, 613, 617, 621, 769
gibberellic acid, 641
gibberellins, 161
ginger, 289
glass transition temperature, 9, 785
*Globba* spp., 805
glucose dialysis retardation index, 749
glucose tolerance, 385
glutinous rice, 25
glycemic index, 137
Glycerol, 665
*Glycine max* cell suspension, 81
glycoside hydrolase family 9, 725
glycosyl hydrolases family 5, 637

*Gracilaria fisheri*, 829
grafting eggplant, 797
grain, 813
grass, 41
green coffee, 49
grey oyster mushroom, 53, 57
growth acceleration, 549
growth rate, 213
growth regulator, 441
growth, 33, 37, 397, 421, 425, 457, 541, 585, 888
guar gum, 357, 361
guava, 61
gumarabic, 85
gummy, 533

H
*Halodule piniforlia*, 221
hardness, 533
harvesting interval, 33
healthy drink, 93
heat stress, 545
heat-moisture treatment, 713
herb, 61
herbal extracts, 877
herbs, 245
high-amylose Thai rice flour, 481
Holy basil; *Ocimum sanctum* L. cv. Dang, 189
Hom nin brown rice yoghurt, 709
honey, 325
hot air drying, 873
hot air treatment, 509
hot air, 657
hot water dipping, 892
HPLC-ELSD, 77
Hydrocolloids, 85
hydrolyzed, 481
hydroponic system, 225
hypertension,13

I
IAA, 625
IBA, 853
IC50, 413
imbibition, 613
*in vitro* propagation, 717
*in vitro* shoot multiplication, 721
inbred line, 113
incense, 877
Indian Gooseberry instant powder, 257
Indian marsh fleabane leaf powder, 249
infrared drying, 529
instant food, 697
instant noodle, 357
inulin, 525
iodine value (IV), 197
ion, 585
isolated protein, 133
*ITS2* region, 109

J
jackfruit, 205
Jam, 61
jasmine rice 105, 393, 473
java plum fruit, 601
jelly, 369
Jerusalem artichoke, 541
Just about right scale, 709

K
'Khake Dam' papaya, 125
Kanom-Kleeb-Lam-Duan, 589
Kanuma pumice, 209
Kasetsart 75, 817
KCl, 645
Khaomak, 205
kidney bean, 137
kinetic, 857
King Oyster mushroom, 157
Kluai Namwa, 213
kumquat residue, 557

L
50% lethal dose (LD50), 417
*Lablab purpureues* (L.) Sweet, 809
lactic acid bacteria, 97, 365
lactose, 881
lateral bud, 185
Laundry detergent, 389

LDD. 1, 593
leaf morphology, 433
leaf removal, 867
leaf temperature, 545
leaf traits, 433
LED light, 888
limitation, 333
liquid culture systems, 717
long day plant, 849
Longan, 513
Low fat ice cream, 249
lychee, 693
Lytic polysaccharide monooxygenase, 597

M
1-MCP, 673
1-MCP-MBs, 841
Madagascar periwinkle, 417
mandarin orange, 681
mandarin, 517
mangosteen, 413
mannan, 637
mannan-oligosaccharide, 637
marketing factor, 45
marketing mix variables, 573
marketing mix, 305
marl, 765
mass transfer, 289
mathematical models, 257
mealworm waste, 313
mean emergence time, 769
mean germination time, 489, 613, 769
medicinal plant extracts, 317
medium optimization, 825
methanolic, 757
methyljasmonate, 81
microbial count, 509
microbial population, 729
micronutrient, 477
microorganisms, 657
micropropagation, 101, 185
microwave drying, 529
milk powder, 409
milk, 89, 881
mini rhizotron, 549
mixture design, 193
modified atmosphere packaging, 653, 821
modified starch, 713
*Momordica cochinchinensis,* 892
*Monascus purpureus*, 181
mordant, 445
morphology, 809
*Morus alba* L., 457
MS, 101
MSAP technique, 221
muffin, 297, 705
mulberry cell suspension, 497
mulberry leaves, 381
mulberry, 293
multiple shoot initiation, 185
mung beans, 137
mutation, 1
Mutation, 801
mycelial, 21

N
NAA, 493, 853
NaCl, 585
Nakhonratchasima province, 65
napier grass, 29, 33,37
natural dying, 237
near infrared spectroscopy, 49
*Nelumbo nucifera*, 337
net photosynthesis, 545
new cassava, 817
nion plant, 641
nitrogen fertilizer, 577
nitrogen form, 477
nitrogen, 41, 425
nitrogenapplicationrate, 29
non-ester volatile, 864
Non-starch polysaccharide, 273
nursery management, 549
nutrient requirements, 649
nutrient, 581
nutritional value, 649

O

γ-oryzanol, 229
Ochratoxin A, 49
oil absorption, 557
oil content, 477
oil extraction, 345
oil palm empty fruit bunches, 593
oil uptake, 201
Okra, 269
Oolong tea, 89
opinion, 281
optimization, 469
orange pulp, 749
organic acids, 569
organic agriculture, 313, 473
organic vegetable production system, 65
ornamental guava tree, 117
osmotic dehydration, 289

P
'Pan Srithong' guava, 509
9-point hedonic scale, 709
paddy field, 329
*Paenibacillus curdlanolyticus* B6, 597, 637, 725
palm sugar, 525
pandan juice, 85
Pandan leaves, 145, 393
papaya breeding, 113
partially hydrogenated fat, 253
participation, 741
participatory action, 793
particle size, 341, 369
pasteurization, 153
pasting properties, 833
Pathum thani 1, 165
pea protein hydrolysate, 565
pea protein hydrolyzed, 565
peroxide value (PV), 197
pest management center, 885
Pesticide Residue free, 821
Petal, 673
petal, 864
pH, 569
phenolic compounds, 285
phenolic content, 781
phenolic, 609
phosphorus, 421
photosynthetic model, 437
Phra Nakhon Si Ayutthaya province, 329, 753
phylogenetic tree, 217
physic nut, 1
physical characteristics, 73
physical properties, 145
Physical Suitability, 401
physic-chemical properties, 25
physico-chemical qualities, 693
physicochemical, 269
Pie crust, 253
pineapple, 629
pitaya, 849
plant breeding, 117
plant crude extracts, 449
Plant extracts, 737
plant growth regulater, 629
plant hormones, 189
plant material, 121
plant promoting bacteria, 625
plant regulator, 849
plant residues, 225
planting medium, 549
pollen, 117
pollinizer, 633
polydextrose, 297
polyphenols, 861
polysaccharide, 269
pomegranate jam mixed residue, 301
pomelo peel, 93
postharvest handling, 177
postharvest quality, 173
potential and limitation, 401
potential, 333
probiotic bacteria, 125
probiotic product, 125
probiotic, 609, 661
product development, 697
promotion, 305, 573
propagation, 121, 209
propagule, 121
properties, 685

*Propionibacterium acnes*, 317
protease producing bacteria, 273
protein hydrolysate, 157
protein hydrolysates, 377
Prothong district, 741
*psbA-trnH* region, 109
pulsing solution, 501
*Pycnoporus cinnabarinus*, 445

Q
quality management system, 553
quality, 513, 649, 653, 789
quinoa, 421, 425

R
radicals scavenging activities, 149
Rambutan peel, 201
rambutan seed flour, 833
RAPD, 105
RD-49, 165
red bean flour, 537
red yeast rice noodle, 857
reduced calories fruit spread, 689
rehydrated, powder, 53
relative water content (RWC), 397
repellent, 877
replacing, 57
response surface methodology, 233, 265
resveratrol, 497
retort pouch, 193
rice aging, 25
rice berry flour , 525
rice bran flour (RBF), 589
rice bran stabilization, 529
rice famers' satisfaction, 765
rice flour, 349, 357
rice hull, 469
rice husk, 309
rice noodle (Kanom-geen), 361
rice pasta, 537
rice production, 753
rice RD41 variety, 577
rice starch, 713
rice storage, 25
rice straw, 233, 461
rice weevil, 453
rice, 365, 553, 581, 585, 625, 645, 733, 813
riceberry rice flour, 369
riceberry, 361
robusta coffee, 433
root elongation, 625
root growth, 581
rooting, 669
rotenone extract, 17

S
Sacha Inchi, 345
Sai-ouh, 829
Sajor-Caju mushroom, 177
salt stress, 645
Saraburi province, 277
scanning electron microscopy, 785
screw speed, 265
seagrass, 217
season change, 437
seaweed, 829
seed coating material, 621
seed dormancy, 489
seed dry weight, 769
seed enhancement, 641
seed germination, 733
seed incubation, 613, 617
seed priming, 617, 733
seed quality, 421, 425
seed storage, 621
seedling growth, 645
seedling production, 549
self-pollination, 113
semi-solid culture systems, 717
sensory attributes, 693
sensory characteristics, 537, 661
sensory evaluation, 829
sex expression, 493
shallot (*Allium cepa*), 237
shallot, 73
shelf life, 177, 677
shoot growth, 581
shoot induction, 101

shrimp paste, 669
silk, 445
simulation, 653
Sinlek brown rice flour (SBRF), 589
small seed, 641
snakehead fish, 17
soil and fertilizer managements, 329
soil fertility, 329, 793
soil moisture, 397
solid-state fermentation, 181
sorbitol, 689
soy bean, 137
soy milk ice cream, 405
soy milk powder, 409
soy protein isolate, 357
soybean meal, 273
soybean oil, 197
soymilk residue, 697
soymilk, 609
spacing, 37
spray dryer, 465
spray drying, 601, 785
spraying, 841, 867
Starch, 9
*Stemona*, 825
stevia, 525, 533
stoma, 761
stomatal conductance, 545
storage condition, 197
Storage, 73, 857
*Streptococcus epidermidis*, 317
sucralose, 297
sucrose, 721
sugar, 89
suitable medium, 701
sunflower sprout, 677
sunflower, 397
super LDD 2 Bio-Extract, 773
supercritical carbon dioxide (SC-$CO_2$), 833
superheated steam, 781
survival, 661, 669
sustainable rice production, 733
sweet corn, 485
sweet tamarind cv. Si-thong, 873
sweeteners, 77
syconus, 457

T
Tailor-made fertilizer, 473
tamarind seed coat, 681
tartaric acid, 261
tea, 13
technology of herbal production, 777
Thai herbal tea, 13
Thai industrial standard (TISI 121), 445
thai silk, 21
Thai-dessert, 5
*Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum*, 385
thermotolerant yeast, 373
Thua-nao, 273
tissue culture, 189
tissue culture, 845
total Aerobic Bacteria, 169
total phenolic compound, 301
total phenolic content, 241, 337, 381
total phenolic, 81, 321
total phenolics, 505
total polyphenol, 89
total soluble solid, 261
trans fat, 253
transesterification, 229
tropical grasses, 69
Tumeric (*Curcuma Longa* Linn.), 605
Turmeric, 781

U
Ubon Ratchathani province, 45
ultra-high pressure processing, 693
Uthaithani Province, 281, 745
UV-C, 517

V
vase life, 501
vegan, 369
Venus flytrap, 801
vineyard, 437
Viscoelastic, 9
viscosity, 481

vitamin C content, 169
vitamin C, 381
vitamins, 569
*Vitis vinifera* L., 633
volatile compounds, 145, 189, 393
volatile esters, 864
volatile flavor compounds, 153
VW, 101

W
water deficit, 477
weed, 285
wet noodles, 245
wheat flour substitute, 833
wheat flour, 685, 705
whey protein hydrolysate, 561
white rot fungi, 593
wilt disease, 797
Wiset-Chai-Chan district, 553

X
xanthan gum, 85, 405
xylan, 309
xylose, 309

Y
yellow pigment, 181, 857
yield component, 541
yield, 541

Z
Zein, 9

## ผู้ทรงคุณวุฒิ

## การประชุมและเสนอผลงานวิชาการพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนครั้งที่ 9

รศ.ดร. รวี เสรฐภักดี
ศ. ดร. ปราณี อ่านเปรื่อง
รศ. ดร. สรัญญา วัชโรทัย
รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
ผศ. รัชนี ไสยประจง
ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล
ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
ศ. ดร. อรรถพล นุ่มหอม
ผศ. ดร. รัตนชัย ไพรินทร์
รศ. ดร. ประภาพร ตั้งกิจโชติ
รศ. สมภพ ฐิตะวสันต์
ดร. ทรงพล สมศรี
ดร. อมรา ชินภูติ
ดร. วันทนา ตั้งเปรมศรี
ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี

## คณะกรรมการจัดงานประชุมฯ

รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี
ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
ผศ. ดร. รัตนชัย ไพรินทร์
ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล
ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
ผศ. รัชนี ไสยประจง

## คณะทำงานจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ฉบับพิเศษ ปีที่ 46 ฉบับที่ 3

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
นางสาวรัชฎาภรณ์ คะประสบ
นางสาวอรพรรณ เสลามาศสกุล
นางสาวนภาภรณ์ แซ่ลี้
นางสาวภัสจนันท์ หิรัญ
นายณัติฐพล ไข่แสงศรี
นางนภัสสร เพียสุระ
นางสาวพัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์
นางสาวชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น
นางสาวอรัญญา นิพนธ์ศักดิ์
นายกีระติ ธรรมพันธ์
นางสาวจินดาพร คงเดช
นางสาวกุลนิภา ธนรุ่งรังสี
นายฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง
นายสรศักดิ์ งามสง่า
นายยศกร ยศชาติ
นางสาวสายรุ้ง โพธิ์อ่ำ
นางสาววรินธร จริยกิจโกศล
นางสาวนิศานันท์ ตามกาล
นางสาวกมลวรรณ เที่ยงตรง
นางสาวธัญญรัตน์ ศรีนรสิงห์