วารสาร ISBN 0125-0369

วิทยาศาสตร์เกษตร
Agricultural Science Journal

ปีที่ 40 ฉบับที่ 3 (พิเศษ) กันยายน–ธันวาคม 2552 Vol 40 No. 3 (Suppl) September–December 2009

การประชุมและเสนอผลงานวิจัย พืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 3
3–4 กันยายน 2552 อาคารสัมมนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

CRDC
Center for Research and Development of tropical and sub-tropical Crops

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

นายกสมาคม

ศาสตราจารย์ ดร. เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์

อุปนายก

รศ. วิชัย หฤทัยธนาสันติ์

ศ. ดร. พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์

รศ. ดร. วิจารณ์ วิชชุกิจ

เลขาธิการ

รศ. ดร. กล้าณรงค์ ศรีรอต

เหรัญญิก

นางยุพา มงคลสุข

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร

Agricultural Science Journal

บรรณาธิการ

รศ. ดร. นิพนธ์ ทวีชัย

กองบรรณาธิการ

ศ. ดร. อังศุมาลย์ จันทราปัตย์

ศ. ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ

ศ. ดร. สายัณห์ ทัดศรี

ศ. ดร. เอิบ เขียวรื่นรมย์

ศ. ดร. สายชล เกตุษา

ศ. ดร. จริงแท้ ศิริพานิช

รศ. ดร. อำไพวรรณ ภราดร์นุวัฒน์

รศ. ดร. วรวิทย์ สิริพลวัฒน์

รศ. ดร. ณรงค์ จึงสมานญาติ

รศ. ดร. อมรา ทองปาน

รศ. ดร. กังวาลย์ จันทรโชติ

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 สมาคมวิทยาศาสตร์เกษตรฯ ได้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยและงานวิชาการเกษตรสู่สาธารณะ ประกอบด้วยเรื่องเต็มจากการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 3 ระหว่างวันที่ 3-4 กันยายน 2552 ณ อาคารสัมมนา ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งดำเนินการโดย โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อส่งเสริมการวิจัยทางด้านสารสกัดจากพืช และน้ำมันหอมระเหย จากเครื่องเทศ สมุนไพร และพืชพื้นบ้านของไทย เพื่อส่งเสริมการนำสารสกัดมาใช้ในด้านอาหาร เครื่องสำอาง และเภสัชกรรม และเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในงานวิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน รวมทั้งเป็นการสร้างเครือข่ายความร่วมมือในการพัฒนางานด้านนี้

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรฯ ใคร่ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมประชุมและผู้มีส่วนร่วมในการประชุมทุกท่าน โดยเฉพาะคณะกรรมการการจัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 3 โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และแหล่งทุนที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการจัดพิมพ์วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับนี้ และ
ใคร่ขอเชิญชวน นักวิชาการ นักวิจัย และนักศึกษาผู้สนใจด้านการพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน สมัครเป็นสมาชิกสมาคมฯ และเสนอบทความฉบับเต็ม เพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรของสมาคมฯ ในโอกาสต่อไป

รศ.ดร. นิพนธ์ ทวีชัย
บรรณาธิการ

คำนำ

โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้เล็งเห็นความสำคัญของการเผยแพร่งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต เทคโนโลยีการเก็บเกี่ยว การแปรรูป และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยาของพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ทั้งระดับแปลงปลูกของเกษตรกรและห้องปฏิบัติการ ต่อหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชน เพื่อนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตและการพัฒนาประเทศ อีกทั้งเป็นโอกาสดีสำหรับนิสิต นักศึกษา นักวิจัยจากภาครัฐและเอกชน ตลอดจนบุคคลทั่วไปได้แลกเปลี่ยนประสบการณ์และวิทยาการใหม่ๆ และเป็นการสร้างความร่วมมือในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนให้มีคุณภาพที่มีมาตรฐานระดับนานาชาติและสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ โดยการจัดการประชุมครั้งนี้เน้นการส่งเสริมการวิจัยทางด้านสารสกัดจากพืช และน้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศ สมุนไพร และพืชพื้นบ้านของไทย สำหรับการส่งเสริมการนำสารสกัดมาใช้ในด้านอาหาร เครื่องสำอาง และเภสัชกรรม รวมทั้งเป็นการสร้างเครือข่ายความร่วมมือในการพัฒนางานด้านสารสกัดจากพืชและน้ำมันหอมระเหย และงานวิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ซึ่งการดำเนินการจัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 3 นี้ จัดขึ้นระหว่างวันที่ 3-4 กันยายน 2552 ณ อาคารสัมมนา ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งคณะกรรมการจัดการประชุม ได้รวบรวมบทความวิจัยและจัดทำวารสารฉบับพิเศษ เพื่อเผยแพร่ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ สำหรับผู้ที่สนใจ หรือนักวิจัยที่สามารถนำไปใช้ทำวิจัยต่อยอดได้

คณะกรรมการจัดการประชุม ขอขอบคุณผู้ที่เข้าร่วมการประชุมและเสนอผลงานทั้งภาคบรรยาย และภาคโปสเตอร์ วิทยากรบรรยายพิเศษ ตลอดจนแขกผู้มีเกียรติและผู้สนับสนุนทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมทำให้การประชุมวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีทุกประการ

คณะกรรมการจัดการประชุมฯ
รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
ผศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง

วารสาร ISSN 0125-0369

วิทยาศาสตร์เกษตร

AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 40 **ฉบับที่** 3 **(พิเศษ) กันยายน-ธันวาคม** 2552 Vol.40 No.3 (Suppl.) September-December 2009

การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 3

1 ผลของความเป็นกรดด่างต่อสัมประสิทธิ์การแบ่งระหว่างน้ำมันและน้ำของสารสกัดจาก *Cratoxylum formosum* Dyer
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล และ ไมตรี สุทธจิตต์

5 ผลกระทบของ pH และอุณหภูมิ ต่อสีและความคงตัวของสารสกัดจากกระเจี๊ยบและอัญชัน
อรุษา เชาวนลิขิต ศิโรรัตน์ อภิชยารักษ์ สรารัตน์ คงทอง และ สุชนา ชูประทุม

9 ปริมาณสาร Epigallocatechin Gallate (EGCG) และอนุพันธ์ของ Catechins ในชาจีนและชาอัสสัม
นภาภรณ์ แซ่ลี้ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

13 การวิเคราะห์สารประกอบ polyphenolics และสารให้สีจากใบ *Tiliacora triandra* (Diels)
ปานทิพย์ บุญส่ง ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

17 ผลผลิตและคุณภาพวุ้นสาหร่ายสกุลกราซิลาเรียจากอ่าวปัตตานี
อมมี เบญจมะ ศิริรัตน์ เวชกุล และ พายัพ มาศนิยม

21 ผลของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง 6 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของคะน้า
ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วริสรา ปลื้มฤดี

25 คุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจาก *Gracilaria fisheri*
อรพรรณ เสลามาศสกุล ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

29 อิทธิพลของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งเชื้อรา *Rhizopus stolonifer, Cladosporium herbarum* และ *Penicillium* sp.
ภัสจนันท์ หิรัญ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

33 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กต่อการยับยั้งเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคขั้วหวีเน่าของกล้วย
อัจฉรา ฉัตรแก้ว อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ธิติมา วงษ์ชีรี ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์

37 ผลของการย่อยสลายโปรตีนเห็ดด้วยกรดต่อคุณภาพเคมีกายภาพ และสารหอมระเหย
มัลลิกา ธนสุคนธ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ปนิดา บรรจงสินศิริ

41 ความสามารถต้านทานอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคในสารสกัดจากกลีบดอกบัวสุธาสิโนบล
สมนึก ยิ้มย่อง อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ นวลฉวี เวชประสิทธิ์ ณ. นพชัย ชาญศิลป์ และ เฉลิมชัย วงษ์อารี

45 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus* spp.
ภัสจนันท์ หิรัญ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

49 สารยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสจากมะรุม
วิมลพรรณ รุ่งพรหม ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล และ สมฤดี เลี่ยมทอง

53 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดของสารสกัดจากหมากนวล
นัยนา ต่างใจ และ สุริยา ฤธาทิพย์

57 คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ และสารหอมระเหยของไฮโดรไลเซทเห็ดย่อยสลายด้วยปาเปน
มัลลิกา ธนสุคนธ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ปนิดา บรรจงสินศิริ

61 อิทธิพลของเส้นใยต่อคุณสมบัติทางกลและการต้านทานน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลัง
ณัติฐพล ไข่แสงศรี อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง

65 ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อคุณภาพของรากบัวทอดสุญญากาศ
ผาณิต รุจิรพิสิฐ

69 การอบแห้งใบกะเพราแดงแบบอินฟาเรดและผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์

73 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินบี 1 แกมมาอะมิโนบิวทาริค และสารฟีนอลิคของข้าวเจ้างอกและธัญพืชงอก 4 ชนิด
อรทัย ขำค้า อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

77 ผลของอุณหภูมิและพีเอช ที่มีผลต่อการงอกและคุณภาพของข้าวเจ้างอกและธัญพืชงอก 4 ชนิด
อรทัย ขำค้า อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

81 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมที่ผลิตด้วยวิธีการแช่น้ำ
พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์ กัญญารัตน์ รุจิรารุ่งเรือง และ เกื้อพันธ์ ชยะสุนทร

85 การเปลี่ยนแปลงความชื้นและเนื้อสัมผัสของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในระหว่างการคั่วอบด้วยรังสีอินฟราเรด
อภินันท์ วัลภา และ โศรดา วัลภา

89 ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเส้นใยเห็ด
ปิยะดา สุภเทพ ภัณฑิรา แจ่มผล ไพรินทร์ กปิลานนท์ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ และ อุทร ชิขุนทด

93 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสาร phytochemical ในข้าวและธัญพืช 4 ชนิด
อิงฟ้า คำแพง อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

97 การใช้เปลือกมังคุดเป็นแหล่งใยอาหารในโดนัทเค้ก
กุลนรี ศาสตร์ประสิทธิ์ และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

101 คุณสมบัติของการย่อยสลายเห็ดด้วยเอนไซม์โบรมิเลนสำหรับใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส
แพรวไพลิน ตันติบุตร ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ปนิดา บรรจงสินศิริ

105 คุณสมบัติของข้าวเกรียบ 3 สูตรที่มีส่วนผสมของผงใบหม่อน ผงลูกหม่อน (*Morus alba* L.)หรือผงดักแด้ไหม
สุชญา โคตรวงษ์ จิราภา บุติมาลย์ อารียา สุฉันทบุตร อภิญญา แก้วใส และ ศิริพรรณ พลเสน

109 การศึกษาเทคนิคทำแห้งต่อคุณสมบัติฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน
จุฬาลักษณ์ จารุจุฑารัตน์ อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ รัชฎาวรรณ นิ่มนวล และ สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง

113 การพัฒนาโฟมจากแป้งมันสำปะหลังโดยการเติมสารเติมแต่ง
ณัติฐพล ไข่แสงศรี อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง

117 อิทธิพลของน้ำตาลซูโครสต่อการซึมผ่านไอน้ำและคุณสมบัติทางเชิงกลของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง
ภูริสา ทัศวิล อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

121 บรรจุภัณฑ์นวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมสำหรับผลพืชสดโครงการหลวง
ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป บุษกร ประดิษฐนิยกูล และ ทิพสุคนธ์ บุญรอด

125 ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค: ตอนที่ 1 ผลของแคลเซียมคลอไรด์และการใช้ความร้อนต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของฝรั่ง
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ มณฑิรา นพรัตน์ พัชยา วิริยะประกอบ และ ริสสา ดิษฐ์น้อย

129 ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค: ตอนที่ 2 การใช้สภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับการใช้ความร้อน
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ มณฑิรา นพรัตน์ พัชยา วิริยะประกอบ และ ริสสา ดิษฐ์น้อย

133 ผลของระยะการสุกแก่ที่มีต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ
อภิรดี สุวรรณชัยรบ สุนันทา จันทกูล วันชัย จันทร์ประเสริฐ และ สุเทวี ศุขปราการ

137 ผลของรังสี UV-C ต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในคะน้า
ชัยรัตน์ บูรณะ และ วาริช ศรีละออง

141 ผลของกระบวนการเตรียมต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารจากเปลือกมะม่วงแก้ว
โศรดา วัลภา กุลรภัส วชิรศิริ ดำรงชัย สิทธิสำอางค์ และ ฐิติชญา สุวรรณทัพ

145 การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมโดยใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลร่วมกับบรรจุภัณฑ์
ลัดดาวัลย์ โกวิทย์เจริญ และ วาริช ศรีละออง

149 ผลของการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศต่อคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อน (ตัดแต่ง)
ธนสินี พุกกะณะสุต จริงแท้ ศิริพานิช และ โศรดา วัลภา

153 การเปลี่ยนแปลงสารต้านอนุมูลอิสระในผลมะเฟืองระหว่างการเก็บรักษาภายใต้สภาพอุณหภูมิต่ำ
หทัยวรรณ์ ศิริสุขชัยถาวร สมโภชน์ น้อยจินดา กิตติ โพธิปัทมะ อุทร ชิขุนทด และ วันเพ็ญ น้อยเมือง

157 การศึกษาปริมาณกรดไขมันของแมคคาเดเมีย
อาทิตย์ วาณิชอดิศักดิ์ วารุณี เตีย และ อาภาพรรณ ชัฏไพศาล

161 การแก้การพักตัวของเมล็ดเหรียง (*Parkia timoriana* (DC.) Merr.)
ศานิต สวัสดิกาญจน์

165 ชีววิทยาของดอกมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ
กวิศร์ วานิชกุล และ ศิริวรรณ พรรณศรี

169 กระบวนการผลิตและลักษณะการให้ผลผลิตของน้ำตาลมะพร้าว
กวิศร์ วานิชกุล ฐิติมา สกุลนุ่ม และ ประภาพร ตั้งกิจโชติ

173 การเจริญของผลมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ
กวิศร์ วานิชกุล และ ศิริวรรณ พรรณศรี

177 การเพาะเลี้ยงสปอร์ช้องนางคลี่ (*Lycopodium phlegmaria*) เพื่อการขยายพันธุ์ในวุ้นอาหารสังเคราะห์
ดวงฤดี หวั้นหนู วริศรา ชื่นอารมย์ ปกขวัญ หุตางกูร เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ สุริยา ฤธาทิพย์ และ ไพรินทร์ กปิลานนท์

181 การปรับปรุงสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวจากคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันโดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ
พัฒนศักดิ์ จันทร์ส่อง ประภา ศรีพิจิตต์ วาสนา วงษ์ใหญ่ สุภาพร จันทร์บัวทอง และ ธานี ศรีวงศ์ชัย

185 ระยะการพัฒนาของเมล็ดขนุนต่อความสามารถในการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าขนุน
กาญจนา เหลืองสุวาลัย เอกลักษณ์ ทองประเสริฐ และ เอกสกุล ธีรจุมพล

189 วิจัยและพัฒนาการผลิตข้าวอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี: การศึกษาสัณฐานวิทยาของต้นข้าวอินทรีย์และเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการทำให้งอก
อรรจนา ด้วงแพง ศิรินทร์ จันทโพธิ์ และ Nobuyuki Okuda

193 การประเมินจำนวนประชากรของแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ณ ตำบลตรอกนอง
วณิช ลิ่มโอภาสมณี ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ ทศพล แทนนรินทร์ ประพนธ์ ปราณโสภณ สุชาดา เสกสรรวิริยะ และ สาธิต วงษ์ซีรี

197 การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อทดสอบความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ
ธัญลักษณ์ มณีวรรณ สุนันทา จันทกูล วันชัย จันทร์ประเสริฐ และ สุเทวี ศุขปราการ

201 ผลการจัดการวิธีการปลูกของสบู่ดำ 3 พันธุ์
นิตยา สมภูงา อิสรา สุขสถาน และ สุนันทา จันทกูล

205 การผลิตบัวบกในระบบเกษตรอินทรีย์
อนันต์ พิริยะภัทรกิจ ประภาพร ตั้งกิจโชติ และ ปิยะ เฉลิมกลิ่น

209 อิทธิพลของไคโตซาน (Chitosan) ต่อสารออกฤทธิ์ Catechin และอนุพันธ์สูง
นภาภรณ์ แซ่ลี้ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

213 การศึกษารูปแบบของค้างต่อการเจริญเติบโตและผลผลผลิตดอกขจร
เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์ ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วริสรา ปลื้มฤดี

217 การศึกษาหาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดที่มีอยู่ในพืชสวน สด และต้มชนิดต่างๆ
ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล และ นันธิยา จำปาทอง

221 การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของสบู่ที่ทำจากน้ำมันพืช 8 ชนิด
เพ็ญจา จิตจำรูญโชคไชย และ กิ่งแก้ว หิรัญเกิด

225 สารสกัดจากพลูคาวและสาบเสือที่มีอิทธิพลต่อเชื้อ *Colletotrichum capsici* และ *Fusarium oxysporum*
สนธยา พุทธวงศ์ และ ศศิธร วงศ์เรือง

229 การขยายพันธุ์ผักปลังในสภาพปลอดเชื้อ
ธนิกานต์ พุ่มชาวสวน และ ศศิธร วงศ์เรือง

233 คุณลักษณะของโปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ดที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วยน้ำร้อนสำหรับใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส
แพรวไพลิน ตันติบุตร ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น ปนิดา บรรจงสินศิริ

237 ผลของสารสกัดจากส้มป่อยและยาสูบในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Colletotrichum capsici*
ภาณุพล จังคศิริ และ ศศิธร วงศ์เรือง

241 ผลของสภาวะการให้ความร้อนต่อ สี ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการกำจัดอนุมูลอิสระของผลมะระขี้นก
จิราพร ชัยวรกุล และ อรสา สุริยาพันธ์

245 ผลของเทคนิคทำแห้งต่อฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซน
จุฬาลักษณ์ จารุจุฑารัตน์ อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ รัชฎาวรรณ นิ่มนวล และ สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง

249 ผลของการอบแห้งและภาชนะบรรจุในการยืดอายุการเก็บรักษา กะเพราแดง
สรวิศ แจ่มจำรูญ จิตตา สาตร์เพ็ชร์ สุพัตรา เปี่ยมวารี พรพรรณ จันเนียม ธัญวรัตน์ กาจสงคราม และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย

253 โปรแกรมพยากรณ์ ความต้องการผลไม้ไทยเพื่อการส่งออกด้วยเทคนิคการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Technique)
เศรษฐชัย ชัยสนิท และ รัชฎาวรรณ นิ่มนวล

257 ฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรในการต้านเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* ที่สร้าง extended spectrum ß-lactamase
ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล วิมลพรรณ รุ่งพรหม ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ กิตติพจน์ งามฉวี

260 การพัฒนาการใช้สารสกัดจากอบเชยในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงน้ำดอกไม้
เนตรนภิส เขียวขำ สมศิริ แสงโชติ สรัญญา วัชโรทัย และ วาริช ศรีละออง

265 ความแตกต่างในคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างน้อยหน่าต่างพันธุ์
สมโภชน์ น้อยจินดา กิตติ โพธิปัทมะ เฉลิมชัย วงษ์อารี เรืองศักดิ์ กมขุนทด และหทัยวรรณ์ ศิริสุขชัยถาวร

270 พัฒนาการของผลกับคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูด
กฤษณา บุญศิริ พรพรรณ กลิ่นหอม และ ถาวร ทิพวรรณ

273 แอลลีโลพาธีของหญ้าดอกขาวต่อหญ้าบางชนิด
ศานิต สวัสดิกาญจน์ วิมลพรรณ รุ่งพรหม และ ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล

277 การใช้เทคนิคการเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบนเพื่อผลิตข้าวเคลือบชาเขียว
อาคม ปะหลามานิต สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ ดลฤดี ใจสุทธิ์

281 ผลของฟลูอิไดเซชันอุณหภูมิสูงที่มีต่อคุณภาพของข้าวเหนียว
เพชรรัตน์ ใจบุญ สมเกียรติ ปรัชญาวรากร สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์

285 การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งข้าวกล้องงอกด้วยฟลูอิไดซ์เบดแบบอากาศร้อนและไอน้ำร้อนยวดยิ่ง
นฤบดี ศรีสังข์ สมเกียรติ ปรัชญาวรากร สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ วารุณี วารัญญานนท์

289 การทำให้บริสุทธิ์บางส่วนและลักษณะจำเพาะของเซรีน โปรติเนสจากแคนตาลูป (*Cucumis melo* var.cantalupensis)
ทศพร ดุษฎี รัชนี ไสยประจง สุรพงษ์ พินิจกลาง และ กนก รัตนะกนกชัย

293 เอนไซม์ยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบจาก *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* NOI-1 สำหรับการย่อยกากมันสำปะหลัง
จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ อาคม เทศนุ่ม ภัทรา ผาสอน คิน เลย์ คู และ กนก รัตนะกนกชัย

297 การแยกโปรตีนหน่วยย่อย (X40) ของเอนไซม์เชิงซ้อนจาก *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6
จันทร์จรัส เสริมสาธนสวัสดิ์ ภัทรา ผาสอน จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ คิน เลย์ คู และ กนก รัตนะกนกชัย

301 การผลิตไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยเอนไซม์ไซลาเนสบริสุทธิ์จาก alkaliphilic *Bacillus firmus* สายพันธุ์ K-1
พัตราพร จอมเมืองบุตร ปริปก พิศสุวรรณ สุรพงษ์ พินิจกลาง คิน เลย์ คู และ กนก รัตนะกนกชัย

305 การวิเคราะห์สารเสพติด tetrahydrocannabinol (THC) ในกัญชงพันธุ์ต่างกัน โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี / แมสสเปคโทรเมตรี (GC/MS)
สุทธิรักษ์ ผลเจริญ เศรษฐ ศิริพินทุ์ ดนุวัต เพ็งอ้น และ วีรชัย พุทธวงศ์

309 การระบุสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองฝักสด โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC)
มัลลิกา จินดาซิงห์ เศรษฐา ศิริพินทุ์ ดนุวัต เพ็งอ้น และ วีรชัย พุทธวงศ์

313 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากขิง (*Zingiber officinal* Roscoe) และตะไคร้ (*Cympopogon citratus* L.) ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและ *Alternaria brassicicola* ในเมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวปลี
สร้อยสุดา อุตระกูล ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย นวลจันทร์ ภูคลัง เดือนเต็ม ลอยมา ชณิตรา โพธิคเวชฐ์ และ ประภาพร สีใส

317 อิทธิพลของปุ๋ยต่อคุณภาพการผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 คุณภาพสูง
พักตร์ทิพา เดชพละ ศุภรัตน์ จิตต์จำนง และ เกรียงศักดิ์ บุญเที่ยง

321 อิทธิพลของระยะระหว่างแถวมีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน
เสาวภาคย์ สุขประเสริฐ สายัณห์ ทัดศรี สุนันทา จันทกูล กานดา นาคมณี และ ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ

325 อิทธิพลของความสูงในการตัดต่อผลผลิตและการฟื้นตัวของกระถินเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล
ปัทมา นิตไธสง สายัณห์ ทัดศรี ประภา ศรีพิจิตต์ กานดา นาคมณี และ ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ

329 การผลิตน้ำมันหอมระเหยจากเศษรากไม้เทพทาโร (*Cinnamomum porrectum* (Roxb) Kosterm.)
พิชญดา ฉายแสง บงกชรัตน์ ปิติยนต์ และ นุจารี ประสิทธิ์พันธ์

333 การสกัดและองค์ประกอบทางเคมีของกัมจากเมล็ดสำรอง
มญชุภา กลิ่นสุคนธ์ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

337 การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของฟลาวร์และสตาร์ชจากเมล็ดสำรอง
วรัชญา เอกปริญญารักษ์ และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล

341 การเปลี่ยนแปลงสารอาหารของข้าวและธัญพืชในระหว่างการงอก
อิงฟ้า คำแพง อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

345 การเร่งการเจริญเติบโตของพืชด้วยโปรตีนสกัดที่ได้จากการย่อยโปรตีนจากกากเมล็ดสบู่ดำ
อรอุมา เสลานนท์ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และ วรพจน์ สุนทรสุข

349 ผลของเอนไซม์โปรติเอสในการย่อยสลายโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเขียว
ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

353 การเตรียมและการประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยในรูปนาโนอิมัลชัน เพื่อเป็นสารต้านจุลชีพในรูปแบบใหม่
ศิริกาญจน์ เพ็งอ้น ชุติมา ลิ้มมัทวาภิรัติ์ และ สนทยา ลิ้มมัทวาภิรัติ์

357 ผลของการแปรรูปเบื้องต้นและการเตรียมแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของแครกเกอร์ข้าว
ณัฐกานต์ นามมะกุนา ศจี สุวรรณศรี ปริตา ธนสุกาญจน์ ปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์

361 การพัฒนาการย้อมเส้นไหมด้วยสีผงจากสบู่เลือด
อรทิชา แสงสิงห์ และ สุดาพร ตังควนิช

365 การย้อมไหมที่เคลือบไคโตซานด้วยสีจากเมล็ดคำแสด
คำพอง อยู่ศรี และ สุดาพร ตังควนิช

369 บทความปริทัศน์: บทบาทของ methyl jasmonate ต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน
สุทธิวัลย์ สีทา และ มัชฌิมา นราดิศร

373 ดัชนีชื่อผู้แต่ง

376 ดัชนีคำสำคัญ

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน
(ฉบับพิเศษ)

รายละเอียดและรูปแบบข้อกำหนดต่างๆ สำหรับเตรียมต้นฉบับต้องเป็นดังนี้

ต้นฉบับเรื่องเต็ม จำนวนไม่เกิน 4 หน้ากระดาษ ส่ง hard copy จำนวน 4 ชุด พร้อมดิสก์เก็ตหรือซีดี 1 แผ่น โดยพิมพ์ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด (Microsoft Word for Windows) เวอร์ชัน 97 หรือ 2000 หรือ xp โดยใช้รูปแบบฟอนต์เป็น Cordia New ทั้งฉบับ (ขนาดของตัวอักษรให้ดูในรายละเอียดของแต่ละหัวข้อ)

ขนาดกระดาษต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 สีขาว พิมพ์แบบ Portrait โดยตั้งค่าหน้ากระดาษ (page setup) ส่วนระยะขอบ (Margins) ดังนี้ ด้านบน (Top) 1 นิ้ว ด้านล่าง (Bottom) 0.75 นิ้ว ด้านซ้าย (Left) 1 นิ้ว ด้านขวา (Right) 0.75 นิ้ว ขอบเย็บกระดาษ (Gutter) ไม่ต้องใส่ค่า Gutter หรือ 0 นิ้ว หัวกระดาษ (Header) 0.5 นิ้ว ท้ายกระดาษ (Footer) 0.5 นิ้ว

โดยมีลำดับดังนี้

ชื่อเรื่อง : อยู่ชิดขอบบนของหน้า มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (แยกกันคนละบรรทัด) ชื่อเรื่องแต่ละภาษามีความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด แต่ให้อธิบายสาระของเรื่องได้ดี กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 15 points พิมพ์ตัวหนา (bold) และจัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ

ชื่อผู้เขียนและคณะ : เว้น 1 บรรทัดจากชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อเต็ม มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (แยกคนละบรรทัด) ให้ครบทุกคน และต้องใส่เชิงอรรถ (Footnote) (รายละเอียดเชิงอรรถให้ดูย่อหน้าถัดไป) เป็นแบบลำดับตัวเลข (ยกกำลัง) กำกับไว้ท้ายนามสกุลให้ครบทุกคน ชื่อผู้เขียนกำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 12 points พิมพ์ตัวหนา (bold) จัดชิดขอบขวาของหน้ากระดาษ

การแทรกเชิงอรรถ (Footnote) ให้ใช้แบบลำดับตัวเลขอัตโนมัติ (1, 2, 3, …) โดยใช้ฟอนต์แบบ Cordia New ขนาด 10 points และจัดข้อความชิดขอบซ้ายของหน้ากระดาษ

บทคัดย่อ (Abstract) : มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยขึ้นด้วยบทคัดย่อภาษาอังกฤษก่อนแล้วจึงตามด้วยบทคัดย่อภาษาไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้

คำว่า “Abstract” และ “บทคัดย่อ” ให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points และพิมพ์ตัวหนา (Bold) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ส่วนเนื้อหาของตัวบทคัดย่อ ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย ให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points บรรทัดแรกของย่อหน้าให้เยื้องมาทางขวา 0.5 นิ้ว และจัดข้อความในแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดขอบ (Justified) บทคัดย่อเป็นการสรุปสาระสำคัญของเรื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัตถุประสงค์ วิธีการและผล ไม่ควรเกิน 300 คำ

เนื้อหา (Text) : ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผล วิจารณ์ผล สรุป และเอกสารอ้างอิง ทุกส่วนให้ทำตามข้อกำหนดดังนี้คือ

เมื่อขึ้นส่วนเนื้อหน้าใหม่ ให้เว้น 1 บรรทัดเสมอ (ย่อหน้าต่างๆ ในส่วนเดียวกันไม่ต้องเว้นบรรทัด) โดย คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผล วิจารณ์ผล สรุป และเอกสารอ้างอิง กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points พิมพ์ตัวหนา (Bold) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ส่วนของเนื้อหาข้อความในแต่ละย่อหน้า กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points บรรทัดแรกของแต่ละย่อหน้าให้เยื้องเข้ามาทางขวา 0.5 นิ้ว และจัดข้อความแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดขอบ (Justified)

เนื้อหาส่วนต่างๆ ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. **คำนำ** (Introduction) : เพื่อกล่าวถึงปัญหา ที่มา วัตถุประสงค์การวิจัย และรวมถึงการตรวจเอกสาร (Literature review) ด้วย

2. **อุปกรณ์และวิธีการ** (Materials and Methods) : ควรประกอบด้วย คำอธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยไม่ต้องระบุหมายเลขแยกเป็นข้อ คำอธิบายถึงวิธีการที่ใช้ทดลอง การเขียนอุปกรณ์และวิธีการ ให้เขียนเป็นส่วนเดียวกันไม่ต้องแยกหัวข้อ

3. **ผล** (Results) : เป็นการเสนอผลของการวิจัย แต่ไม่ควรอธิบายยืดยาว ถ้าเป็นไปได้ ควรควบคู่ไปกับการใช้ตาราง กราฟ หรือภาพ ประกอบการอธิบาย คำอธิบายควรกะทัดรัด และเป็นอิสระกับเนื้อเรื่อง คำอธิบายและตัวอักษรต่างๆ ใน ตาราง กราฟ และภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น โดยใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points (หรือเล็กกว่า แต่ยังต้องสามารถอ่านได้อย่างชัดเจน)

4. **วิจารณ์ผล** (Discussion) : เป็นการวิจารณ์ผลการทดลองหรือการวิจัย โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) เพื่อให้คล้อยตามถึงความสัมพันธ์หรือหลักการที่มาจากผล

(2) สนับสนุนหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีผู้เสนอมาก่อน

(3) เปรียบเทียบกับผลการวิจัยและการตีความหมายของผู้อื่น

(4) ชี้ให้เห็นประเด็นที่เด่นหรือสำคัญของผลการวิจัย

ควรพยายามเน้นถึงปัญหาหรือข้อโต้แย้งในสาระสำคัญของเรื่องที่กำลังพูดถึง ตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตและลู่ทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

5. **สรุป** (Summary) : เป็นการย่อสาระสำคัญและประจักษ์พยานของผลการวิจัย

6. **คำขอบคุณ** (Acknowledgements) : อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัยและการเตรียมเอกสารลุล่วงไปด้วยดี แต่มิได้เป็นผู้ร่วมทำงานวิจัยด้วย

7. **เอกสารอ้างอิง** (Literature cited) : ดูรายละเอียดในคำแนะนำสำหรับผู้เขียนฉบับปกติ

8. **ภาพประกอบ** (Illustration) : ดูรายละเอียดในคำแนะนำสำหรับผู้เขียนฉบับปกติและ

การแทรกภาพควรมีการจัดรูปแบบภาพ (Format picture) ดังนี้ รูปแบบ (Layout), ลักษณะการตัดคำ (Wrapping style), แบบข้างหลังข้อความ (Behind text)

9. **การเขียนคำไทยเป็นภาษาอังกฤษหรืออักษรโรมัน** : ให้ใช้ระบบของราชบัณฑิตยสถาน

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน
(ฉบับปกติ)

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (Agriculture Science Journal) ของสมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้เปลี่ยนชื่อจากข่าวสารวิทยาศาสตร์การเกษตร (Asst Newsletter) ตั้งแต่ฉบับที่ 1 ปีที่ 30 (มกราคม 2540) มีวัตถุประสงค์เพื่อพิมพ์เผยแพร่เรื่องที่น่าสนใจในวงการวิทยาศาสตร์การเกษตร ซึ่งสมาชิกได้จัดส่งมาลงพิมพ์

เรื่องที่ผู้เขียนจะส่งมาลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรครอบคลุม :

1. **งานวิจัย** (Technical Paper) เป็นเอกสารวิทยาการเพื่อเสนอผลงานวิจัยในด้านวิทยาศาสตร์การเกษตร

2. **บทความ** (Articles) เป็นเอกสารวิทยาศาสตร์ที่รวบรวมข้อมูล ความคิดเห็นและประสบการณ์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การเกษตร

3. **จดหมาย** (Letters) เป็นจดหมายถึงกองบรรณาธิการเพื่อเสนอความคิดเห็นสนับสนุน หรือโต้แย้งความคิดเห็นของนักวิจัยอื่นๆ ตลอดจนความรู้และประสบการณ์ที่น่าสนใจ

การเตรียมต้นฉบับ

1. **ต้นฉบับ** ควรพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เวิรด์ (Microsoft Word) แล้วส่งต้นฉบับ จำนวน 4 ชุด พร้อมด้วยดิสก์เก็ต ถ้าพิมพ์ดีดธรรมดา ให้เว้นบรรทัดห่าง และพิมพ์หน้าเดียวความยาว 25 บรรทัดต่อหน้า มีความยาวทั้งหมดไม่ควรเกิน 10 หน้า

2. **ชื่อเรื่อง** ควรจะกะทัดรัด ไม่ยาวเกินไป แต่อธิบายสาระของเรื่องได้ดีพอสมควร และควรกำหนดชื่อเรื่องอย่างย่อเพื่อใช้เป็นหัวเรื่อง (Running heads) ด้วย ควรมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3. **ชื่อผู้เขียน** เป็นชื่อเต็ม ใช้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมทั้งสถานที่ทำงาน ระบุจังหวัดและรหัสไปรษณีย์ด้วย

4. **บทคัดย่อ** (Abstract) มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ซึ่งจะปรากฏนำหน้าตัวเรื่อง เป็นการสรุปสาระสำคัญของเรื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัตถุประสงค์ วิธีการและผล ไม่ควรเกิน 200 คำ หรือ 3% ของตัวเรื่อง และให้ระบุคำสำคัญ (Keywords) เป็นภาษาอังกฤษท้าย abstract จำนวนไม่เกิน 5 คำไว้ด้วย

5. **เนื้อหา** (Text) สำหรับเรื่องประเภทงานวิจัย ควรประกอบด้วยหัวข้อ ดังต่อไปนี้

ก. **คำนำ** (introduction) เพื่อกล่าวถึงปัญหาและวัตถุประสงค์ และอาจรวมถึงการตรวจเอกสาร (Literature review)

ข. **อุปกรณ์และวิธีการ** (Materials and Methods) ควรประกอบด้วย

- คำอธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยไม่ต้องระบุหมายเลขแยกเป็นข้อ
- คำอธิบายถึงวิธีการที่ใช้ทดลอง แต่ไม่จำเป็นต้องอธิบายวิธีการที่ถือว่าเป็นแบบฉบับ ซึ่งเป็นที่เข้าใจอันดีโดยทั่วไปอยู่แล้ว การเขียนอุปกรณ์และวิธีการให้เขียนเป็นส่วนเดียวกันไม่ต้องแยกหัวข้อ

ค. **ผล** (Results) เป็นการเสนอผลของการวิจัยแต่ไม่ควรอธิบายยืดยาว ถ้าเป็นไปได้ ควรควบคู่ไปกับการใช้ตารางกราฟ หรือภาพประกอบ ซึ่งกำกับด้วยคำอธิบายที่กะทัดรัด และเป็นอิสระกับเนื้อเรื่อง

ง. **บทวิจารณ์** (Discussion) เป็นการวิจารณ์ผลการวิจัย (1) เพื่อให้คล้อยตามถึงความสัมพันธ์หรือหลักการที่มาจากผล (2) สนับสนุนหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีผู้เสนอมาก่อน (3) เปรียบเทียบกับผลการวิจัยและการตีความหมายของผู้อื่น (4) สรุปสาระสำคัญและประจักษ์พยานของผลการวิจัย ผู้เขียนควรพยายามเน้นถึงปัญหาหรือข้อโต้แย้งในสาระสำคัญของเรื่องที่กำลังพูดถึง ตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต และลู่ทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

จ. **คำขอบคุณ** (Ackowledgements) อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัย และการเตรียมเอกสารลุล่วงไปด้วยดี แต่มิได้เป็นผู้ร่วมงานด้วย

ฉ. **เอกสารอ้างอิง** (Literature cited) การอ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องใช้ระบบชื่อและปี (name-
X year system) เช่น จินดา (2536) รายงานว่า... หรือ
า, 2536) ในกรณีเป็นภาษาอังกฤษ หรือภาษาใดๆ ที่เขยนด้วยภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุลเป็นภาษาอังกฤษทุกคน เช่น Murashige and Skoog (1962) หรือ (Murashige and Skoog,1962)

ในตอนรายการเอกสารอ้างอิง ซึ่งปรากฏอยู่ท้ายเรื่องให้เรียงอักษรตามชื่อตัว ชื่อสกุลของผู้แต่งคนแรกถ้าเป็นคนไทย แต่ถ้าเป็นชาวต่างประเทศให้ใช้ชื่อสกุลขึ้นต้นและชื่อตัวโดยไม่ต้องใส่เลขที่ แสดงเฉพาะเอกสารที่นำมาอ้างอิงในเนื้อเรื่องเท่านั้น ไม่ควรอ้างเอกสารใดๆ ที่ยังมิได้มีการจัดพิมพ์

สำหรับวารสาร (Periodicals) ควรเรียงลำดับ ดังนี้

ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อเรื่อง (ตามที่ปรากฏในวารสาร) ชื่อวารสาร (ใช้ชื่อย่อถ้ามี) ปีที่ : หน้า

ตัวอย่าง :

ศิวาพร ศิวเวช และสลักจิต สืบพงษ์ศิริ. 2536. ข้าวเกรียบข้าวฟ่าง. ว.วิทย.กษ.26 : 80-87.

Tekrony, D. M., D. B. Egli and A. D. Phillips. 1980. Effect of field weathering on the viability and vigor of soybean seeds. Agron. J.72 : 749-753.

สำหรับตำรา (Text books) ควรเรียงลำดับดังนี้

ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อหนังสือ สำนักพิมพ์ เมืองที่พิมพ์ หน้า

ตัวอย่าง :

ทักษิณา สวนานนท์. 2536. การใช้โปรแกรม Page Maker 4.0. พิมพ์ครั้งที่ 2. บ.ไฮเทค พริ้นติ้ง จก. กรุงเทพมหานคร. 346 น.

Villadsen, J. and M. L. Michelsen. 1978. Solution of Differential Equation Models by Polynomial Approximation. Prentice-Hall. New Jersey. 445p.

สำหรับเอกสารประกอบรายงาน (Reports and Proceedings)

ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อเรื่อง ชื่อรายงาน หรือการประชุม สถานที่ หน้า

ตัวอย่าง :

ธวัช ลวะเปารยะ. 2513. การผสมพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน. รายงานความก้าวหน้า, โครงการวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 42น.

Noda, K., L. Chaiwiratnukul, S. Kanjanajirawong and M. Teerawatsakul. 1985. Some biological characteristics of *Pennisetum* spp. in Thailand. Proc. the 10th Conf. of Asian-Pacific Weed Science Society, Bangkok, Thailand. p. 75-80.

Tongpan, S., T. Panayotou, S. Jetanavanich, K. Faichampa and C. Mehl. 1990. Deforestation and poverty : Can commercial and social forestry break the vicious circle? Research report No. 2. The 1990 TDRI Year-End Conference. Chon Buri, Thailand. 176p.

Thainugul, W. and S, Photiwattautum. 1988. Soil conservation under rubber in Thailand pp. 859-868. *In* S. Rimwanich (ed.). Proc. the 5th International Soil Conservation Conf. Vol 2. January 1988. Bangkok, Thailand.

6. **ภาพประกอบ** (Illustration)

ก. ภาพถ่าย ควรเป็นภาพขาว-ดำ สำหรับภาพสีถ้าจำเป็นจึงใช้ ขนาดภาพอย่างต่ำควรเป็น 9.0 x 13.5 ซม. หรือเท่าตัวจริงที่ปรากฏในหนังสือผิวเรียบ เขียนคำอธิบายแยกไว้ต่างหาก อย่าเขียนลงในภาพ อย่าหนีบด้วยคลิปหรือกลัดด้วยเข็มหมุด

ข. ภาพเขียน เขียนด้วยหมึกสีดำ จัดบนกระดาษอาร์ตหนาพอควร ควรเขียนตัวหนังสือด้วย Lettering guide หรือ Letter press

7. **การเขียนคำไทยเป็นภาษาอังกฤษอักษรโรมัน** ให้ใช้ระบบของราชบัณฑิตยสถาน

ผลของความเป็นกรดด่างต่อสัมประสิทธิ์การแบ่งระหว่างน้ำมันและน้ำของสารสกัดจาก *Cratoxylum formosum* Dyer

Effect of pH on Oil-Water Partition Coefficient of Extract from *Cratoxylum formosum* Dyer

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[1] และ ไมตรี สุทธจิตต์[2]

Maisuthisakul, P.[1] and Suttajit, M.[2]

Abstract

The effect of pH (2, 3, 4, 5, and 6) on the oil-water partition coefficient (log P_{ow}) of extract from the Thai vegetable Teaw (*Cratoxylum formosum* Dyer.) was studied by reversed-phase high performance liquid chromatography (RP-HPLC). Partitioning between soybean oil and water solutions of plant leaf extract were studied. The P_{ow} values were estimated from the concentration of phenolic compounds in the water and oil phases. The radical scavenging activity of Teaw extract and chlorogenic acid after partitioning at different pH values was evaluated using the 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothialozinesulfonic acid) radical cation ($ABTS^{\bullet+}$) assay. The results showed that the pH had a significant effect on log P_{ow}. At higher pH, log P_{ow} values were reduced for the phenolic components of the Teaw extract. The ABTS radical scavenging activity confirmed the effect of pH on log P_{ow}. Moreover, change in pH had a similar effect on log P_{ow} of chlorogenic acid. Log P_{ow} value of chlorogenic acid was decreased more than that of Teaw extract. The results showed that pH had different effects on oil-water partition coefficients depending on the polarity of the compounds.

Keywords: pH, oil, *Cratoxylum formosum* Dyer., partition coefficient

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความเป็นกรดด่าง (2, 3, 4, 5, และ 6) ต่อสัมประสิทธิ์การแบ่งระหว่างน้ำมันและน้ำ (log P_{ow}) ของสารสกัดจากผักติ้วของไทย (*Cratoxylum formosum* Dyer.) โดยใช้โครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงเฟสผันกลับ (RP-HPLC) และศึกษาการแบ่งละลายระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองและสารสกัดจากใบผักติ้วที่ใช้น้ำเป็นตัวทำ ละลายทั้งนี้ค่า P_{ow} คำนวณจากความเข้มข้นของฟีนอลิกในวัฏภาคน้ำและน้ำมัน ส่วนกิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระของสารสกัดผักติ้วและกรดคลอโรเจนิกหลังจากผ่านกระบวนการแบ่งระหว่างวัฏภาคน้ำมันและน้ำ ที่ความเป็นกรดด่างต่างกัน วิเคราะห์โดยใช้อนุมูลอิสระของ 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothialozinesulfonic acid) cation ($ABTS^{\bullet+}$) จากผลการวิจัยพบว่า ความเป็นกรดด่างมีผลต่อค่า log P_{ow} ทั้งนี้ที่ความเป็นกรดด่างสูง ค่า log P_{ow} ของสารสกัดผักติ้วและกรดคลอโรเจนิกมีค่าลดลง โดยค่า log P_{ow} ของกรดคลอโรเจนิก ลดลงมากกว่าค่า log P_{ow} ของสารสกัดจากผักติ้ว ซึ่งค่ากิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS ให้ผลที่สอดคล้องกัน จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า ความเป็นกรดด่างมีผลต่อสัมประสิทธิ์การแบ่งระหว่างน้ำมันและน้ำต่างกันขึ้นกับความมีขั้วของสาร

คำสำคัญ: ความเป็นกรดด่าง น้ำมัน *Cratoxylum formosum* Dyer. สัมประสิทธิ์การแบ่ง

Introduction

A number of attempts have been made to measure antioxidant (AO) distributions in emulsions, primarily by separating the phases and analyzing the AO concentration in each phase (Standahl *et al.*, 1999). Normally, AO concentration usually measures AO activity or phenolic content of each separating phase. Phenolic compounds, which is a majority of substances of natural AO, shows AO capacity. The distribution of AOs between the oil and water phases depends on their chemical structures and their polarities. The more nonpolar of the AO, the more soluble in oil was shown. Hence, the objective of this research was to determine the effect of pH on phenolic

[1]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนน วิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[1]School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vibhavadee-Rangsit rd., Dindaeng, Bangkok 10400.

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตพะเยา พะเยา 56000

[2]School of Science and Technology and School of Medical Sciences, Naresuan University at Payao, Phayao 56000.

distributions of *C. formosum* by measuring log P_{ow} and the free radical scavenging activities of samples in soybean oil in water emulsion model.

Materials and Methods

Materials. Three batches of Pak-Teaw leaves (*C. formosum* Dyer) were purchased from a farm at Saraburi province, Thailand, during 2007. Fresh plant leaves (80 g) were blended for 1 min with cold ethanol (kept at -20 °C), and the containers were then flushed with nitrogen and shaken for 4.5 h in the dark at 25 °C. The supernatant was filtered through cheesecloth and Whatman no. 4 filter paper, and the solvent was evaporated under vacuum. The residue was dried in a freeze-dryer and stored in aluminum foil at -20 °C after flushing with nitrogen.

Preparation of Stripped Soybean Oil/Water Emulsions. Stripped soybean oil (2 g) was weighed into a screw-capped centrifuge tube containing plant extracts dissolved in HPLC water (2 g). A coarse emulsion premix was prepared by homogenizing using sonicator (Sonic and Materials model 50 watt, United Kingdom) in ice bath for 15 min. The sample was vortexed three times for 20 s with a 20 s interval. All emulsions were made up to pH 2-6 by using 0.1 N HCl before homogenization.

Determination of Oil-Water Partition Coefficient. The partition coefficients of the plant extracts and chlorogenic acid partitioned between stripped soybean oil and water were determined. The emulsion samples were then centrifuged at 6000 rpm for 30 min at 20 °C in a refrigerated centrifuge (Sorvall model RC5B, USA). The lower layer was removed from the centrifuge tube with a syringe. The concentrations of the phenolic components in the aqueous phase were determined quantitatively by reversed-phase HPLC.

Determination of Free Radical-Scavenging Activities. The total free radical scavenging capacity of the aqueous layer of each antioxidant after partition was determined by using the ABTS+• methods according to Re *et al.* (1999).

Results and Discussion

Effect of pH on Oil-Water Partition Coefficient. The partitioning of *C. formosum* (500 mg. l^{-1}) leaf extracts between phases was determined to clarify the effect of pH on its antioxidant mechanism in stripped soybean oil/water emulsions. For the *C. formosum* extract, the oil-water partition coefficient was calculated by summing the areas of the five phenolic peaks (approximately 94% of total peak area) in the HPLC chromatogram of an aqueous solution of the *C. formosum* extract compared with the areas of the five peaks in the aqueous phase after preparation and breaking of an emulsion. The relative areas of the HPLC peaks of the *C. formosum* extract in the aqueous phase at pH 6 before and after partitioning with oil changed as shown in Figure 1. From a previous study showed that chlorogenic acid was the main component in the *C. formosum* extract at a concentration of 60% of the extract and three minor phenolic components were present at a level of 12%. They were dicaffeoylquinic acid and ferulic acid derivatives, which were less polar than chlorogenic acid (Maisuthisakul *et al.*, 2007). The data from antiradical activities obtained from ABTS+• assay confirmed this aspect (Table 1).

The distribution of phenolics of *C. formosum* in aqueous phase after partitioning decreased with increasing pH in stripped soybean oil/water mixtures (Figure 2). The more of polarity, the higher change of phenolics distribution was obtained. The pH influenced on phenolics distribution of peak 1 of *C. formosum* more than the others (Figure 2).

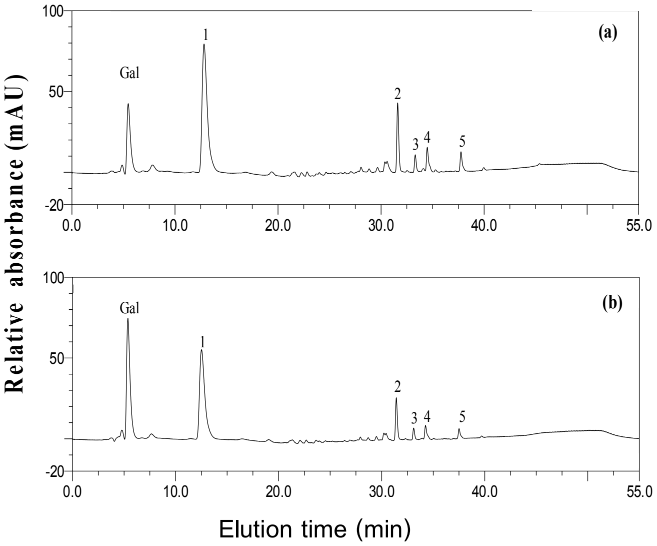


Figure 1 HPLC chromatogram of phenolic compounds in the *C. formosum* leaf extract (a) before and (b) after partitioning into oil (Gal = gallic acid added as an external standard).

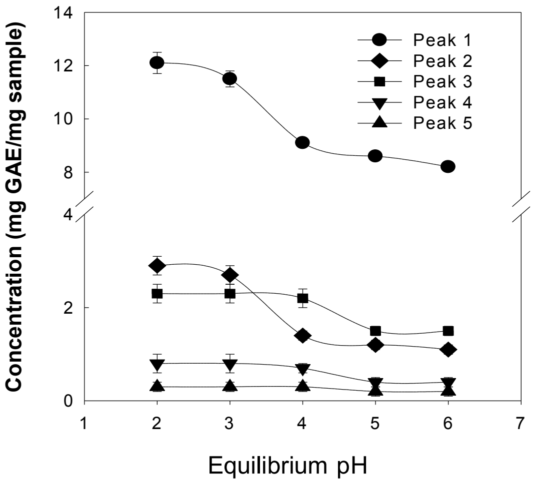


Figure 2 Effect of pH on concentration of phenolics in aqueous phase after partitioning from each peak of *C. formosum* leaf extracts (500 mg. l^{-1}).

Table 1 Oil-water partition coefficient (log P_{ow}) and free radical scavenging activities of *C. formosum* extract and chlorogenic acid.*

compound	log P_{ow}	ABTS^{+}• scavenging activity (mmol of Trolox/g sample)	
		Stock solution	Aqueous phase after breaking emulsion
C. formosum extract	-0.67^{a} ±0.00	2.71^{a} ±0.06	2.33^{a} ±0.16
Chlorogenic acid	-0.77^{b} ±0.00	3.06^{b} ±0.04	2.92^{b} ±0.04

* Data followed by different letters within each column are significantly different according to Duncan's multiple range tests at $P < 0.05$. Data obtained from at least ten replicates for the oil-water partition coefficient and three replicates for the DPPH• assays.

Effect of pH on Free Radical Scavenging Activities. To better understand the effect of pH on distribution of AOs, the free radical scavenging activities of aqueous phase after partitioning needs to be evaluated in stripped soybean oil/water emulsion. The redox potentials of AOs need to be determined to confirm the amount of AOs in each phase of emulsions.

Initially, pH did not affect to the antioxidant activity of antioxidants in stock solution, but the antioxidant activities measuring by ABTS+• assays were affected by pH after partitioning (Table 2). As can be seen, antioxidants tends to concentrate in the water phase for the lower pH values and to transfer to the oil phase when pH is increased. In fact, if the calculated log P_{ow} = 0, it indicates that the concentration of phenolics in the oil phase is equaled to that in the water phase. It is known that the smaller Ka of an acidic, the larger is the positive value of its *pKa* and the less acidic it is (Standahl *et al.*, 1999). The transfer of the component from oil phase to aqueous phase corresponds with the *pKa* value. In fact, phenolic compounds are weak acids, and their *pKa* values are wide range, for instance; *pKa* = 3.96 for chrologenic acid; *pKa* = 2.86 for kaempferol-3-xyloside; *pKa* = 6.93 for kaempferol. It is expected that the transition of phenolics of *C. formosum*, which contained 60% chlorogenic acid, from the oil phase to the water phase was observed starting at pH ~4 (Table 2). These data was consistent with Standahl *et al.* (1999). They found that all the partition coefficients of substances are found to be closely related to the dissociation constant of the components.

Table 2 $ABTS^{+}$• scavenging activities of *C. formosum* extract and chlorogenic acid ranging from pH 2 to 6*.

compound	pH	$ABTS^{+}$• scavenging activity (mmol of Trolox/g sample)	
		Stock solution	Aqueous phase after breaking emulsion
C. formosum extract	2	2.68 [a] ±0.03	2.52 [a] ±0.06
	3	2.70 [a] ±0.04	2.49 [ab] ±0.04
	4	2.71 [a] ±0.02	2.43 [bc] ±0.05
	5	2.70 [a] ±0.03	2.35 [c] ±0.06
	6	2.71 [a] ±0.06	2.33 [c] ±0.16
Chlorogenic acid	2	3.00 [a] ±0.03	2.72 [a] ±0.08
	3	3.01 [a] ±0.04	2.79 [ab] ±0.07
	4	3.06 [a] ±0.05	2.90 [bc] ±0.02
	5	3.06 [a] ±0.01	2.91 [c] ±0.04
	6	3.06 [ab] ±0.02	2.92 [c] ±0.03

*Data followed by different letters within each column are significantly different according to Duncan's multiple range test at $P < 0.05$. Data obtained from at least three replicates for the $ABTS^{+}$• and DPPH• assay.

The ABTS+• scavenging activities of *C. formosum* was same as chlorogenic acid (Table 2). Conventionally, phenolic compounds in plants can act as AOs. This may be the reason why ABTS+• scavenging activities of *C. formosum* was similar to that of chlorogenic acid.

Summary

The present study demonstrates for the first time that pH affects on phenolic distributions of *C. formosum.* The higher of pH value, the lower of log P_{ow} was obtained. The ABTS+• scavenging activities confirmed this aspect.

Acknowledgements

This research was partially supported by University of the Thai Chamber of Commerce Fund.

Literature cited

Maisuthisakul, P., Pongsawatmanit, R. and Gordon, M. H., 2007, Characterization of the Phytochemicals and the Antioxidant Properties of Extracts from Teaw (*Cratoxylum formosum* Dyer.), Food Chemistry, 100(4): 1620-1629.

Standahl, S. H., Blokhus, A. M., Haavik, J., Skauge, A. and Barth, T., 1999, Partition Coefficients and Interfacial Activity for Polar Components in Oil/water Model Systems, Journal of Colloid and Interface Science 212(1): 33-41.

Re, 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.

ผลกระทบของ pH และอุณหภูมิ ต่อสีและความคงตัวของสารสกัดจากกระเจี๊ยบและอัญชัน
Effect of pH and Temperature on the Stability and Visual Color of Roselle and Butterfly Pea Extracts

อรุษา เชาวนลิขิต[1] ศิโรรัตน์ อภิชยารักษ์[2] สรารัตน์ คงทอง[2] และ สุชนา ชูประทุม[1]
Chaovanalikit, A.[1], Apichayaluk, S.[2] , Kongtong, S.[2] and Chuprathum, S.[1]

Abstract

Changes of the visual color and stability of roselle and butterfly pea extracts have been evaluated over pH range 1-12. The color of roselle extract was red color over pH range 1-3 and 10-12 while the color of butterfly pea extract were red at pH 1-2, purple at pH 3-6 and 10-11, and green at 7-9 and 12. After that, the red colored roselle extract at pH 2 and 10 and the various colored butterfly pea extract at pH 2, 4, 6, 8, and 10 were heated at 80 and 90 C for 2 hours. The results showed that temperature has a significant decrease the stability of the pH 2 and 10 roselle extracts and only the pH 8.0 butterfly pea extract as well as the increase of the percentage of polymeric color.

Keywords: butterfly pea, roselle, pH, temperature

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงของสีที่ปรากฏและความคงตัวของสารสกัดกระเจี๊ยบและอัญชันถูกประเมินขึ้นในช่วง pH ระหว่าง 1-12 โดยสารสกัดกระเจี๊ยบให้สีแดงที่ pH 1-3 และ 10-12 ในขณะที่สารสกัดอัญชันให้สีแดงที่ pH 1-2 สีม่วงที่ pH 3-6 และ 10-11 และสีเขียวที่ pH 7-9 และ 12 หลังจากนั้นเมื่อนำสารสกัดกระเจี๊ยบที่ pH 2 และ 10 สารสกัดอัญชันที่ pH 2, 4, 6, 8 และ 10 มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อความคงตัวของสารสกัดกระเจี๊ยบที่ pH 2 และ 10 และ สารสกัดอัญชันที่ pH 8 อย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ค่าครึ่งชีวิตของแอนโธไซยานินในสารสกัดมีค่าลดลงและร้อยละของสีของพอลิเมอร์มีค่าเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: อัญชัน กระเจี๊ยบ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ

คำนำ

แอนโธไซยานินเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง สีม่วง และสีน้ำเงิน พบมากในผลผลิตทางการเกษตร และมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และมีผลต่อการลดความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดโรคมะเร็ง โรคภาวะข้ออักเสบ โรคหัวใจ และหลอดเลือด ความคงตัวของสีจากแอนโธไซยานินจะขึ้นกับ โครงสร้าง ความเข้มข้นของรงควัตถุ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความเข้มแสง โลหะ เอนไซม์ ออกซิเจน ascorbic acid และน้ำตาล (Mazza และ Miniati, 1993) Kirca และคณะ (2007) พบว่าเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลให้การสลายตัวของแอนโธไซยานินในน้ำผลไม้เพิ่มมากขึ้น Torskangerpoll และ Andersen (2005) รายงานว่า โครงสร้างของแอนโธไซยานินมีผลต่อความคงตัวของสารให้สีเมื่อมีการปรับให้อยู่ในช่วง 1-10.5 และโครงสร้างที่เป็น acylated anthocyanin จะมีสีที่คงตัวกว่า nonacylated anthocyanin

กระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* L.) และ อัญชัน (*Clitoria ternatea* L.) เป็นพืชที่ปลูกได้ในประเทศไทย นิยมนำไปต้มน้ำเป็นน้ำกระเจี๊ยบและน้ำอัญชัน ให้สีแดงและสีม่วง สีของกระเจี๊ยบและอัญชันมาจากสีของแอนโธไซยานิน ซึ่งกระเจี๊ยบประกอบด้วย Delphinidin-3-xylosylglucoside กับ Cyanidin-3-xylosylglucoside (Du และ Francis, 1973) และอัญชันประกอบด้วย ternatins หรือ Delphinidin ที่มีการต่อกับน้ำตาลและกรดหลายชนิด (Terahara และคณะ, 1990) โครงสร้างที่แตกต่างกันจะทำให้สีมีความคงตัวต่างกัน งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลกระทบของ pH และอุณหภูมิต่อความคงตัวของสารสกัดจากกระเจี๊ยบ และอัญชัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลเพื่อการพัฒนาสีธรรมชาติจากผลิตผลของประเทศไทยต่อไป

[1] **คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110**
[1]Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, 114 Sukhumwit 23, Wattana, Bangkok, 10110
[2]**คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110**
[2]Faculty of Science, Srinakharinwirot University, 114 Sukhumwit 23, Wattana, Bangkok, 10110

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารสกัด

นำดอกกระเจี๊ยบแห้งหรือดอกอัญชันแห้ง ไปบดด้วยเครื่องบด (Moulinex, OPTIBLEND 2000, France) จนได้ผงละเอียดเหมือนแป้ง ชั่งตัวอย่างผงที่ได้มา 2 กรัม ใส่ในหลอดเซนตริฟิวส์ขนาด 50 ml เติมตัวทำละลาย 80% Acidified Ethanol (80% Ethanol : conc. HCl ในอัตราส่วน 1000 : 1) ปริมาตร 15 ml และนำไปเข้าเครื่อง sonicator (Elma, D-78224 Singen/Htw, Germany) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปเซนต์ทริฟิวส์ที่ 3000 g เป็นเวลา 15 นาที (Sanyo, Falcon 6/300, UK) แยกสารละลายส่วนใสใส่บีกเกอร์ขนาด 100 ml นำกากไปสกัดซ้ำด้วยสารละลาย 80% Acidified Ethanol ปริมาตร 10 ml ผ่านการ sonicate และ centrifuge และนำสารสกัดที่ได้รวมกับส่วนที่ 1 และนำไประเหยด้วยเครื่อง rotary evaporator (Buchi, R-124, Switzerland) ภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จน Ethanol ระเหยหมด และทำการเก็บรักษาสารสกัดที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมสำหรับการทดลองต่อไป

ผลกระทบของ pH ต่อ สีและ λmax ของสารสกัดกระเจี๊ยบและอัญชัน

นำสารสกัดกระเจี๊ยบและอัญชันมาปรับ pH ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH ให้เท่ากับ 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 และ 12 ตามลำดับ (Table 1) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสารสกัดและสารละลายบัฟเฟอร์ในแต่ละ pH เป็น 1.2 :100(v/v) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้เกิดสภาวะสมดุลเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปตรวจวัดค่าสี และประเมินเป็น ความสว่าง (L) ความเข้ม (C) จากสูตร C = $\sqrt{a^2+b^2}$ และค่าเฉดสี Hue angle (H) = arctan b*/a* และนำไปตรวจวัดค่า λmax เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของสีที่ปรากฏ ด้วยเครื่อง UV-spectroscopy (UV-160A, UV-Visible recording, spectrophotometer, SHIMADZA, Japan)

Table 1 Buffer solution preparation at pH 1-12.

pH	0.1 M HCl (ml)	0.2 M HCl (ml)	0.1 M NaOH (ml)	0.2 M NaOH (ml)	0.2 M KCl (ml)	0.1 M acetic acid (ml)	0.1 M Sodium acetate (ml)	0.1 M disodium hydrogen phosphate (ml)
1	-	134.0	-	-	50.0	-	-	-
2	-	13.0	-	-	50.0	-	-	-
3	-	-	-	-	-	982.3	17.7	-
4	-	-	-	-	-	847.0	153.0	-
5	-	-	-	-	-	357.0	643.0	-
6	-	-	-	-	-	52.2	947.8	-
7	244.0	-	-	-	-	-	-	756.0
8	44.9	-	-	-	-	-	-	955.1
9	45.0	-	-	-	-	-	-	955.0
10	-	-	33.6	-	-	-	-	966.4
11	-	-	34.7	-	-	-	-	965.3
12	-	-	-	12.0	50.0	-	-	-

ผลกระทบของอุณหภูมิต่อความคงตัวของสีในสารสกัดจากกระเจี๊ยบและอัญชันที่ pH ต่าง ๆ

นำสารสกัดกระเจี๊ยบมาปรับ pH เป็น pH 2 และ 10 และนำสารสกัดอัญชันมาปรับ pH เป็น pH 2, 4, 6, 8 และ 10 ในสัดส่วนตัวอย่าง: บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1.2:100 (v/v) โดย pH ที่คัดเลือกศึกษาเป็น pH ที่มีสีปรากฏอย่างชัดเจน จากนั้นนำสารสกัดทั้งหมดไปให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส หรือ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 นาที โดยมีวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของ % polymeric color (Wrolstad, 1975) และ ค่าครึ่งชีวิต (Kirca และ คณะ, 2006) ทุก ๆ 10 นาที ค่าครึ่งชีวิต (t½) คำนวนได้จาก $\ln (C_o/C_t)=k \times t$ และ t½= - ln0.5 / k โดย C_o คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ λmax ที่เวลา 0 นาที และ C_tค่าการดูดกลืนแสงที่ λmax ที่เวลา t นาที

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) แบบ factorial โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.5 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลกระทบของ pH ต่อ สี และ λmax ของสารสกัดกระเจี๊ยบและอัญชัน

เมื่อนำสารสกัดกระเจี๊ยบและอัญชันมาปรับ pH ตั้งแต่ 1-12 พบว่า สารสกัดกระเจี๊ยบมีสีที่ปรากฏคือ สีแดง ที่ pH 1- 3 และ pH 10 - 12 และมีสีน้ำตาลที่ pH 4 - 9 (Figure 1) ในขณะที่ สารสกัดอัญชันให้สีหลายเฉดสี คือ สีแดงที่ pH 1 – 2สีม่วงที่ pH 3 - 6 และ 10 - 11 และมีสีเขียวที่ pH 7-9 และ 12 (Figure 2) เมื่อนำสารสกัดทั้งหมดไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงพบว่า เมื่อ pH เพิ่มขึ้น ความยาวคลื่นสูงสุดและการดูดกลืนแสงของสารสกัดกระเจี๊ยบและอัญชันนั้นเปลี่ยนไป (Figure 2) เนื่องจากpH มีผลต่อโครงสร้างของแอนโธไซยานิน รงควัตถุสีแดงในกระเจี๊ยบและอัญชันทำให้สามารถดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงไป โดยจะเห็นได้ว่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดกระเจี๊ยบและอัญชันนั้นแตกต่างกัน เนื่องมาจากกระเจี๊ยบและอัญชันมีชนิดของแอนโธไซยานินที่แตกต่างกัน แอนโธไซยานินในกระเจี๊ยบประกอบด้วย Delphinidin-3-xylosylglucoside กับ Cyanidin-3-xylosylglucoside (Du และ Francis, 1973) ซึ่งเป็น non-acylated anthocyanin แอนโธไซยานินที่มีโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาล ส่วนแอนโธไซยานินในอัญชันประกอบด้วย ternatins หรือ Delphinidin ที่มีการต่อกับน้ำตาลและกรดหลายชนิด (Terahara และคณะ, 1990) ซึ่งจัด เป็น acylated anthocyanin แอนโธไซยานินที่มีโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลและกรด

Cevallos-Casals และ Cisneros-Zevallos (2004) ทำการศึกษาความคงตัวของสีจากองุ่นแดง ข้าวโพดสีม่วง มันฝรั่งสีแดงและสีม่วง พบว่า สารสกัดจากข้าวโพดสีม่วงและองุ่นแดง ซึ่งมีสารประกอบแอนโธไซยานินที่เป็น non-acylated anthocyanin เป็นส่วนใหญ่สีจะจางลงเมื่อปรับ pH เป็น 4-6 เพราะโครงสร้างเปลี่ยนจาก flavylium cation ซึ่งมีสีแดงไปเป็น carbinal ซึ่งไม่มีสี ส่วนสารสกัดจากมันเทศสีแดงและแครอทม่วงซึ่งมีสารประกอบแอนโธไซยานินที่เป็น acylated anthocyanin จะให้เฉดสีที่หลากหลาย pH จึงเป็นปัจจัยหนึ่งส่งผลกับโครงสร้างทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่งผลต่อการดูดกลืนพลังงานแสงเห็นได้ UV-Spectra ที่เปลี่ยนไป ดัง Figure 1 และ Figure 2

ผลกระทบของอุณหภูมิต่อความคงตัวของสีในสารสกัดจากกระเจี๊ยบและอัญชันที่ pH ต่าง ๆ

เมื่อนำสารสกัดกระเจี๊ยบและอัญชันมาปรับ pH ที่ปรากฏเฉดสีต่าง ๆ และนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ80 และ 90 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อความคงตัวของแอนโธไซยานินในสารสกัดกระเจี๊ยบที่ pH 2 และ 10 และสารสกัดอัญชันที่ pH 8 โดยจะทำให้การสลายตัว และ polymer เพิ่มขึ้น เพิ่มมากขึ้นเห็นได้จากค่า Degradation Index ลดลง แล % polymeric เพิ่มขึ้น อีกทั้งทำให้ค่าครึ่งชีวิตลดลง ดัง Table 2 นอกจากนั้นสีของสารสกัดอัญชันที่ pH 2 -6 และ 10 มีความคงตัวสูง Cevallos-Casals และ Cisneros-Zevallos (2004) รายงานว่า สารสกัดจากมันเทศสีแดงและแครอทม่วงที่มีโครงสร้างของแอนโธไซยานินเป็นพวก acylated anthocyanin มีความคงตัวสูงจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสารประกอบ polymeric เพียงเล็กน้อยหลังจากให้ความร้อนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดังนั้นสารสกัดอัญชันจึงเป็นสารให้สีที่ควรศึกษาและพัฒนาสารสกัดอัญชันให้เป็นสารให้สีตามธรรมชาติที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

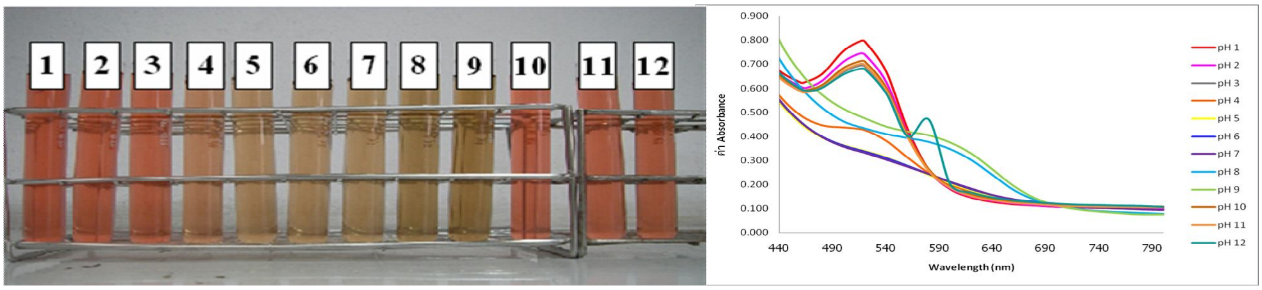


Figure 1 Color change and absorption wavelength of roselle extract at pH 1-12

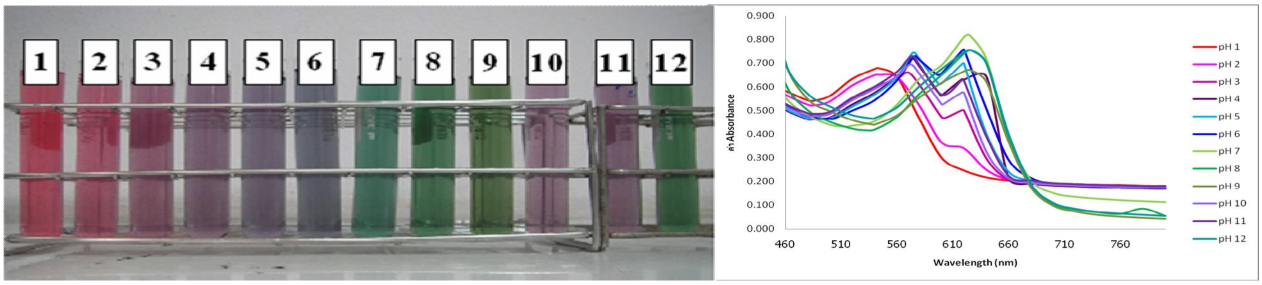


Figure 2 Color change and absorption wavelength of butterfly pea extract at pH 1-12.

Table 2 Degradation rate of anthocyanin, half life and % polymeric color of roselle and butterfly pea extracts.

สารสกัด	pH	Temperature (°C)	Degradation Index		%Polymeric color		t1/2(h)
			0 นาที	120 นาที	0 นาที	120 นาที	
กระเจี๊ยบ	2	80	0.94 ± 0.03	0.83 ± 0.04	51.18 ± 4.45	54.81 ± 1.29	9.26 ± 0.52
		90	0.96 ± 0.02	0.75 ± 0.01	47.90 ± 0.75	55.55 ± 0.90	4.94 ± 0.44
	10	80	0.92 ± 0.01	0.80 ± 0.01	47.43 ± 0.06	60.27 ± 2.42	8.89 ± 0.00
		90	0.92 ± 0.03	0.71 ± 0.04	45.85 ± 2.44	63.30 ± 5.16	4.81 ± 1.36
อัญชัน	8	80	0.60 ± 0.01	0.47 ± 0.05	53.65 ± 2.78	55.02 ± 0.43	8.43 ± 1.70
		90	0.56 ± 0.94	0.41 ± 0.05	61.07 ±15.63	64.89 ± 11.95	5.64 ± 0.20

สรุปผล

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีผลต่อความคงตัวของสารสกัดจากกระเจี๊ยบและอัญชัน และการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงทำให้ความความคงตัวของสีของแอนโธไซยานินโดยเฉพาะสารสกัดกระเจี๊ยบ ในขณะที่มีผลเพียงเล็กน้อยต่อสารสกัดอัญชัน อาจเป็นเพราะ โครงสร้างแอนโธไซยานินของกระเจี๊ยบเป็น nonacylated anthocyanin ซึ่งต่างจากอัญชันที่มี acylated anthocyanin เป็นองค์ประกอบหลัก

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประเภททุนศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการ “ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารและสิ่งทอ” ประจำปี 2552

เอกสารอ้างอิง

Cevallos-Casals, B. A. and Cisneros-Zevallos, L., 2004, Stability of Anthocyanin-Based Aqueous Extracts of Andean Purple Corn and Red-Fleshed Sweet Potato Compared to Synthetic and Natural Colorants, Food Chemistry, 86(1): 69-77.

Du, C.T. and Francis, F.J., 1973, Anthocyanins of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.), Journal of Food Science, 38:810-812.

Kirca, A., Özkan, M. and Cemeroglu, B., 2006, Stability of Black Carrot Anthocyanins in Various Fruit Juices and Nectars, Food Chemistry, 97(4): 598-605.

Mazza, G. and Miniati, E., 1993, Anthocyanins in Fruits, Vegetables, and Grains. Legumes, CRC Press, Boca Raton Inc., Florida, 1-28.

Terahara, N., Toki, K., Saito, N., Honda, T., Matsui, T. and Osajima, Y., 1998, Eight New Anthocyanins, Ternatins C1–C5 and D3 and Preternatins A3 and C4 from Young *Clitoria ternatea* flowers, Journal of Natural Products, 61(11): 1361–1367.

Torskangerpoll, K. and Andersen, Ø.M., 2005, Colour Stability of Anthocyanins in Aqueous Solutions at Various pH Values. Food Chemistry, 89: 427-440.

Wrolstad, R. E., 1976, Color and Pigment Analyses Fruit Products. Agricultural Experiment Station, Oregon University, Corvallis, Oregon. Station Bulletin, 624, 1–17.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 9-12 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 9-12 (2552)

ปริมาณสาร Epigallocatechin Gallate (EGCG) และอนุพันธ์ของ Catechins ในชาจีนและชาอัสสัม
Compositions of Epigallocatechin Gallate (EGCG) and Catachins Derivatives in Chinese and Assam Tea

นภาภรณ์ แซ่ลี้[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Sae-Lee, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1], and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Compositions of seven catechins, epigallocatechin gallate (EGCG) and its derivatives; gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epicatechin (EC), gallcatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG), and (-)-catechin gallate (CG), from Assam tea (*Camellia sinensis* var. Assamica) and Chinese tea (*Camellia sinensis* var. Sinensis) were conducted. Seven EGCG and its derivatives were found in Assam tea at concentration of 3.07-12.43 mg/g (db). GC was abundant at 12.43 mg/g (db) and ECG was less at 3.07 mg/g (db) from Assam tea. Chinese tea comprised of seven catechins at 0.20-6.14 mg/g (db). The EGCG was found the most at 6.14 mg/g (db) and ECG was the lowest at 0.20 mg/g (db). However, six catechins except EGCG in Assam tea were greater than from Chinese tea.

Keywords: Assam tea, Chinese tea, epigallocatechin gallate (EGCG) and derivatives

บทคัดย่อ

จากการศึกษาปริมาณสาร catechins 7 ชนิด ได้แก่ epigallocatechin gallate (EGCG) และอนุพันธ์ของ catechins 6 ชนิด คือ gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epicatechin (EC), gallocatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG), และ (-)-catechin gallate (CG) ในชาอัสสัม (*Camellia sinensis* var. Assamica) และชาจีน (*Camellia sinensis* var. Sinensis) พบว่า ในใบชาอัสสัมมีสารสำคัญทั้ง 7 ชนิด มีปริมาณระหว่าง 3.07-12.43 mg/g น้ำหนักแห้ง โดยพบสาร GC ในปริมาณสูงที่สุด เท่ากับ 12.43 mg/g น้ำหนักแห้ง และสารที่พบปริมาณต่ำที่สุด คือ สาร ECG โดยพบเท่ากับ 3.07 mg/g น้ำหนักแห้ง ส่วนในใบชาจีน พบสารสำคัญมีปริมาณระหว่าง 0.20-6.14 mg/g น้ำหนักแห้ง โดยพบ EGCG ปริมาณสูงที่สุด เท่ากับ 6.14 mg/g น้ำหนักแห้ง และพบสาร ECG ปริมาณต่ำที่สุด เท่ากับ 0.20 mg/g น้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตามพบว่า ชาอัสสัมมีปริมาณสารสำคัญ 6 ชนิด สูงกว่าในชาจีน ยกเว้น ปริมาณ EGCG พบว่าในชาจีนสูงกว่าในชาอัสสัม

คำสำคัญ: ชาอัสสัม ชาจีน epigallocatechin gallate (EGCG) และอนุพันธ์

คำนำ

ชาเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก เนื่องจากในชามีปริมาณสาร caffeine สูง และมีสาร polyphenolic compound (เป็นสาร antioxidant) รวมทั้งมีสารที่ให้กลิ่นหอม การดื่มชานอกจากทำให้สดชื่นแล้วยังสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งและโรคหัวใจ ซึ่งเป็นผลมาจาก tea polyphenols (TP) โดยเฉพาะสาร EGCG ในประเทศไทยมีการปลูกชาในแถบจังหวัดภาคเหนือเท่านั้น โดยประเทศไทยมีพื้นที่ปลูก 97,355 ไร่ เป็นอันดับที่ 14 ของโลก มีผลผลิต 33,961 ตันสด หรือ 6,600 ตันแห้ง (สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง) เป็นชาพันธุ์อัสสัมร้อยละ 80 และเป็นชาจีนร้อยละ 20 แต่การปลูกชาในเชิงการค้าส่วนใหญ่เป็นชาจีน (*Camellia sinensis* var. Sinensis) อย่างไรก็ตามชาอัสสัม (*Camellia sinensis* var. Assamica) หรือชาพื้นเมืองหรือชาป่ามีปริมาณสาร polyphenols สูงกว่าชาจีน แต่มีรสฝาดจากแทนนิน ทำให้ไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ส่งผลให้ราคาของชาอัสสัมที่ผลิตถูกกว่าชาจีน (ใบชาสดพันธุ์อัสสัม 8-14 บาท/กิโลกรัม ใบชาจีนสด 50-100 บาท/กิโลกรัม ใบชาแห้งพันธุ์อัสสัม 150-300 บาท/กิโลกรัม และใบชาจีนแห้ง 1,000-3,000 บาท/กิโลกรัม) (ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์) แต่ปัจจุบันสาร polyphenol โดยเฉพาะ catechin ได้รับความสนใจมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติด้าน antioxidative, antibacterial และ antiallergic activities (Yen และ Chen, 1995; Kumamoto และ Sonda, 1998; Yang และคณะ, 1998) ดังนั้นจึงมีการสกัด catechin จากใบชา มาใช้ในอุตสาหกรรม

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University, 83 Mu 8 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

หลากหลาย เช่น ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง โดยนำ catechin มาผสม ในครีมกันแดด สบู่ ครีมอาบน้ำ ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว ในอุตสาหกรรมยา ผลิตในรูปแคปซูลสำหรับบำรุงสุขภาพ และใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น antiflu air purifier, antiflu masks, catechin candy และอาหารสัตว์ เป็นต้น (Fennema และคณะ, 2001) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาถึงปริมาณสารสำคัญ catechins 7 ชนิดในชาจีนและชาอัสสัมเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมให้มีการนำชาอัสสัมและชาจีนไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์มากขึ้น และเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตร ตลอดจนทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

นำใบชาสดจากต้นชาจีนและชาอัสสัมอายุ 3 ปี อบแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างใบชาอบแห้งทั้งสองพันธุ์มาสกัดด้วยน้ำที่อัตราส่วนใบชาต่อน้ำ 1 กรัม : 40 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และวิเคราะห์หาปริมาณ EGCG และอนุพันธ์ของ catechins ด้วย เทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (บริษัท Agilent Technologies รุ่น LC 1200 series) คอลัมน์ที่ใช้ ZURBUAX Eclipse XDB-C18 reverse phase (4.6 mm x 150 mm, 5 μm) และ condition ที่ใช้วิเคราะห์ เป็น isocratic elution system มี mobile phase 2 ชนิด โดย mobile phase A คือ 0.05 M ortho-phosphoric acid และ mobile phase B ใช้ acetonitile (ACN) และใช้สัดส่วนของ A: B เท่ากับ 87:13 (โดยปริมาตร) ใช้ flow rate เท่ากับ 0.5 mL/min นาน 60 นาที โดยฉีดตัวอย่างในปริมาณ เท่ากับ 20 μL ซึ่งในการวิเคราะห์ใช้ UV-visible diode-array ความยาวคลื่น 231 nm และวิเคราะห์ปริมาณเทียบกับสารมาตรฐาน catechin ทั้ง 7 ชนิด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาปริมาณสาร catechins และอนุพันธ์ 7 ชนิด ได้แก่ EGCG, GC, EGC, EC, GCG, ECG,และ CG ในชาอัสสัม และชาจีน เมื่อเปรียบเทียบสาร catechins ทั้ง 7 ชนิด กับสารมาตรฐานดังโครมาโตแกรมใน Figure 1 พบพีคของ GC, EGC, EC, EGCG, GCG, ECG and CG ในสารมาตรฐาน ที่ Retention time ตามลำดับดังนี้ 4.80, 6.11, 12.31, 13.33, 15.87, 37.54 และ 40.79 นาที โดยมี Retention time ใกล้เคียงกับในชาอัสสัมที่ 4.81, 6.21, 12.71, 13.78, 16.50, 38.85 และ 42.62 นาที ตามลำดับ และชาจีนที่ Retention time 4.89, 6.53, 14.34, 16.12, 19.91, 44.99 และ 49.06 นาที ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baptista, และคณะ (1998), Yang และคณะ (2007) และ Wang และคณะ (2008) ที่พบโครมาโตแกรมของ catechins ทั้ง 7 ชนิดในชาตามลำดับ ดังนี้ GC, EGC, EC, EGCG, GCG, ECG และ CG และในชาอัสสัมประกอบด้วยปริมาณสาร EGCG, GC, EGC, EC, GCG, ECG,และ CG เท่ากับ 6.03, 12.43, 5.85, 11.16, 6.05, 3.07, 3.07 mg/g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และปริมาณสาร EGCG, GC, EGC, EC, GCG, ECG และ CG ในชาจีน เท่ากับ 6.14, 2.96, 5.54, 3.76, 6.14, 1.06, 0.20, 3.28 mg/g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 2) จะเห็นว่า ปริมาณสารสำคัญ 6 ชนิด ในชาอัสสัมสูงกว่าในชาจีน ยกเว้น ปริมาณ EGCG พบว่าในชาจีนสูงกว่าในชาอัสสัม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chu และ Juneja (1999) ที่กล่าวว่า ชาอัสสัมประกอบด้วยสาร polyphenols สูงร้อยละ 20-35 และมากกว่าชาจีน (*C. sinensis* L.)

สรุปผล

ปริมาณสาร catechins และอนุพันธ์ 7 ชนิด ได้แก่ EGCG, GC, EGC, EC, GCG, ECG,และ CG พบได้ในชาพันธุ์อัสสัมและชาจีน โดยพบปริมาณสารสำคัญ 6 ชนิด ในชาอัสสัมสูงกว่าในชาจีน ยกเว้น ปริมาณ EGCG พบว่าในชาจีนสูงกว่าในชาอัสสัม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยโครงการ เพิ่มมูลค่าชาอัสสัมก่อนการเก็บเกี่ยวให้มีสารออกฤทธิ์ epigallocatechin gallate (EGCG) และอนุพันธ์สูง

เอกสารอ้างอิง

สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง [สืบค้น], www.mfu.ac.th/division/tea/index_history.html

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548 [สืบค้น], http://www.kasetonline.net/newsite/index.php?id=48

Baptista, Jose A. B., Da P Tavaresa, Joaquim F. and Carvalho, Rita C. B., 1998, Comparison of Catechins and Aromas Among Different Green Teas Using HPLC/SPME-GC, Food Research International, 31(10): 729-736.

Chu, C.D. and Juneja, L.R., 1999, Chemistry and Applications of Green Tea; General Chemical Composition of Green Tea and Its Infusion, CRC press, Boca Raton, NewYork, USA., 19 p.

Fennema, O.R., Karel, M., sanderson, G.W. and Whitaker, J.R., 2001, Green Tea; Health Benfits and Applications, Marcel Dekker, Inc, USA., 252 p.

Kumamoto, M. and Sonda,T., 1998, Evaluation of the Antioxidative Activity of Tea by an Oxygen Electrode Method, Bioscience Biotechnology Biochemistry, 62: 175-177.

Wang, D., Lu, J., Miao, A., Xie, Z. and Yang, D., 2008, HPLC-DAD-ESI-MS/MS Analysis of Polyphenols and Purine Alkaloids in Leaves of 22 Tea cultivars in China, Journal of Food Composition and Analysis, 21: 361-369.

Yang, C., Yang, G.Y., Landau, J.M., Kim, S. and Liao, J., 1998, Tea and Tea Polyphenols Inhibit Cell Hyperproliferation, Lung Tumorigenesis and Tumor Progression. Experimental Lung Research, 24: 629-639.

Yang, X. R., Ye, C. X., Xu, J. K. and Jiang Y. M., 2007, Simultaneous Analysis of Purine Alkaloids and Catechins in *Camellia sinensis*, *Camellia ptilophylla* and *Camellia assamica* var. *kucha* by HPLC, Food Chemistry, 100: 1132–1136.

Yen, G.C. and Chen, H.Y., 1995, Antioxidant Activity of Various Tea Extracts in Relation to Their Antimutagenicity. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 43: 27-32.

Table 1 Retention time of catechin and its derivatives in Standard, Assam and Chinese tea.

Peak	Compound	Retention time (min)		
		Standard	Assam tea	Chinese tea
1	(+)-Gallocatechin	4.80	4.81	4.89
2	(-)-Epigallocatechin	6.11	6.21	6.53
3	(-)-Epicatechin	12.31	12.71	14.34
4	(-)-Epigallocatechin gallate	13.33	13.78	16.12
5	(-)-Gallocatechin gallate	15.87	16.50	19.91
6	(-)-Epicatechin gallate	37.54	38.85	44.99
7	(-)-Catechin gallate	40.79	42.62	49.06

Peak numbers and retention times corresponding to Figure 1

Table 2 Contents of catechin and its derivatives in Assam and Chinese tea (mg/g of dw)

Sample	Content (mg/g DW)						
	GC	EGC	EC	EGCG	GCG	ECG	CG
Assam tea	12.43	5.85	11.16	6.03	6.05	3.07	3.07
Chinese tea	2.96	5.54	3.76	6.14	1.06	0.20	3.28

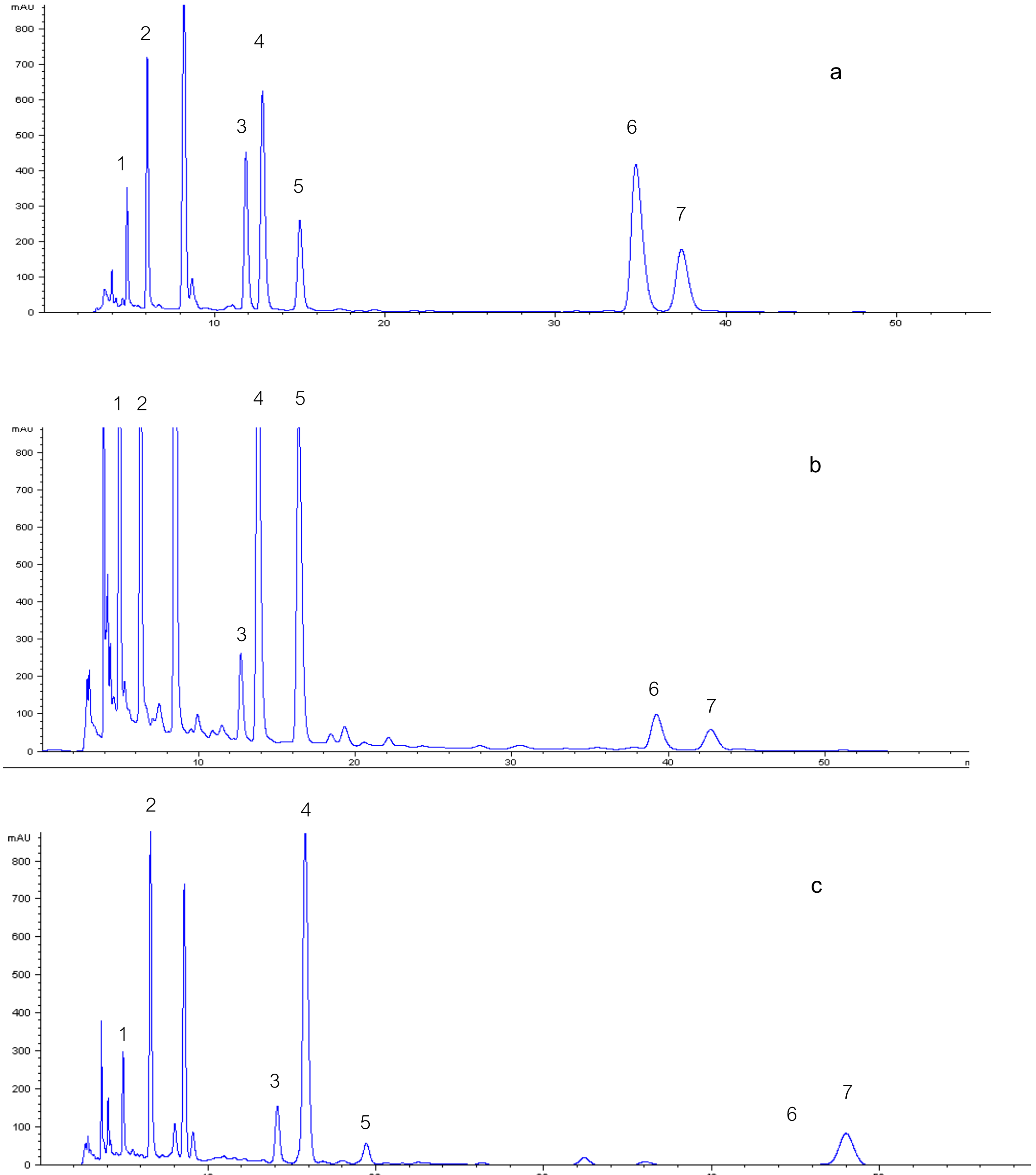


Figure 1 HPLC Chromatogeams of tea catechins (a) standard (b) Assam tea and (c) Chinese tea at 231 nm.
Peaks: 1, (+)-gallocatechin (GC); 2, (-)-epigallocatechin (EGC); 3, (-)-epicatechin (EC);
4, (-)-epigallocatechin gallate (EGCG); 5, (-)-gallocatechin gallate (GCG);
6, (-)-epicatechin gallate (ECG) and 7, (-)-catechin gallate (CG).

การวิเคราะห์สารประกอบ polyphenolics และสารให้สีจากใบ *Tiliacora triandra* (Diels)
Identification of Polyphenolic Compounds and Colorants from *Tiliacora triandra* (Diels) Leaves

ปานทิพย์ บุญส่ง[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Boonsong, P.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The purpose of this study was to investigate polyphenolic compounds and colorants from fresh leaves of *Tiliacora triandra* (Diels) extracted by 3 organic solvents; acetone, methanol, and ethanol for 24 hours. Acetone extraction gave the highest yield at 15.5% and ethanol and methanol extraction gave the lower yield at 14.2% and 13.3%, respectively. The extracts of three solvents were fractionation by column chromatography and their absorbance were monitored by spectrophotometry. It was found that the absorbance from all extracted fractions by three solvents absorbed both UV spectra at 200-274 nm and visible spectra at 400-665 nm. These spectra were the absorbance of polyphenolic compounds and colorants. Acetone extract was further separated with water:ethyl acetate (1:3) and the ethyl acetate fraction was identified by liquid chromatography-electrospray ionization-mass spectrometer (LC-ESI-MS). The major compounds represented polyphenolic compounds and colorants were *p*-hydroxybenzoic acid, minecoside, flavone glycoside cinnamic acids derivative, and monoepoxy-betacarotene.
Keywords: polyphenolic compounds, colorants, *Tiliacora triandra* (Diels), LC-ESI-MS

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารประกอบโพลีฟีนอล และสารให้สี (colorant) ที่สกัดจากใบสด *Tiliacora triandra* (Diels) โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ อะซิโตน เมทานอล และเอทานอล เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า สารสกัดด้วยอะซิโตนให้ %yield สูงสุด เท่ากับ 15.5% รองลงมาคือ เอทานอล และเมทานอล ให้ %yield เท่ากับ 14.2% และ 13.3% ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดมาแยก fraction โดยคอลัมน์โครมาโตรกราฟฟี และนำไปวัดค่า absorbance โดยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่าในทุก fraction ของสารสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด มีค่า absorbance ทั้งในช่วง UV (200-274 nm) และช่วง visible (400-665 nm) ซึ่งเป็นค่า absorbance สารประกอบโพลีฟีนอลและสารให้สี เมื่อนำสารสกัดที่สกัดด้วยอะซิโตนมาสกัดแยกด้วยน้ำกลั่น : เอทิลอะซิเตต (1:3) และนำชั้นของเอทิลอะซิเตตมาวิเคราะห์ด้วย liquid chromatography-electrospray ionization-mass spectrometer (LC-ESI-MS) เพื่อวิเคราะห์หาสารประกอบโพลีฟีนอล และสารให้สี พบสารประกอบหลัก ได้แก่ *p*-hydroxybenzoic acid, minecoside, flavone glycoside cinnamic acids derivative และ monoepoxy-betacarotene
คำสำคัญ: สารประกอบโพลีฟีนอล สารให้สี *Tiliacora triandra* (Diels) LC-ESI-MS

คำนำ

Tiliacora triandra (Diels) หรือย่านาง อยู่ในวงศ์ Menispermaceae เป็นพืชสมุนไพรท้องถิ่นของไทย มีลักษณะเป็นเถาไม้เลื้อยขนาดเล็ก ใบเดี่ยวเรียงแบบสลับ แผ่นใบรูปรี สีเขียวเข้ม พบในแหล่งธรรมชาติบริเวณป่าดงดิบและป่าโปร่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคอื่นๆ (Smitinand และ Larson, 1991) ย่านางมีรสจืด เถาและใบย่านางนิยมใช้ประกอบอาหารได้หลายชนิด นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติที่สำคัญเป็นพืชสมุนไพรใช้รักษาโรคได้โดยรากใช้แก้ไข้ได้ทุกชนิด รวมทั้งมีฤทธิ์ต้านเชื้อมาลาเรีย (Wiriyachitra และ Phuriyakorn, 1981; Fumio และคณะ, 1990) มีการศึกษาสารสำคัญใน *Tiliacora triandra* (Diels) พบว่ามีสาร alkaloids โดยเฉพาะสารพวก bisbenzylisoquinoline alkaloids ได้แก่ tiliacorinine, tiliacorine และ

[1]สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
83 หมู่ 8 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150
[1]Division of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi
83 Moo 8 Thakham, Bangkuntien, Bangkok 10150

nortiliacorinine (Wiriyachita และ Phuriyakorn, 1981) นอกจากนั้นยังพบสารพวก polysaccharides, beta-carotene, และแร่ธาตุ (แคลเซียมและเหล็ก) ด้วย แต่ยังไม่มีการรายงานสารประกอบโพลีฟีนอลใน *Tiliacora triandra* (Diels) ซึ่งสารกลุ่มโพลีฟีนอลเป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบเฉพาะในพืช สามารถต่อต้านหรือป้องกันโรคบางชนิดได้ โดยมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ tannins, lignans, และ flavonoids ซึ่งสารกลุ่มดังกล่าวบางชนิดเป็นสารให้สี (colorants) เช่น anthocyanins ให้สีแดงอมม่วง theaflavins และ thearubigins ให้สีน้ำตาลแกมส้ม (Cheynier, 2005) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารประกอบโพลีฟีนอล และสารให้สี (colorant) ที่สกัดจากใบสด *Tiliacora triandra* (Diels) โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด และนำสารสกัดที่ให้ปริมาณของสารสำคัญสูงที่สุดมาวิเคราะห์ด้วย liquid chromatography-electrospray ionization-mass spectrometer (LC-ESI-MS)

อุปกรณ์และวิธีการ

สกัดสารสำคัญจากใบสด *Tiliacora triandra* (Diels) โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ อะซิโตน เมทานอล และเอทานอล ในอัตราส่วน 1 ต่อ 4 เป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกรองและระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้ rotary evaporator (Büchi Rotavapor R200, Büchi Labortechnik AG, Switzerland) นำสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดมาคำนวณหาค่า %yield และวัดสีโดยใช้ the Royal Horticultural Society (RHS) Color Charts จากนั้นนำมาแยก fraction โดยเทคนิคคอลัมน์โครมาโตกราฟฟี ใช้ Silica gel 60 (70-230 mesh ASTM) (Merck,Germany) เป็น stationary phase และใช้ 60%methanol ในน้ำเป็น mobile phase นำแต่ละ fraction ไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (absorbance)โดยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-1601, Shimadzu corporation, Japan) (scanning visible range: 190 nm - 800 nm, range: -3.99A – 3.99A) นำสารสกัดที่สกัดด้วยอะซิโตนซึ่งให้ %yield สูงสุดมาศึกษาต่อโดยสกัดแยกชั้นด้วยน้ำกลั่น : เอทิลอะซิเตต (1:3) และนำชั้นของเอทิลอะซิเตตมาวิเคราะห์ด้วย liquid chromatography-electrospray ionization-mass spectrometer (LC-ESI-MS) (VARIAN ProStar, Varian, Inc., USA) เพื่อวิเคราะห์หาสารประกอบโพลีฟีนอล และสารให้สีที่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ โดยใช้คอลัมน์ Pinnacle II C18 (150 x 2.1 mm i.d., 5μm) (Restek Corporation, PA, USA) ใช้สภาวะของ HPLC เป็น gradient โดยใช้ water (solvent A) และ acetonitrile (solvent B) เป็น mobile phase เริ่มที่เวลา 0–1 min, 5-10% B; 1–30 min, 10–70% B; 30–40 min, 70% B; 40–43 min, 70–100% B; 43–50 min, 100% B; 50–55 min, 100-0% B; 55–60 min, 0% B ใช้ flow rate 0.3 ml/min, injection volume 10 μl, และใช้ detector เป็น mass spectrometer ion trap ร่วมกับ electrospray ionization (ESI) โดยใช้เป็น negative mode: $[M-H]^-$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดสารสำคัญจากใบสด *Tiliacora triandra* (Diels) โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ อะซิโตน เมทานอล และเอทานอล เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดด้วยอะซิโตนให้ %yield สูงสุด เท่ากับ 15.5% รองลงมาคือ เอทานอล และเมทานอล ให้ %yield เท่ากับ 14.2% และ 13.3% ตามลำดับ จากการวัดสีสารสกัดโดยใช้ RHS Color Charts พบว่าสารที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดให้สี black 202A และเมื่อวัดค่า absorbance ของสารที่สกัดจากตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงได้ในช่วงสีม่วง คราม เขียว ส้ม และแดง ซึ่งสีที่ตาสามารถมองเห็นจากสารสกัดทั้ง 3 ชนิดคือ สีเหลือง ส้ม แสด แดง น้ำเงิน และเขียว (Table 1) ซึ่งสอดคล้องว่า anthocyanins สามารถดูดกลืนคลื่นแสงได้ในช่วงสีเขียวและสีเหลือง ส่วน chlorophyll a และ b สามารถดูดกลืนคลื่นแสงได้ในช่วงสีแดงและสีน้ำเงิน และ carotenoids สามารถดูดกลืนคลื่นแสงได้ในช่วงสีม่วงและสีน้ำเงิน (Davies, 2004) แสดงว่าสารสกัดมีรงควัตถุเหล่านี้เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย และเมื่อนำสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดมาแยก fraction โดยใช้เทคนิคคอลัมน์โครมาโตกราฟฟีได้ 7 fraction และนำแต่ละ fraction ไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดโดยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Table 2) พบว่าในแต่ละ fraction ของสารที่สกัดด้วยอะซิโตนมีค่า absorbance ในช่วง 200-203, 401-413, และ 664-665 nm ส่วนของสารที่สกัดด้วยเมทานอลมีค่า absorbance ในช่วง 200-206, 272-274, และ 451 nm และค่า absorbance ของสารที่สกัดด้วยเอทานอลมีค่าอยู่ในช่วง 201-207, 268-272, 400 และ 662-664 nm ซึ่งมีค่า absorbance ทั้งในช่วง UV (200-274 nm) และช่วง visible (400-665 nm) ซึ่งเป็นค่า absorbance ของสารประกอบโพลีฟีนอล และสารให้สี (พิชญอร, 2548) จากนั้นนำสารสกัดที่สกัดด้วยอะซิโตนซึ่งให้ %yield สูงสุดมาศึกษาต่อโดยสกัดแยกชั้นด้วยน้ำกลั่น : เอทิลอะซิเตต (1:3) และนำชั้นของเอทิลอะซิเตตมาวิเคราะห์เพื่อวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอล และสารให้สีที่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ด้วย LC-ESI-MS พบสารประกอบหลัก ได้แก่ *p*-hydroxybenzoic acid (white), minecoside, flavone glycoside cinnamic acids derivative, monoepoxy-

betacarotene, santonin (yellow), protopseudohypericin, 3-O-methylluteolin glucoside malonylated, 3-demethoxy-9α-hydroxyligballinol-O-glucoside, และ flavanone glycoside (Table 3 และ Figure 1)

Table 1 %Yield, color, and absorbance of extracted from fresh leaves of *Tiliacora triandra* (Diels) with different solvents.

Plants	Solvents	%Yield	Color	Absorbance (nm)
Ya-nang	acetone	15.5	black 202A	380, 395, 405, 445, 475, 505, 535, 560, 610, 660, 675
(*Tiliacora triandra*	methanol	13.3	black 202A	380, 405, 425, 475, 505, 535, 565, 615, 675
(Diels)	ethanol	14.2	black 202A	365, 380, 395, 425, 450, 530, 555, 605, 660

Table 2 UV-visible absorption data of fractions from fresh leaves of *Tiliacora triandra* (Diels).

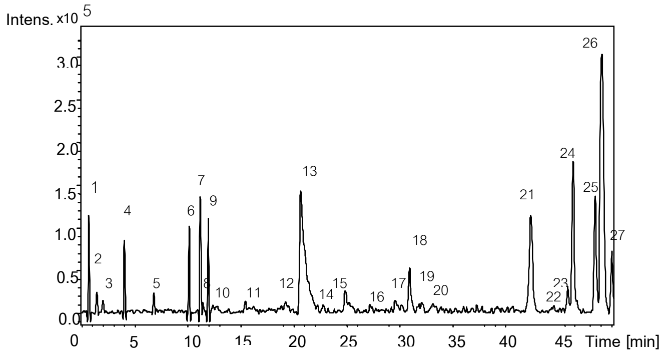
Plants	Total Fractions	No. of Fraction	Absorbance (nm)		
			Acetone	Methanol	Ethanol
Ya-Nang (*Tiliacora triandra* (Diels))	7	1	202	200	201
		2	202, 413, 665	201	201, 271, 663
		3	202, 412, 664	201	202, 271, 664
		4	203, 401, 664	204, 272	207, 271, 663
		5	200, 665	206, 274, 451	202, 272, 662
		6	201, 665	201, 273	202, 664
		7	201, 664	201	201, 268, 400, 664

Table 3 Characteristic data and contents of polyphenol compounds from fresh leaves of *Tiliacora triandra* (Diels).

No.	RT (min)	Compounds	$[M-H]^-$ (m/z)
1	0.8	santonin	244
2	1.5	unknown compound	648, 564, 448, 431, 372, 243
3	2.1	protopseudohypericin	766, 548, 519, 499, 389, 204
4	4.1	unknown compound	644
5	6.8	3-O-methylluteolin glucoside malonylated	547, 503, 475, 445, 371, 204
6	10.2	unknown compound	700
7	11.2	monoepoxy-betacarotene	620
8	11.5	3-demethoxy-9α-hydroxyligballinol-O-glucoside	665, 472, 431, 306, 285, 271, 181
9	12.0	unknown compound	416
10	12.9	unknown compound	747, 613, 513, 500, 448, 327, 270, 220, 192
11	15.5	unknown compound	731, 526, 379, 340, 312, 297, 178
12	19.2	flavanone glycoside	576, 552, 427, 392, 347, 317, 277, 221
13	20.7	minecoside	537.2
14	22.8	unknown compound	739, 701, 573, 551, 537, 501, 420, 375, 198
15	24.9	minecoside	537.1
16	27.2	unknown compound	699, 627, 537, 503, 489, 415, 375, 317, 291, 239, 194, 171, 149, 131
17	29.5	unknown compound	757, 601, 551, 527, 307
18	30.9	flavone glycoside cinnamic acids derivative	559, 513, 277
19	32.1	unknown compound	673, 541, 441, 352, 295, 271
20	33.1	unknown compound	539, 436, 317, 277
21	42.3	unknown compound	577, 345, 277

Table 3 Characteristic data and contents of polyphenol compounds from fresh leaves of *Tiliacora triandra* (Diels) (continued).

No.	RT (min)	Compounds	[M-H]$^-$ (m/z)
22	44.5	unknown compound	653, 401, 361, 323, 281
23	45.8	unknown compound	578, 345, 277
24	46.3	unknown compound	279
25	48.3	unknown compound	379, 347, 279
26	49.0	*p*-hydroxybenzoic acid	355, 281, 255
27	49.9	*p*-hydroxybenzoic acid	281



Remark: 1-27 were identified compound numbers from No. in Table 3

Figure 1 LC-ESI-MS chromatogram of polyphenol compounds from fresh leaves of *Tiliacora triandra* (Diels).

สรุปผล

สารสกัดจากใบสด *Tiliacora triandra* (Diels) ที่สกัดด้วยอะซิโตนให้ %yield สูงสุด รองลงมาคือสารสกัดที่สกัดด้วยเอทานอล และเมทานอล ตามลำดับ ให้สี black 202A และสามารถดูดกลืนคลื่นแสงได้ในช่วงสีม่วง คราม เขียว ส้ม และแดง นำสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดมาแยก fraction พบว่ามีค่า absorbance ในช่วง UV และช่วง visible แสดงว่าสารที่สกัดได้มีองค์ประกอบเป็นสารประกอบโพลีฟีนอล และสารให้สี เมื่อนำสารสกัดที่สกัดด้วยอะซิโตนมาสกัดแยกด้วยน้ำกลั่น : เอทิลอะซิเตต (1:3) และนำชั้นของเอทิลอะซิเตตมาวิเคราะห์ด้วย LC-ESI-MS พบสารประกอบหลัก ได้แก่ *p*-hydroxybenzoic acid, minecoside, flavone glycoside cinnamic acids derivative และ monoepoxy-betacarotene

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) และคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีที่ให้การสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล, 2548, การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลิกของพืชแนวใหม่ โดยพิจารณาการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดในช่วงอุลตร้าไวโอเล็ต, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 3: 47-65.

Cheynier, V., 2005, Polyphenols in Foods are More Complex Than Often Thought, The American journal of clinical nutrition, 81(1 Suppl): 223S-229S.

Davies, K.M., 2004, Plant Pigments and Their Manipulation, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK, 352 p.

Fumio, I., Supanee, D., Naoko, K., Yuichi, F., Masaki, A., Nijsiri, R., and Isamu, M., 1990, Chemical and Biological Studies on Some Thai Medicinal Plants, Journal of the Science Society of Thailand, 16: 25-31.

Smitinand, T., and Larsen, K., 1991, Flora of Thailand (Vol. 5 Part 3), The Forest Herbarium, Royal Forest Department, The Chutima Press, Bangkok, Thailand.

Wiriyachitra, P., and Phuriyakorn, B., 1981, Alkaloids of *Tiliacora triandra*, Australian Journal of Chemistry, 34: 2001-2004.

ผลผลิตและคุณภาพวุ้นสาหร่ายสกุลกราซิลาเรียจากอ่าวปัตตานี

Yield and Quality of Agar from *Gracilaria* spp. from Pattani Bay

อมมี เบญจมะ[1] ศิริรัตน์ เวชกุล[1] และ พายัพ มาศนิยม[1]
Benjama, O.[1], Wetchakul, S.[1], and Masniyom, P.[1]

Abstract

Yield and physico-chemical properties of agar extracted from *Gracilaria fisheri* and *G. tenuistipitata*, harvested from Pattani bay for 4 months were investigated. Yield, gel strength, gelling temperature, melting temperature, 3,6-anhydrogalactose and nitrogen content of agar from two species varied significantly among harvested months ($P \leq 0.01$). The agar yield of *G. fisheri* and *G. tenuistipitata* was maximum in March 2006 (48.1%) and in October 2006 (43.7%), respectively. Gel strength, gelling temperature and melting temperature of agar from two *Gracilaria* fluctuated from 110.6 to 341.7 g.cm^{-2}, 37.3^{O}C to 45.8^{O}C and and 53.9^{O}C to 89.2^{O}C, respectively. The maximum gel strength of agar from *G. fisheri* and *G. tenuistipitata* occurred in December 2006 and January 2007, respectively. Agar yield of *G. fisheri* resulted in a negative correlation with gel strength, gelling and melting temperature but gel strength of agar from two seaweeds showed a positive correlation with melting temperature. The quality of agar from two seaweeds were similar to other agarophytes, thus, both seaweeds would be a potential for commercial sources of agar production.

Keywords: *Gracilaria* spp., agar, yield, quality

บทคัดย่อ

การศึกษาผลผลิตและสมบัติทางเคมีกายภาพของวุ้นสกัดจากสาหร่าย *Gracilaria fisheri* และ *G. tenuistipitata* ที่เก็บเกี่ยวจากอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี จำนวน 4 เดือน พบว่า ผลผลิต ความแข็งแรงของเจล อุณหภูมิในการเกิดเจล และการหลอมเหลว ปริมาณ 3,6-anhydrogalactose และไนโตรเจน ของวุ้นจากสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด แปรตามเดือนที่เก็บเกี่ยวสาหร่าย ($P \leq 0.01$) โดยวุ้นสกัดจาก *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* ที่เก็บในเดือนมีนาคม ปี 2549 (47.1%) และเดือนตุลาคม ปี 2549 (42.6%) ให้ผลผลิตสูงสุด ตามลำดับ ส่วนความแข็งแรงของเจล อุณหภูมิในการเกิดเจลและการหลอมเหลวของวุ้นสกัดจากสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 110.6 - 341.7 g.cm^{-2}, 37.3^{O} - 45.8^{O}C และ 53.9^{O} - 89.2^{O}C ตามลำดับ ทั้งนี้วุ้นจาก *G. fisheri* ที่เก็บในเดือนธันวาคม ปี 2549 และ *G. tenuistipitata* ที่เก็บในเดือนมกราคม ปี 2550 มีความแข็งแรงสูงสุด การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของวุ้นที่สกัดจาก *G. fisheri* พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคผกผันกับความแข็งแรงของเจล อุณหภูมิในการเกิดเจลและการหลอมเหลว แต่ความแข็งแรงของเจลวุ้นจากสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด แปรตามอุณหภูมิการหลอมเหลวของเจล วุ้นสกัดจากสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด มีคุณภาพใกล้เคียงกับวุ้นสกัดจากสาหร่ายวุ้นชนิดอื่นและมีศักยภาพเป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตวุ้นที่มีมูลค่าเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: กราซิลาเรีย วุ้น ผลผลิต คุณภาพ

คำนำ

วุ้นหรืออะการ์ (agar) เป็นพอลิแซกคาไรด์ที่สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง (red seaweeds) วงศ์ Rhodophyceae ได้แก่ สาหร่ายสกุล *Gelidium*, *Gracilaria* และ *Pterocladia* spp. อะการ์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ อะกาโรส หรือ อากาแรน ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นเจลได้ดี และส่วนของอะกาโรเพคตินจะเป็นพอลิเมอร์ที่มีซัลเฟต ให้เจลที่มีความแข็งแรงต่ำกว่า (Lahaye และ Yaphe, 1988) ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้วุ้นในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาหาร ยา เครื่องสำอาง การวิจัยทางชีววิทยาและ การแพทย์ ทำให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเชิงพาณิชย์ (Armisen, 1995) ทั้งนี้คุณภาพของวุ้นพิจารณาจากผลผลิต ความแข็งแรงของเจล สมบัติกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของวุ้น คุณภาพของวุ้นเหล่านี้ขึ้นกับปัจจัย ได้แก่ ชนิดของ

[1]ภาควิชา เทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000
[1]Department of Technology and Industry, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Muaeng, Pattani, 94000 Thailand

สาหร่าย ฤดูกาลเก็บเกี่ยว สภาพแวดล้อม วิธีการสกัดวุ้น วงจรชีวิตและการเจริญเติบโตของสาหร่ายด้วย (Marinho-Soriano และ Bourret, 2003) ด้วยเหตุนี้จึงมีการศึกษาสมบัติของสารไฟโคคอลลอยด์ (phycocolloid) อย่างแพร่หลายเพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ สำหรับในประเทศไทย พบว่า มีสาหร่ายสกุล *Gracilaria* บริเวณทะเลฝั่งตะวันออกในจังหวัดสงขลาและปัตตานี ทั้งนี้ชนิดที่พบมากในบริเวณอ่าวปัตตานี ได้แก่ *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* ประชากรในท้องถิ่นนิยมนำสาหร่ายชนิดนี้มารับประทานเป็นยำหรือผักลวกจิ้มน้ำพริก แต่ยังไม่ให้ความสำคัญในการใช้ประโยชน์จากการสกัดวุ้น เนื่องจากข้อมูลด้านคุณภาพของวุ้นสกัดจากสาหร่าย *Gracilaria* spp. ที่มีในจังหวัดปัตตานียังมีปรากฏอยู่น้อย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาผลผลิต สมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของวุ้นสกัดจาก *Gracilaria fisheri* และ *G. tenuistipitata* ที่เก็บเกี่ยวจากแม่น้ำยะหริ่งซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่อ่าวปัตตานี และศึกษาผลของเดือนที่เก็บเกี่ยวสาหร่ายต่อคุณภาพของวุ้น ผลจากการวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาคุณภาพวุ้นและใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สาหร่าย *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* เก็บเกี่ยวจากแม่น้ำยะหริ่ง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี จำนวน 4 เดือน โดย *G. fisheri* เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม สิงหาคม พฤศจิกายน และ ธันวาคม ปี 2549 และ *G. tenuistipitata* เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม ตุลาคม ธันวาคม ปี 2549 และมกราคม ปี 2550 นำมาล้างทำความสะอาดตากแดดจนสาหร่ายมาสีซีดนำไปอบแห้งและเก็บในถุงพลาสติก ขั้นตอนการสกัดวุ้น ใช้สาหร่ายแห้งในอัตราส่วน 20 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร บรรจุในขวดทนความร้อน สกัดโดยใช้หม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 $^{\circ}$C เป็นเวลา 15 นาที เมื่อได้สารละลายวุ้นนำมากรองแยกกากออกโดยใช้ผ้าขาวบาง ทิ้งให้เย็นเพื่อให้วุ้นเกิดเจล นำวุ้นไปแช่แข็งในตู้ทำความเย็นอุณหภูมิ -20 $^{\circ}$C จากนั้นนำมาทำละลายและแยกเอาน้ำออก นำวุ้นไปทำแห้งในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C นาน 24 ชั่วโมง จนมีความชื้นร้อยละ 7.0±0.5 เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ศึกษาผลผลิตวุ้นโดยคำนวณเทียบกับร้อยละของน้ำหนักสาหร่ายแห้ง และวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของวุ้น ได้แก่ การวัดความแข็งแรงของเจลของสารละลายวุ้นความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ผ่านการเซ็ทตัวเป็นเจลที่อุณหภูมิห้อง (30±2 $^{\circ}$C) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง texture analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) ศึกษาอุณหภูมิในการเกิดเจลและการหลอมเหลวเจล (Murano และคณะ,1992) วิเคราะห์ปริมาณ 3,6-anhydrogalactose และซัลเฟต โดยวิธี Infrared spectrophotometry โดยคำนวณอัตราส่วนสัมพัทธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 930 ต่อ 2920 cm^{-1} และ 1250 ต่อ 2920 cm^{-1} ตามลำดับ (Lahaye และ Yaphe, 1988) และวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนตามวิธีการของ AOAC (1990) นำผลการศึกษามาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมบัติของวุ้นจากสาหร่ายที่เก็บแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan's new multiple range test และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลผลิตและสมบัติของวุ้นสกัดจากสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวสาหร่าย 4 ครั้ง (table 1) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับวุ้นสกัดจาก *G. tikvahiae* (Lopez-Bautista และ Kapraum, 1995), *G. eucheumoides* (Villanueva และคณะ, 1999), *G. vermiculophylla* (Mollet และคณะ, 1998) และ *G. bursa-patoris* (Marinho-Soriano และ Bourret, 2003) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Table 1) ของสมบัติของวุ้นสกัดจากสาหร่ายที่เก็บเกี่ยวในเดือนต่างๆ พบว่า ผลผลิต ความแข็งแรงของเจล อุณหภูมิในการเกิดเจลและการหลอมเหลว ปริมาณ 3,6-anhydrogalactose และไนโตรเจน พบว่า มีความผันแปรตามเดือนที่เก็บเกี่ยวสาหร่าย ($P \leq 0.01$) ส่วนปริมาณซัลเฟตมีความผันแปรในวุ้นสกัดจากจาก *G. tenuistipitata* (Table1) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและเคมีต่างๆ ของวุ้น แสดงใน table 2 และ 3

เมื่อพิจารณาคุณภาพวุ้นสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด พบว่า วุ้นสกัดจาก *G. fisheri* ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม ปี 2549 ให้ผลผลิตสูงสุด (ร้อยละ 47.1) และต่ำสุด (ร้อยละ 32.2) ในเดือนพฤศจิกายน ปี 2549 ส่วนวุ้นที่สกัดจาก *G. tenuistipitata* ให้ผลผลิตสูงสุด (ร้อยละ 42.6) ในเดือนตุลาคม ปี 2549 และต่ำสุดในเดือนมกราคม ปี 2550 (ร้อยละ 21.3) ทั้งนี้เนื่องจากในเดือนมีนาคมเป็นช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิของน้ำมีค่าสูง ส่งผลเร่งการสังเคราะห์วุ้นในสาหร่ายได้ดีกว่าในเดือนอื่นๆ ที่มีอุณหภูมิน้ำต่ำกว่า (Marinho-Soriano และ Bourret, 2003) แต่พบว่า วุ้นสกัดจาก G. *fisheri* ที่เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม ปี 2549 ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน มีความแข็งแรงของเจลและอุณหภูมิของการหลอมเหลวของเจลสูงสุด เท่ากับ 337.1 g cm^{-2} และ 83.9 $^{\circ}$C ใกล้เคียงกับวุ้นสกัดจาก *G. tenuistipitata* ที่เก็บเกี่ยวเดือนมกราคม ปี 2550 ที่พบว่ามีความแข็งแรงของเจลและอุณหภูมิของการหลอมเหลวของเจลสูงสุดเช่นกัน โดยมีค่า 341.7 g cm^{-2} และ 89.2 $^{\circ}$C ตามลำดับ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต

ของวุ้นที่สกัดจาก *G. fisheri* พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคผกผันกับความแข็งแรงของเจล อุณหภูมิในการเกิดเจลและการหลอมเหลว แต่ความแข็งแรงของเจลวุ้นจากสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด แปรตามอุณหภูมิการหลอมเหลวของเจล รวมทั้งปริมาณ 3,6-anhydrogalactose ทั้งนี้อุณหภูมิในการเกิดเจลและการหลอมเหลวในวุ้นที่สกัดจาก G. *fisheri* ยังแปรตามปริมาณไนโตรเจน ข้อมูลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ผลผลิตและสมบัติของวุ้นมีความผันแปรขึ้นกับชนิดของสาหร่าย ช่วงเวลาหรือฤดูกาลที่เก็บเกี่ยวสาหร่าย และสภาวะสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bird (1988), Lahaye และ Yaphe (1988), Villanueva และคณะ (1999) และ Marinho-Soriano และ Bourret (2005)

Table 1 Agar yield and some physical and chemical properties and ANOVA results for 4 studied times

	Mean ± S.D. (n=12)	Range	ANOVA	
		(Min-Max)	F	Probability
Agar from G. fisheri				
Yield (%)	38.3 ± 5.84	31.6-48.1	176.93	<0.001
Gel strength (g cm^{-2})	226.2 ± 76.87	110.6-337	247.81	<0.001
Gelling temperature (^{O}C)	43.3 ± 3.61	37.3-45.8	1680.47	<0.001
Melting temperature (^{O}C)	74.7 ± 12.61	53.9-83.9	8748.02	<0.001
3,6-anhydrogalactose	0.728 ± 0.060	0.665-0.837	10.36	<0.05
Sulfate	0.784 ± 0.047	0.741-0.889	1.86	0.214
N (%)	0.870 ± 0.327	0.413-1.304	1772.80	<0.001
Agar from G. tenuistipitata				
Yield (%)	31.5 ± 8.33	20.7-43.7	79.33	<0.001
Gel strength (g cm^{-2})	245.2 ± 82.46	117.7-341.7	176.60	<0.001
Gelling temperature (^{O}C)	40.0 ± 1.18	38.7-41.9	3080.67	<0.001
Melting temperature (^{O}C)	81.7 ± 5.82	73.3-89.2	5965.80	<0.001
3,6-anhydrogalactose	0.73 ± 0.0625	0.654-0.830	139.70	<0.001
Sulfate	0.76 ± 0.048	0.691-0.823	50.46	<0.001
N (%)	0.96 ± 0.271	0.644-1.380	848.33	<0.001

Table 2 Correlations coefficient between yield, physical and chemical properties of agar extracted From *G. fisheri*.

	GS	GT	MT	AG	SO_4	N
Yield	-0.802**	-0.880**	-0.885**	-0.226	-0.207	-0.574
Gel strength (GS)		0.852**	0.911**	0.644*	0.548	0.515
Gelling temperature (GT)			0.991**	0.228	0.251	0.856**
Melting temperature (MT)				0.339	0.325	0.797**
3,6-anhydrogalactose (AG)					0.697*	-0.121
Sulfate (SO_4)						0.041

**, * Correlation is significant at the 0.01 and 0.05 level, respectively.

Table 3 Correlations coefficient between yield, physical and chemical properties of agar extracted From *G. tenuistipitata.*

	GS	GT	MT	AG	SO_4	N
Yield	-0.392	0.529	-0.505	0.456	0.180	-0.518
Gel strength (GS)		0.549	0.986**	0.615*	0.791**	0.421
Gelling temperature (GT)			0.445	0.979**	0.906**	-0.117
Melting temperature (MT)				0.522	0.721**	0.495
3,6-anhydrogalactose (AG)					0.917**	0.039
Sulfate (SO_4)						0.149

**, * Correlation is significant at the 0.01 and 0.05 level, respectively.

สรุปผล

สาหร่าย *G. fisheri* และ *G. tenuistipitata* มีศักยภาพเป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตวุ้นที่มีมูลค่าเชิงพาณิชย์ โดยคุณภาพของวุ้นสกัดที่ได้ใกล้เคียงกับวุ้นสกัดจากสาหร่ายวุ้นชนิดอื่น ทั้งนี้ผลผลิตและสมบัติของวุ้นมีความผันแปรขึ้นกับ ชนิดของสาหร่าย ช่วงเวลาหรือฤดูกาลที่เก็บเกี่ยวสาหร่าย จึงควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมด้านปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพวุ้นและการพัฒนาคุณภาพวุ้นเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนงบดำเนินการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ประจำปี 2549

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Armisen, R., 1995, World-wide Use and Importance of *Gracilaria*, Journal of Applied Phycology, 7: 231–243.

Bird, K.T., 1988, Agar Production and Quality from *Gracilaria* sp. Strain G-16: Effects of Environmental Factors, Botanica Marina, 31: 33–39.

Lahaye, M. and Yaphe, W., 1988, Effects of Seasons on the Chemical Structure and Gel Strength of *Gracilaria pseudoverrucosa* Agar (Gracilariaceae, Rhodophyta), Carbohydrate Polymers, 8: 285–301.

Lopez-Bautista, J. and Kapraun, D.F., 1995, Agar Analysis Nuclear Genome Quantication and Characterization of Four Agarophytes (*Gracilaria*) from the Mexican Gulf Coast, Journal of Applied Phycology, 2: 237–279.

Marinho-Soriano, E. and Bourret, E., 2003, Effect of Season on the Yield and Quality of Agar from *Gracilaria* Species (Gracilariaceae, Rhodophyta), Bioresource Technology, 90: 329-333.

Marinho-Soriano, E. and Bourret, E., 2005, Polysaccharide from the Red Seaweed *Gracilaria dura* (Gracilariales, Rhodophyta), Bioresource Technology, 96: 379-382.

Mollet, J.C., Rahaoui, A. and Lemoine, Y., 1998, Yield Chemical Composition and Gel Strength of Agarocolloids of *Gracilaria gracilis*, *Gracilariopsis longissima* and the Newly Reported *Gracilaria cf. vermiculophylla* from Roscoff (Brittany, France), Journal of Applied Phycology, 10: 59–66.

Murano, E., Toffanin, R., Zanetti, F., Knutsen, S.H., Paoletti, S. and Rizzo, R., 1992, Chemical and Macromolecular Characterization of Agar Polymers from *Gracilaria dura* (*C. Agardh*) *J. Agardh* (Gracilariaceae, Rhodophyta). Carbohydrate Polymers, 8: 171–178.

Villanueva, R.D., Montano, N.E., Romero, J.B., Aliganga, A.K.A. and Enriquez, E.P., 1999, Seasonal Variations in the Yield, Gelling Properties and Chemical Composition of Agars from *Gracilaria eucheumoides* and *Gelidiella acerosa* (Rhodophyta) from Philippines, Botanica Marina, 42: 175–182.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 21-24 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 21-24 (2552)

ผลของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง 6 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของคะน้า

Effects of Six Crude Extracts from Zingiberaceae on Growth of Chinese Kale

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] และ วริสรา ปลื้มฤดี[1]
Sawatdikarn, S.[1] and Plumrudeel, W.[1]

Abstract

Rhizome of six Zingiberaceae: chinese keys (*Boesenbergia pandurata*), greater galangal (*Alpinia galangal*), cassumunar ginger (*Zingiber cassumunar*), turmeric (*Curcuma longa*), bastard cardamom (*Amomum xanthioides*) and ginger (*Zingiber officinale*) were extracted by ethanol and used at 0, 10, 20, 30 and 40 mg/ml. for a biological activity test. The six Zingiberaceae extracts were tested on the growth inhibition of chinese kale *(Brassica alboglabra*). Stem height, leaf width, leaf length and number of leaves were recorded. The results showed that crude extracts at 40 mg/ml of greater galangal, turmeric, bastard cardamom and ginger reached the highest inhibition of growth on chinese kale. For inhibition of chinese keys and cassumunar ginger crude extracts, the concentration at 10, 20 30 and 40 mg/ml inhibited the chinese kale, and there were not significantly different from control treatment, whereas the bastard cardamom and ginger crude extracts at 30 and 40 mg/ml had inhibited the growth of chinese kale significantly different compared to control treatment. A raise of concentration of bastard cardamom and ginger crude extracts resulted in the decreasing on growth of chinese kale.

Keywords: Zingiberaceae, growth, chinese kale, crude extracts

บทคัดย่อ

ทำการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากลำต้นใต้ดินของพืชวงศ์ขิง 6 ชนิด คือ กระชาย *(Boesenbergia pandurata*) ข่า *(Alpinia galangal*) ไพล *(Zingiber cassumunar*) ขมิ้น *(Curcuma longa*) เร่วหอม *(Amomum xanthioides*) และขิง *(Zingiber officinale*) สกัดด้วยเอทานอลที่มีความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0, 10, 20, 30 และ 40 มก./มล. ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของคะน้า โดยการวัดการเจริญเติบโต 4 ลักษณะ คือ ความสูง ความกว้างใบ ความยาวใบ และจำนวนใบ ผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากข่า ขมิ้น เร่วหอม และขิง ที่มีความเข้มข้น 40 มก./มล. สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของคะน้าได้มากที่สุด ส่วนการยับยั้งการเจริญเติบโตของสารสกัดจากกระชายและไพล พบว่า สารสกัดจากกระชายและไพล ที่มีความเข้มข้น 10, 20, 30 และ 40 มก./มล. มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของคะน้าไม่แตกต่างทางสถิติจากการไม่ให้สารสกัด ส่วนสารสกัดของเร่วหอมและขิงที่ระดับความเข้มขัน 30 และ 40 มก./มล. สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของคะน้าได้ แตกต่างจากการไม่ให้สารสกัด การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากเร่วหอมและขิงทำให้การการเจริญเติบโตของคะน้าลดลง

คำสำคัญ: พืชวงศ์ขิง การเจริญเติบโต คะน้า สารสกัดจากพืช

คำนำ

แอลลีโลพาธี (allelopathy) ของพืชมีการศึกษาอย่างกว้างขวางทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ โดยมีการศึกษาในพืชปลูกและวัชพืชที่มีศักยภาพในการสร้างสารแอลลีโลแคมิคอลที่มีผลทำให้พืชทดสอบถูกยับยั้งการงอก และการเจริญเติบโต สำหรับพืชที่มีการศึกษาแอลลีโลพาธีต่อพืชปลูกและวัชพืชมีหลายวงศ์ด้วยกัน ได้แก่ วงศ์หญ้า (Poaceae) เช่น การใช้สารสกัดจากหญ้าดอกขาวต่อวัชพืชและพืชปลูก 6 ชนิด (ศานิต, 2552) การใช้สารสกัดจากเปลือกเมล็ดข้าวต่อหญ้าข้าวนก (Chung, 2004) การใช้สารสกัดจากหญ้าแพรกและหญ้าจอห์นสันต่อพืชปลูก 2 ชนิด คือ ฝ้ายและข้าวโพด (Vasilakoglou และคณะ, 2005) และการใช้สารสกัดจากข้าวไรย์เพื่อควบควบคุมวัชพืชในแปลงปลูกมะเขือเทศ (Smeda และ Weller, 1996) วงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) เป็นพืชอีกวงศ์หนึ่งที่มีการศึกษาแอลลีโลพาธี อย่างกว้างขวาง เช่น สารสกัดจากใบของสาบหมา (ศิริพร และชอุ่ม, 2537) สารสกัดจากใบสาบเสือ (Sahid และ Sagau,1993) และสารสกัดจากใบสาบแร้งสาบกา (Nakamura

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000
[1]Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya,13000

และ Nemoto, 1993) และสารสกัดจากใบของ *Pluchea lanceolata* (Inderjit และ Sakshini, 1996) ผลการทดลองพบว่า การใช้สารสกัดจากใบของพืชวงศ์ทานตะวันทุกชนิด ทำให้พืชปลูกและวัชพืชถูกยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังมีการศึกษาแอลลีโลพาธีของทั้งพืชวงศ์หญ้าและวงศ์ทานตะวันร่วมกันในการควบคุมวัชพืช downy brome ซึ่งเป็นวัชพืชที่มีความสำคัญในการปลูกข้าวสาลี พบว่า พืชทั้งสองวงศ์สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของ downy brome ได้ (Machado, 2007) จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาแอลลีโลพาธีอย่างกว้างขวางในพืชวงศ์หญ้าและวงศ์ทานตะวัน แต่สำหรับการศึกษาแอลลีโลพาธีและผลของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง (zingiberaceae) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชปลูกและวัชพืชยังมีน้อย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้พืชวงศ์ขิงเพื่อควบคุมโรคพืช เช่น การควบคุมโรคที่ติดมากับเมล็ด หรือโรคหลังการเก็บเกี่ยว การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง 6 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของคะน้าและเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาสารสกัดจากพืชวงศ์ขิงในการควบคุมวัชพืชต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ดำเนินการที่ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน 2551 เป็นการทดสอบผลของสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง จำนวน 6 ชนิด คือ กระชาย *(Boesenbergia pandurata)* ข่า *(Alpinia galangal)* ไพล *(Zingiber cassumunar)* ขมิ้น *(Curcuma longa)* เร่วหอม *(Amomum xanthioides)* และขิง *(Zingiber officinale)* สกัดด้วยเอทานอลที่มีความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0, 10, 20, 30 และ 40 มก./มล. ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของคะน้าที่อายุ 14 วันหลังย้ายกล้า โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 4 ซ้ำ เมื่อคะน้ามีอายุ 14 วันหลังปลูก วัดการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะ คือ ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ การเจริญเติบโตของคะน้าเปรียบเทียบผลการทดลองด้วยวิธี DMRT สำหรับการทดสอบการเจริญเติบโตของคะน้าดำเนินการตามวิธีของ AOSA (2002)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบสารสกัดจากพืชวงศ์ขิง 6 ชนิด คือ กระชาย ข่า ไพล ขมิ้น เร่วหอม และขิง ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของคะน้า จำนวน 4 ลักษณะ คือ ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ พบว่า สารสกัดจำนวน 4 ชนิด คือ ข่า ขมิ้น เร่วหอม และขิง ทำให้ความสูงของต้นคะน้าแตกต่างทางสถิติกับสภาพควบคุมที่มีความสูง 15.73 ซม. โดยสารสกัดจากข่าและขมิ้นที่ระดับความเข้มข้น 40 มก./มล. ให้ต้นกล้ามีความสูง 10.50 และ 8.16 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดจากเร่วหอมที่ระดับความเข้มข้น 30 และ 40 มก./มล. ให้ต้นกล้ามีความสูง 8.15 และ 8.00 ซม. ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากขิงที่มีความเข้มข้น 30 และ 40 มก./มล ให้ต้นกล้ามีความสูง10.40 และ 7.70 ตามลำดับ ส่วนพืชอีก 2 ชนิด คือ กระชายและไพล ไม่มีผลต่อความสูงของต้นกล้าคะน้าโดยการให้สารสกัดทุกระดับความเข้มข้นให้ต้นกล้ามีความสูงไม่แตกต่างทางสถิติกับสภาพควบคุม (Table 1) เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตในด้านจำนวนใบของคะน้าที่ได้รับสารสกัดจากพืชทั้ง 6 ชนิด พบว่า คะน้าที่ได้รับสารสกัดจากขมิ้นที่มีความเข้มข้น 40 มก./มล สารสกัดจากเร่วหอมทุกระดับความเข้มข้น และสารสกัดจากขิงที่ระดับ 20 30 และ 40 มก./มล มีจำนวนใบแตกต่างทางสถิติกับสภาพควบคุม (Table 1) และยังพบว่า คะน้าที่ได้รับสารสกัดจากกระชาย ข่า และไพลทุกระดับความเข้มข้นมีความสูงไม่แตกต่างทางสถิติกับสภาพควบคุม แสดงว่า สารสกัดจากขมิ้น เร่วหอม และขิงเท่านั้นที่มีผลทำให้คะน้ามีจำนวนใบแตกต่างจากสภาพควบคุม ในขณะที่สารสกัดอีก 3 ชนิด ไม่มีผลต่อจำนวนใบ คือ สารสกัดจากกระชาย ข่า และไพล (Table 1) และเมื่อวัดการเจริญเติบโตของคะน้าจำนวน 2 ลักษณะคือ ความกว้างใบและความยาวใบที่ได้รับสารสกัดต่างกัน พบว่า การเจริญเติบโตของคะน้าในด้านความกว้างใบเป็นไปในทำนองเดียวกับด้านจำนวนใบที่สารสกัดจากขมิ้น เร่วหอม และขิงเท่านั้นที่ทำให้ความกว้างใบแตกต่างทางสถิติกับสภาพควบคุม สำหรับความเข้มข้นที่ทำให้ความกว้างใบของคะน้าลดลงจากสภาพควบคุม คือ สารสกัดจากขมิ้นและเร่วมหอมที่มีความเข้มข้น 30 และ 40 มก./มล. และสารสกัดจากขิงที่มีความเข้มข้น 40 มก./มล. ส่วนการเจริญเติบโตด้านความยาวใบ พบว่า คะน้าที่ได้รับสารสกัดจากเร่วหอมและขิงทุกระดับความเข้มข้นมีความยาวใบแตกต่างทางสถิติกับสภาพควบคุม (Table 1) จากการทดลองนี้พบว่า สารสกัดจากข่า ขมิ้น เร่วหอม และขิง มีผลต่อการเจริญของคะน้า ส่วนสารสกัดจากกระชายและไพลไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของคะน้า

สารสกัดจากข่าและ ขมิ้น ที่มีความเข้มข้น 40 มก./มล. และสารสกัดจากเร่วหอม และขิง ที่มีความเข้มข้น 30 และ 40 มก./มล. สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของคะน้าในด้านความสูงต้นแตกต่างทางสถิติกับสภาพควบคุม ในทำนองเดียวกันสารสกัดจากข่า ขมิ้น เร่วหอมและขิงก็มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของคะน้าในอีก 3 ลักษณะด้วย คือ จำนวนใบ ความกว้างใบและความยาวใบ (Table 1) จากการทดลองนี้พบว่า เมื่อให้สารสกัดจากเร่วหอม และขิงมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นที่ระดับ 30 และ

40 มก./มล มีผลทำให้การยับยั้งการเจริญเติบโตของคะน้าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองใช้สารสกัดจากหญ้าดอกขาวที่มีความเข้มข้นสูงสุดในการทดลองมีผลต่อยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบมากที่สุด เช่น ความเข้มข้น 40 มก./มล. มีผลต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชปลูกและวัชพืชรวม 6 ชนิดมากกว่าที่ระดับความเข้มข้น 10 20 และ 30 มก./มล (ศานิต, 2552) ในการทดลองนี้ พบว่า การใช้สารสกัดจากเร่วหอมและขิงที่ระดับ 30 และ 40 มก./มล. มีผลทำให้คะน้าถูกการเจริญเติบโตและแตกต่างจากสภาพควบคุม ในขณะที่การใช้สารสกัดจากขมิ้นที่ระดับ 30 มก./มล เท่านั้น ที่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของคะน้าแตกต่างจากสภาพควบคุม นอกจากการทดลองนี้จะสอดคล้องกับการทดลองใช้สารสกัดจากหญ้าดอกขาวแล้วยังสอดคล้องกับการทดลองเกี่ยวกับแอลลีโลพาธีในพืชชนิดอื่น ๆ เช่น สาบหมา (ศิริพร และ ชอุ่ม, 2537) และหญ้าแพรก (Vasilakoglou และคณะ, 2005) สาบเสือ (Sahid และ Sagau, 1993) สาบแร้งสาบกา (Nakamura และ Nemoto, 1993) และ *Pluchea lanceolata* (Inderjit และ Sakshini, 1996) เป็นต้น จากทดลองนี้พบว่า พืชวงศ์ขิงจำนวน 4 ชนิด คือ ข่า ขมิ้น เร่วหอม และขิง ที่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของคะน้าลดลงเปรียบเทียบกับสภาพควบคุม และยังพบว่าเฉพาะสารสกัดจากเร่วหอมและขิงที่มีความเข้มข้น 30 และ 40 มก./มล เท่านั้นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของคะน้าทุกลักษณะ ซึ่งเป็นข้อมูลที่น่าสนใจในการนำพืชทั้งสองชนิดมาใช้ในการควบคุมวัชพืชทางชีวภาพต่อไป

สรุปผล

สารสกัดจากข่า ขมิ้น เร่วหอม และขิง ที่มีความเข้มข้น 40 มก./มล. สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของคะน้าได้มากที่สุด ส่วนการยับยั้งการเจริญเติบโตของสารสกัดจากกระชายและไพล พบว่า สารสกัดจากกระชายและไพลที่มีความเข้มข้น 10 20 และ 30 และ 40 มก./มล. มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของคะน้าไม่แตกต่างทางสถิติจากการไม่ให้สารสกัด ส่วนสารสกัดของเร่วหอมและขิงที่ระดับความเข้มขัน 30 และ 40 มก./มล. สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของคะน้าได้ แตกต่างจากการไม่ให้สารสกัด การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากเร่วหอมและขิงทำให้การการเจริญเติบโตของคะน้าลดลง

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่สนับสนุนทุนพัฒนาอัตลักษณ์กลุ่มวิจัยประจำปี 2551-2553 ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย และภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนให้ดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2552, แอลลีโลพาธีของหญ้าดอกขาวต่อพืชปลูกและวัชพืชบางชนิด, *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, หน้า 335-342.

ศิริพร ซึงสนธิพร และ ชอุ่ม เปรมัษเฐียร, 2537, ผลของสารสกัดจากวัชพืชสาบหมาต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชปลูกและวัชพืชบางชนิด, วารสารวิชาการเกษตร, 12: 37-41.

AOSA, 2002, Seed Vigor Testing Handbook, Association of Official Seed Analysts No.32.

Chung, I. M., Kim, K.H., Ahn, J.K., Lee, S.B., Kim S.H. and Hahn, S. J., 2003, Comparision of Allelopathic Potential of Rice Leaves, Straw and Hull Extract on Barnyardgrass, Agronomy Journal, 95: 1063-1070.

Inderjit, K. and Sakshini, M.M, 1996, Allelopathic Potential of *Pluchea lanceolata*: Comparative Studies of Cultivated Fields, Weed Science, 44: 393-396.

Machado, S., 2007, Allelopathic Potential of Various Plant Species on Downy Brome: Implications for Weed Control in Wheat Production, Agronomy Journal, 99: 127-132.

Nakamura ,N and Nemoto, M., 1993, Allelopathic Potential of *Eupatorium odoratum* L. in Abandoned Shifting Cultivation Field in the Tropics, Weed Research Tokyo, 39: 103-108.

Sahid, I.B. and Sagau, J.B., 1993, Allelopathic Effect of Lantana *(Lantana camara)* and Siam weed *(Chromolaena odorata)* on selected crops, Weed Science, 41: 303-308.

Smeda, R. J. and Weller, S. C, 1996, Potential of Rye (*Secale cereale*) for Weed Management in Transplant Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), Weed Science, 44: 596-602.

Vasilakoglou, I., Dhima, K. and Eleftherohornios, I., 2005, Allelopathic Potential of Burmudagrass and Johnsongrass and their Interference with Cotton and Corn, Agronomy Journal, 97: 303-313.

Table 1 Plant height, Number of leaves, leaves width and leaves length at 14 days after transplanting of chinese kale as affected by different concentration of six zingiberaceae crude extracts.

Concentration of six zingiberaceae crude extracts (mg/ml)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaves width (cm)	Leaves length (cm)
Control treament	15.73^{a}	8.00^{a}	6.00^{a}	7.60^{a}
chinese keys at 10 mg/ml	13.46^{ab}	7.66^{ab}	5.10^{abcdef}	6.00^{ab}
chinese keys at 20 mg/ml	13.73^{ab}	7.00^{abcd}	5.36^{abcd}	6.36^{ab}
chinese keys at 30 mg/ml	13.40^{ab}	6.33^{abcde}	5.26^{abcde}	6.03^{abc}
chinese keys at 40 mg/ml	12.76^{abcd}	5.66^{abcde}	5.73^{ab}	5.93^{abc}
greater galangal at 10 mg/ml	11.93^{abcd}	7.00^{abcd}	5.75^{a}	6.40^{ab}
greater galangal at 20 mg/ml	13.00^{abc}	6.50^{abcde}	4.60^{abcdef}	5.25^{bcdef}
greater galangal at 30 mg/ml	13.35^{ab}	6.50^{abcde}	4.63^{abcdef}	5.06^{bcdef}
greater galangal at 40 mg/ml	10.50^{bcd}	5.66^{abcdef}	4.60^{abcdef}	5.00^{bcdef}
cassumunar ginger at 10 mg/ml	15.65^{a}	7.30^{abc}	5.55^{ab}	6.20^{ab}
cassumunar ginger at 20 mg/ml	14.35^{a}	6.50^{abcde}	5.53^{abc}	6.33^{ab}
cassumunar ginger at 30 mg/ml	12.16^{abcd}	6.50^{abcde}	4.76^{abcdef}	6.35^{ab}
cassumunar ginger at 40 mg/ml	12.00^{abcd}	6.00^{abcdef}	4.96^{abcdef}	5.00^{bcdef}
turmeric at 10 mg/ml	13.60^{ab}	7.00^{abcd}	5.25^{abcde}	5.15^{abcdef}
turmeric at 20 mg/ml	11.63^{abcd}	7.30^{abc}	4.66^{abcdef}	5.73^{abcdef}
turmeric at 30 mg/ml	12.23^{abcd}	5.66^{abcdef}	3.66^{bcdef}	4.53^{bcdef}
turmeric at 40 mg/ml	8.16^{cd}	4.66^{def}	3.20^{ef}	3.33^{f}
bastard cardamom at 10 mg/ml	12.00^{abcd}	5.50^{bcdef}	5.05^{abcdef}	5.60^{bcdef}
bastard cardamom at 20 mg/ml	11.00^{abcd}	5.00^{cdef}	4.33^{abcdef}	5.36^{bcdef}
bastard cardamom at 30 mg/ml	8.15^{cd}	5.00^{cdef}	3.36^{ef}	3.66^{cdef}
bastard cardamom at 40 mg/ml	8.00^{cd}	3.66^{f}	2.83^{f}	3.40^{df}
ginger at 10 mg/ml	12.00^{abcd}	6.50^{abcd}	5.10^{abcdef}	5.45^{bcdef}
ginger at 20 mg/ml	11.25^{abcd}	5.50^{cdef}	4.90^{abcdef}	5.35^{bcdef}
ginger at 30 mg/ml	10.40^{bcd}	5.50^{cdef}	4.50^{abcdef}	5.25^{bcdef}
ginger at 40 mg/ml	7.70^{d}	4.50^{ef}	3.00^{f}	3.75^{cdef}
C.V. (%)	15.63	16.84	18.96	18.45

In the same column, Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 25-28 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 25-28 (2552)

คุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจาก *Gracilaria fisheri*

Antioxidant Capacity of Extracts from *Gracilaria fisheri*

อรพรรณ เสลามาศสกุล[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Selamassakul, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

This study aim to evaluate nutrition and antioxidant capacity of extracts from *Gracilaria fisheri* that was commercially, available and consumed in the south coastal area of Thailand. Determination of nutrition for *G. fisheri* show that it consisted of protein, lipid ash carbohydrate and fiber at 6.66, 0.11, 23.97, 64.41 and 4.84%, respectively. The extracts were prepared with boiled water and 80% ethanol at various extraction time. The total phenolic content of the extract was determined according to the Folin–Ciocalteu method. The water extract for 60 min showed the highest total phenolic content at 46.49 mg/100g (P>0.001). The 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging activity assays was used to determine antioxidant activity of extracts, the result show that ethanolic extract for 36 h exhibited the highest antioxidant activity at 58.70 % (P>0.001). The total phenolic content and antioxidant activity showed positive correlation. There was a strong correlation (R^2=1.000 and R^2=0.647) between the antioxidant activity and the total phenolic content of both water and ethanolic extracts, respectively. The results show that *G. fisheri* could be potential rich sources of nutrient and natural antioxidants.

Keywords: *Gracilaria fisheri*, antioxidant activity, DPPH, total phenolic content

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารและศึกษาคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจาก *Gracilaria fisheri* ซึ่งเป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจและเป็นที่นิยมบริโภคของประชากรทางภาคใต้ของประเทศไทย จากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารพบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย (fiber) ร้อยละ 6.66, 0.11, 23.97, 64.41 และ 4.84 ตามลำดับ เมื่อศึกษาคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยการสกัดสาหร่ายด้วยน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส และ 80% เอธานอลที่เวลาการสกัดต่างๆ แล้ววิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่าการสกัดด้วยน้ำเป็นเวลา 60 นาที มีปริมาณฟีนอลิกสูงที่สุดเท่ากับ 46.49 mg/100g (P>0.001) แต่ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระวัดด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging activity method มีค่าน้อยกว่าสารสกัดด้วยเอธานอล โดยสารสกัดด้วยเอธานอลเป็นเวลา 36 ชั่วโมงมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 58.70% (P>0.001) เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของปริมาณฟีนอลิกและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดสาหร่ายด้วยน้ำและสกัดด้วยเอธานอล พบว่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระแปรตามปริมาณฟีนอลิกมีค่า R^2=1.000 และ R^2=0.647 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า *G. fisheri* เป็นแหล่งของสารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระทางธรรมชาติที่ดี

คำสำคัญ: *Gracilaria fisheri* สารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

คำนำ

สาหร่ายมีคุณค่าทางอาหารสูงจึงเป็นที่นิยมบริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศญี่ปุ่น จีนและเกาหลี นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง ใช้ในการผลิตปุ๋ยและไบโอดีเซล จากงานวิจัย

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8 Tientalya Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ทางด้านระบาดวิทยาแสดงให้เห็นว่าการบริโภคสาหร่ายส่งผลดีต่อสุขภาพ (Burtin, 2003) สาหร่ายประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโนจำเป็น กรดไขมันจำเป็น (ω-3 และ ω-6) เยื่อใย วิตามิน และ แร่ธาตุ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าพืชทั่วไป (Burtin, 2003; MacArtain และคณะ, 2007) นอกจากนี้ยังมีสาร polyphenols, phenolic acid, carotenoids และ mycosporine-like amino acid ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และสารต้านการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง (antiproliferative) (Yuan และ Walsh, 2006) มีรายงานว่าสารสกัดสาหร่ายสีแดง Porphyra sp. (Ismail และ Hong, 2002) และ *Gracilaria edulis* (Devi และคณะ, 2008) ด้วยเอธานอลมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตามการศึกษาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายทะเลที่พบในประเทศไทยมีน้อยมาก สาหร่ายสีแดงนิยมบริโภคสดแทนผักหรือแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่างๆ เช่น ขนมวุ้นกรอบ รังนกเทียมและกระเพาะปลา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของ *Gracilaria fisheri* ซึ่งเป็นสาหร่ายสีแดงที่พบทั่วไปบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและอันดามันของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารสกัดจากสาหร่าย

สาหร่าย *G. fisheri* ได้จากบ่อเพาะเลี้ยง อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี นำมาล้างทำความสะอาดแล้วอบให้แห้งด้วยตู้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บดให้ละเอียด จากนั้นสกัดสาหร่ายด้วยตัวทำละลายคือน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที เปรียบเทียบกับการสกัดด้วย 80% เอธานอลเป็นเวลา 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ในอัตราส่วนสาหร่ายต่อตัวทำละลาย 1:10 (W/V) เขย่าที่ 200 rpm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วปั่นเหวี่ยงที่ 6000 rpm เป็นเวลา 10 นาที และกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่ความดัน 175 บาร์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เก็บสารสกัดในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายอบแห้ง ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย (fiber) โดยวิเคราะห์ตามวิธีของ Associaton of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณ Total phenolics

วิเคราะห์ปริมาณ total phenolics ของสารสกัดจากสาหร่ายด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ตามวิธีของ Singleton และคณะ. (1965) คำนวณปริมาณ total phenolic compounds เทียบจากกราฟมาตรฐานของ gallic acid (20-100 mg/ml)

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity)

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging activity method ดัดแปลงวิธีของ Devi และคณะ. (2008) โดยผสมสารสกัด 3 ml กับสารละลาย DPPH (0.1mM) 1 ml ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และคำนวณ % DPPH scavenging effect ดังสมการ

$$\text{DPPH scavenging effect (\%)} = \frac{A_{cont} - A_{test}}{A_{cont}} \times 100$$

เมื่อ A_{cont} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์ (ตัวทำละลาย + $DPPH^{\bullet}$)

A_{test} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง (สารสกัด + $DPPH^{\bullet}$)

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สาหร่ายแห้งอบด้วยตู้ลมร้อนจนมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 9.46 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารพบว่า *G. fisheri* มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย (fiber) คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้งเท่ากับ 6.66, 0.11, 23.97, 64.41

และ 4.84 ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งมีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าสาหร่าย kombu nori และพืชบกบางชนิด (MacArtain และคณะ, 2007) ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายซึ่งสกัดด้วยน้ำร้อน และ 80% เอธานอล พบว่าการสกัดด้วยน้ำร้อนปริมาณฟีนอลิกมากกว่าการสกัดด้วยเอธานอล (Figure 1a) โดยการสกัดด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 60 นาที มีปริมาณฟีนอลิกสูงที่สุดเท่ากับ 46.49 mg/100g (P>0.001) แต่เมื่อศึกษาคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าการสกัดด้วยเอธานอลสารสกัดที่ได้มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ (Figure 1b) โดยการสกัดด้วยเอธานอลเป็นเวลา 36 ชั่วโมง สารสกัดมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 58.70% (P>0.001) เนื่องจากการใช้ตัวทำละลายต่างกันทำให้ได้ปริมาณฟีนอลิกและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดต่างกันเพราะคุณสมบัติการมีขั้วและไม่มีขั้วของตัวทำละลาย โดยสารประกอบที่มีขั้วต่างกันประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน และตัวทำละลายที่มีขั้วเช่นน้ำเหมาะสมที่สุดในการสกัดสารพอลีฟีนอล (Moure และคณะ, 2001; Ismail และ Hong, 2002) นอกจากนี้เวลาการสกัดที่มากขึ้นปริมาณฟีนอลิกและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นโดยมีค่าสูงที่สุดที่เวลาการสกัด 36 ชั่วโมงแล้วเริ่มลดลงที่เวลาหลังจากนั้น ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนสภาพหรือเสื่อมสลายของสารฟีนอลิกและสารประกอบที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของปริมาณฟีนอลิกและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระพบว่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยน้ำและเอธานอลแปรตามปริมาณฟีนอลิกมีค่า R^2=1.000 และ R^2=0.647 ตามลำดับ แสดงว่าคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระเป็นผลมาจากการที่สาหร่ายมีสารฟีนอลิกปริมาณมาก

สรุปผล

G. fisheri มีคุณค่าทางอาหารสูงและไขมันต่ำ อีกทั้งสารสกัดจากสาหร่ายยังปริมาณฟีนอลิกสูงและมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ โดยการสกัดด้วยน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ให้ปริมาณฟีนอลิกมากที่สุด และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเมื่อสกัดสาหร่ายด้วย 80% เอธานอล เป็นเวลา 36 ชั่วโมง

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, Association of official analytical chemists 14th, Association Official Analytical Chemists, Washington D.C.

Burtin, P., 2003, Nutritional Value of Seaweeds, Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 2(4): 498-503.

Devi, K.P., Suganthy, N., Kesika P., and Pandian, S.K., 2008, Bioprotective Properties of Seaweeds: *In vitro* Evaluation of Antioxidant Activity and Antimicrobial Activity Against Food Borne Bacteria in Relation to Polyphenolic Content, BMC Complementary and Alternative Medicine, 8(38): 1-11.

Ismail, A. and Hong, T.S., 2002, Antioxidant Activity of Selected Commercial Seaweeds, Malaysian Journal of Nutrition, 8(2): 167-177.

MacArtain, P., Gill, C.I.R., Brooks, M., Campbell, R., and Rowland, I.R., 2007, Nutritional Value of Edible Seaweeds, Nutrition Reviews, 65(12): 535-543.

Moure, A., Cruz, J.M., Franco, D., Domínguez, J.M., Sineiro, J., Domínguez, H., Núñez, M.J. and Parajó, J.C., 2001, Review: Natural Antioxidants from Residual Sources, Food Chemistry, 72: 145-171.

Singleton, V.L., and Rossi, J.A., 1965, Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-phosphotungstic acid Reagent, American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158.

Yuan, Y.V., and Walsh, N.A., 2006, Antioxidant and Antiproliferative Activities of Extracts from A Variety of Edible Seaweeds, Food and Chemical Toxicology, 44: 1144–1150.

Table 1 Chemical composition of *Gracilaria fisheri*.

Moisture	Ash	Protein	Lipid	Fiber	Carbohydrate
9.46	23.9	6.66	0.11	4.84	64.41

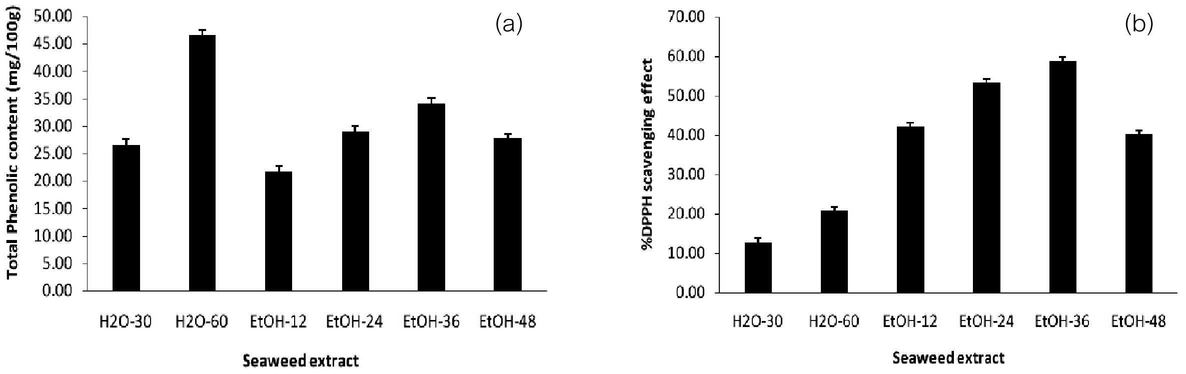


Figure 1 Total phenolic contents (a) and antioxidant activity (b) of *G. fisheri* extracts

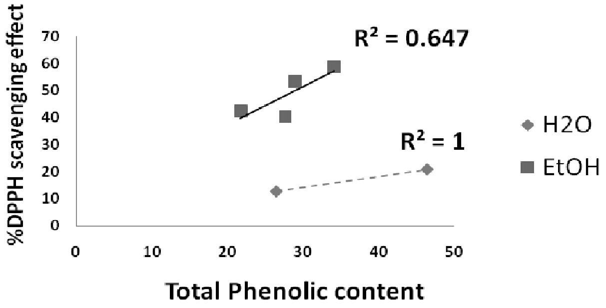


Figure 2 Correlation between the contents of total phenols of seaweed extracts and their antioxidant capacity.

อิทธิพลของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งเชื้อรา *Rhizopus stolonifer, Cladosporium herbarum* และ *Penicillium* sp.

Efficacy of essential oil for antifungal *Rhizopus stolonifer, Cladosporium herbarum and Penicillium* sp.

ภัสจนันท์ หิรัญ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Hiran, P.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N[1]

Abstract

Efficacy of Essential oil (EOs) from Thai herb; citronella, lime, clove and cinnamon for antifungal was conducted. Various concentration of Eos were varied at 0, 10, 30, 60 and 100 ppm and dimethyl sulfoxide was used for dilution to particular concentrations.Tested fungi were *Cladosporium herbarum* , *Rhizopus stolonifer* and *Penicillium* sp. Paper used in this study was the paper without any chemical fungicide an antifungal activity was the disc diffusion method. It was found that citronella and cinnamon oils could inhibit the maximum growth of *Cladosporium herbarum* compared to the inhibition zone from lime and clove oils. However citronella oil (60 ppm) and cinnamon oil (100ppm) could also inhibit the growth of *Cladosporium herbarum* at 100 percent. For inhibition of *Rhizopus stolonifer*, result showed that oils of cinnamon and clove at 100 ppm inhibited the maximum growth of this fungi. It was also found that cinnamon at 100 ppm inhibited the growth of *Penicillium* sp. At 100 percent and lime oil at 100 ppm showed the inhibition effect after cinnamon oil.

Keywords: essential oils, citronella, lime, clove, cinnamon, fungi, paper

บทคัดย่อ

ผลจากการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยจาก ตะไคร้หอม มะนาว กานพลูและอบเชยต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่ความเข้มข้น 10, 30, 60 และ 100 พีพีเอ็ม ปรับความเข้มข้นโดยใช้ dimethyl sulfoxide ก่อนนำไปทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อราในกระดาษ (ไม่มีสารเคมีกันราผสม) โดยวิธี Disc diffusion method พบว่า น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมและอบเชยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Cladosporium herbarum* ได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากมะนาวและกานพลู ซึ่งน้ำมันหอมระเหยตะไคร้เข้มข้น 60 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยอบเชย เข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Cladosporium herbarum* ได้ร้อยละ 100 สำหรับเชื้อ *Rhizopus stolonifer* พบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชย และกานพลูเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราชนิดนี้ได้สูงสุด และพบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งเชื้อ *Penicillium* sp.ได้ ร้อยละ 100 รองลงมาเป็นน้ำมันหอมระเหยจากมะนาวเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย ตะไคร้หอม กานพลู มะนาว อบเชย เชื้อรา กระดาษ

คำนำ

ปัจจุบันมีการนำเยื่อไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้มาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมหลายประเภทซึ่งผลิตภัณฑ์ เหล่านี้มีการเจริญเติบโตของเชื้อรา เมื่ออยู่ในที่ชื้นหรือสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์อากาศสูง เช่น ในประเทศไทย ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและเกิดการพัฒนาใช้ผลิตภัณฑ์จากพลาสติกแทน ซึ่งผลิตภัณฑ์จากพลาสติกไม่สามารถย่อยสลายในธรรมชาติได้เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อนำไปทำลาย นอกจากนี้ยังมีการใช้สารฟอกขาวในผลิตภัณฑ์กระดาษ โดยสารฟอกขาวมีสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบ เมื่อได้รับอุณหภูมิสูง สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเปลี่ยนเป็นกรดซัลฟูริก สามารถละลายปนเปื้อนในอาหาร เป็นอันตรายสำหรับผู้ที่เป็นโรคหอบหืด หรือในคนที่มีภูมิต้านทานต่ำและสารสกัดจากพืชของไทย เช่น สมุนไพรไทย ได้รับความสนใจจากการตื่นตัวทางด้านสุขภาพมาก และเข้ามามีส่วนในชีวิตประจำวันมากขึ้น ทั้งในด้านอาหาร ยา เครื่องสำอาง เครื่องอุปโภคประจำวัน เป็นต้น (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2545) ประเทศไทยมีความหลากหลายของพืชพื้นบ้านและพื้นท้องถิ่น ทั้งพืชสมุนไพร เครื่องเทศ หรือพืชพรรณตามธรรมชาติกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาค นอกจากนำมาใช้บริโภคแล้วยังมีการนำมาใช้ประโยชน์อื่นๆ เช่น ด้านเภสัชกรรม อาหาร และในปัจจุบันน้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นสารจากธรรมชาติ กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยเป็นสารธรรมชาติ ที่มีรายงานฤทธิ์ทางชีวภาพที่

---

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8, Tientalay Rd. Bangkhuntein, Bangkok 10150

หลากหลาย รวมทั้งฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพที่มีขอบข่ายการออกฤทธิ์กว้าง (Maryam และคณะ, 2007; Velluti และคณะ, 2003; Sen-Sung, 2007) จึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่งที่จะนำเอาน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร เช่น กานพลู อบเชย ตะไคร้และมะนาว มาใช้ในการควบคุมการเจริญของเชื้อราและเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำมันหอมระเหย: โดยใช้น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอม มะนาว กานพลู และอบเชยที่ความเข้มข้น 10, 30, 60 ,100 พีพีเอ็ม ด้วย dimethy sulfoxide (DMSO) จากนั้นหยดสารละลายที่เตรียมได้ลงบนกระดาษที่ไม่เติมสารเคมี (เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร) 30 ไมโครลิตร

การเตรียมเชื้อ : นำน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วปริมาณ 5 ml มาละลายเชื้อรา *Rhizopus stolonifer, Cladosporium herbarum และ Penicillium* sp. ที่อยู่บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) ขูดเชื้อให้ละลายกับน้ำกลั่นเติม tween 20 เล็กน้อยเก็บไว้เพื่อนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพในขั้นตอนต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด ด้วยวิธี disc duffusion method โดยนำไม้พันสำลีที่ฆ่าเชื้อแล้วมา spread เชื้อที่เตรียมไว้ลงบน Potato dextrose agar (PDA) ให้ทั่ว ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นวางกระดาษที่หยดน้ำมันหอมระเหยที่ต้องการทดสอบวางลงบนอาหารเลี้ยง ที่มีเชื้ออยู่ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน สังเกต clear zone ทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ และอบเชยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Cladosporium herbarum* สูงกว่าน้ำมันหอมระเหยมะนาวและกานพลู ซึ่งน้ำมันหอมระเหยตะไคร้เข้มข้น 60 ppm และน้ำมันหอมระเหยอบเชยเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Cladosporium herbarum* ได้ร้อยละ100 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tzortzakis และคณะ (2007) และ Matan และคณะ (2007) ที่พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้และอบเชยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อชนิดนี้ได้ดี น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *R. stolonifer* ได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากมะนาว โดยใช้น้ำมันหอมระเหยอบเชยเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *R. stolonifer* ได้มีขนาด clear zone เท่ากับ 60 mm ซึ่งไม่แตกต่างกับน้ำมันหอมระเหยกานพลูเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ที่มีขนาดของ clear zone เท่ากับ 64 mm สำหรับเชื้อ *Penicillium* sp. พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากมะนาว และ อบเชยสามารถยับยั้งเชื้อชนิดนี้ได้โดยที่ความเข้มข้น 30 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งเชื้อชนิดนี้ได้โดยมี clear zone เท่ากับ 44.16และ73.66 mm และที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็มสามารถยับยั้งเชื้อชนิดนี้ได้ ร้อยละ 100 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Matan และคณะ, 2005 สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยพบว่าทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งเชื้อราชนิดนี้ได้โดยที่ 30 พีพีเอ็ม มีขนาด clear zone เท่ากับ 38.66 mm และที่ความเข้มข้น 70 พีพีเอ็ม มีขนาดของ clear zone เท่ากับ 73.66 mm และที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งเชื้อรา *C. herbarum* และ *Penicillium* sp. ได้ร้อยละ100

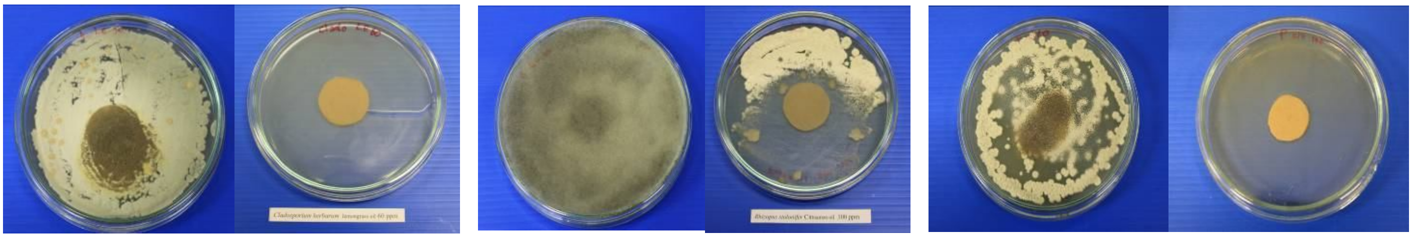
สรุปผล

น้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมและอบเชย สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Cladosporium herb*arum ได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากมะนาวและกานพลูซึ่งน้ำมันหอมระเหยตะไคร้เข้มข้น 60 พีพีเอ็ม และน้ำมันหอมระเหยอบเชย เข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Cladosporium herbar*um ได้ร้อยละ 100 สำหรับเชื้อ *Rhizopus stolonifer* พบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชย และกานพลู ที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราชนิดนี้ได้สูงสุดและพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งเชื้อ *Penicillium* sp.ได้ ร้อยละ 100 รองลงมาเป็นน้ำมันหอมระเหยจากมะนาวที่ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราควรเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยชนิดนี้มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อเชื้อราได้หลากหลายชนิดซึ่งมากกว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดอื่นและควรใช้น้ำมันหอมระเหยชนิดนี้ที่ความเข้มข้นมากกว่า 100 พีพีเอ็ม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา

Table 1. Antifungal of essential oil from Lime, Clove, Lemongrass and Cinnmon bark for antifungal *Rhizopus stolonifer Cladosporium herbarum* and *Penicillium* sp.

Essential oil	Concentrate	Inhibition zone of antifungal (mm)		
		C. herbarum	*R. stolonifer*	*Penicillium* sp.
Control (DMSO)	0	0	0	0
Lime oil	10	31.67^{d}	30.00^{c}	15.00^{c}
	30	35.33^{c}	41.33^{b}	44.16^{ab}
	60	43.67^{a}	47.33^{a}	75.00^{b}
	100	40.33^{b}	45.33^{ab}	90.00^{a}
Clove	10	29.66^{c}	31.67^{a}	15.00^{a}
	30	51.33^{b}	48.33^{b}	15.00^{a}
	60	66.00^{a}	56.00^{c}	15.00^{a}
	100	69.33^{a}	64.00^{d}	15.00^{a}
Lemongrass	10	41.67^{c}	23.667^{b}	15.00^{a}
	30	64.00^{b}	23.98^{b}	15.00^{a}
	60	90.00^{a}	25.67^{ab}	15.00^{a}
	100	90.00^{a}	27.33^{a}	15.00^{a}
Cinnamon bark	10	42.67^{d}	41.00^{d}	38.66^{c}
	30	63.33^{c}	50.33^{c}	73.66^{b}
	60	74.33^{b}	54.33^{b}	90.00^{a}
	100	90.00^{a}	65.00^{a}	90.00^{a}

$^{a,\,b,\,c}$ Different superscripts in the same column indicated that means were significantly different ($p<0.05$)



1 2 (a) 1 2 (b) 1 2 (c)

Figure 1 Appearance of (a) control (1) and Inhibition zone of antifungal *C. herbarum* from Lemongrass oil 60 ppm (2), (b) control (1) and Inhibition zone of antifungal *R. stolonifer* from Cinnamon oil 100 ppm (2), (c) control (1) and Inhibition zone of antifungal *C. herbarum* from Cinnamon oil 60 ppm (2)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และ ศ.ดร. นันทวัน บุณยะประภัศร ผู้ประสานงานชุดโครงการสมุนไพรเพื่อคุณภาพชีวิต ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2545, การตรวจสอบและสกัดแยกสารสำคัญจากพืชสมุนไพร, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, หน้า 77-95.

Cakir, A., Kordali, S., Kilie, H., kaya, E., 2005, "Antifungal Properties of Essential Oil and Crude Extracts of *Hypericum linarioides* Bosse, Biochemical Systematics and Ecology, 33 : 245-256.

Omidbeygi, M., Barzegar M., Hamidi, Z., Naghdibadi, H., 2007, Antifungal Activity Ofthyme, Summer Savory and Clove Essential Oils Against *Aspergillus flavus* in Liquid Medium and Tomato Paste, Food Control, 18, 1518–1523.

Matan N., Rimkeeree H., Mawson A.J., Chompreeda P. , Haruthaithanasan V, Parker M., 2005, Antimicrobial Activity of Cinnamon and Clove Oils Under Modified Atmosphere Conditions, International Journal of Food Microbiology 107 : 180 – 185.

Matan, N. and Nirundorn., M, 2007, Antifungal Activities of Anise Oil, Lime Oil, and Tangerine Oil Against Molds on Rubberwood (*Hevea drasiliensis*), International Biodeterioration and Biodegradation, 62: 75-78.

Tzortzakis, N.G. and Economakis, C.D., 2007, Antifungal Activity of Lemongrass (*Cympopogon citratus* L.) Essential Oil Against key Postharvest Pathogens, Innovative Food Science and Emerging Technologies 8: 253–258.

Cheng, S.S., Liu, J.Y., Chang, E.H. and Chang, S.T., 2007, Antifungal Activity of Cinnamaldehyde and Eugenol Congeners Against Wood-rot Fungi, Bioresource Technology, 99: 5145–5149.

Velluti, A., Sanchis, V., Ramos A.J., Egido, J. and Marın, S., 2003, Inhibitory Effect of Cinnamon, Clove, Lemongrass, Oregano and Palmarose Essential oils on Growth and Fumonisin B1 Production by *Fusarium proliferatum* in Maize Grain., International Journal of Food Microbiology, 89: 145–154.

ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กต่อการยับยั้งเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคขั้วหวีเน่าของกล้วย

Efficacy of Crude Extract from *Cassia siamea* (Lamk.) Leaves to Inhibit *Fusarium* sp. and *Lasiodiplodia theobromae*, A Causal Agents of Banana Crown Rot

อัจฉรา ฉัตรแก้ว[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1] ธิติมา วงษ์ชีรี[2] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1]
Chatkaew, A.[1], Uthairatanakij, A.[1], Wongsheree, T.[2] and Jitareerat, P.[1]

Abstract

Banana cv. Kluai Hom Thong is the agricultural commodity that is widely accepted by the wide consumer, but one of the major problems during transportation and storage is a rapid decay of the crown, caused by *Fusarium* sp. and *Lasiodiplodia theobromae*. Thus, the objective of this study was to determine the efficacy of crude extract from *Cassia siamea* leaves to control the mycelial growth and spore germination of both fungi. The mycelium and spore of pathogens were cultured on potato dextrose agar amended with the crude extract at 0 (control), 500, 1,000, 5,000 and 10,000 mg/L. The data showed that the maximum dose of 10,000 mg/L was not able to inhibit the mycelial growth of both pathogens, while at this concentration inhibited the spore germination of *Fusarium* sp. and *L. theobromae* by 100 and 64.36% respectively. This data indicates that crude extract from *Cassia siamea* leaves at 10,000 mg/L had the effect to suppress the spore germination of both fungi, but there was no effect on mycelial growth. Therefore, this result suggests that controlling of the crown rot on banana should apply crude extract of *Cassia siamea* leaves before pathogen infection.

Keywords: *Cassia siamea* (Lamk.) leaves, *Fusarium* sp., *L. theobromae*

บทคัดย่อ

กล้วยหอมทองเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ แต่ปัญหาที่สำคัญในระหว่างการขนส่งและเก็บรักษาคือ การเน่าเสียที่ขั้วหวีที่เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *Lasiodiplodia theobromae* ดังนั้นในศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *L. theobromae* เพื่อใช้เป็นแนวทางในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยหอมทอง โดยการเลี้ยงเส้นใยและสปอร์เชื้อราบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 500 1,000 5,000 และ 10,000 mg/L พบว่าที่ความเข้มข้น 10,000 mg/L ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทั้งสองชนิดนี้ได้ ในขณะที่ที่ความเข้มข้น 10,000 mg/L สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Fusarium* sp. และ *L. theobromae* ได้เท่ากับ 100% และ 64.36% ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กที่ความเข้มข้น 10,000 mg/L มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราทั้งสองชนิดได้ แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ ดังนั้นหากจะนำสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กไปใช้ในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าของกล้วย ควรใช้ก่อนที่จะมีการเข้าทำลายของเชื้อราทั้งสองชนิดนี้

คำสำคัญ: ใบขี้เหล็ก *Fusarium* sp. *L. theobromae*

[1]สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150
[1]Division of Posthavest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bongkok, 10150
[2]สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140
[2]Institute for Science and Technological Research and Services, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 10140

คำนำ

การควบคุมเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *L. theobromae* สาเหตุโรคขั้วหวีเน่าของกล้วยหอมทองนิยมใช้สารเคมีเป็นหลัก เนื่องจากสามารถยับยั้งเชื้อราได้อย่างรวดเร็ว แต่การใช้สารเคมีก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาสุขอนามัยของผู้บริโภค และการใช้สารเคมีมากเกินไปติดต่อกันเป็นเวลานานอาจทำให้เชื้อราเกิดการต้านทานต่อสารเคมีทำให้การควบคุมโรคทำได้ยากขึ้น ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิธีควบคุมเชื้อราด้วยสารสกัดจากธรรมชาติ ได้แก่ สารสกัดจากสะเดา แมงลักคาและตะไคร้หอมซึ่งให้ผลการทดลองที่ดี (ฉวีวรรณ วีระเทศ, 2541; ฉวีวรรณ บุญเรือง, 2542) ดังนั้นในงานวิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของการใช้สารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กในการควบคุมเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *L. theobromae* โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมี ลดต้นทุนการผลิต ลดอันตรายที่เกิดจากการได้รับสารเคมีของผู้บริโภคและผู้ผลิต และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับใบขี้เหล็ก

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารสกัดจากใบขี้เหล็ก

นำใบขี้เหล็กสดล้างให้สะอาดผึ่งจนแห้งสนิทจำนวน 20 กรัม มาปั่นให้ละเอียดแล้ว เติมเอทานอล 50% ปริมาตร 150 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน กรองตะกอนออกแล้วเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กด้วยเครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศ (rotary vacuum evaporator) ที่ความดัน 45 mbar อุณหภูมิ 40 ^{0}C ความเร็วรอบ 100 rpm จนกระทั่งไม่มีตัวทำละลายระเหยออกมาอีก เก็บสารสกัดในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา

ใช้ Cork borers ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ตัดบริเวณปลายเส้นใยของเชื้อราที่มีอายุ 10 วัน และนำมาวางบนอาหาร PDA ที่ผสมสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0 (ควบคุม) 500 1,000 5,000 และ 10,000 mg/L นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องและบันทึกการเจริญของเชื้อรา โดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีทุกวันและบันทึกผลเป็นเซนติเมตร

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา

เตรียมสปอร์ของเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *L. theobromae* ความเข้มข้น 10^3 สปอร์/มิลลิเมตร ดูดมา 0.1 มิลลิลิตร หยดลงบนผิวหน้าของอาหาร PDA ที่ผสมสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กที่ระดับความเข้มข้น 0 (ควบคุม) 500, 1,000, 5,000 และ 10,000 mg/L ใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมที่ฆ่าเชื้อแล้วเกลี่ยให้สปอร์กระจายตัวทั่วบนผิวอาหารนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนสปอร์ที่งอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์และคำนวณกลับเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์

ผลการทดลอง

ผลของสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา

การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *L. theobromae* บนอาหารที่ผสมสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กความเข้มข้น 500-10,000 mg/L มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราเฉลี่ยเท่ากับ 9.00 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ความเข้มข้น 0 mg/L) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเฉลี่ยเท่ากับ 8.42 เซนติเมตร (Figure 1A) ส่วนการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Fusarium* sp. ที่เลี้ยงในอาหารผสมสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กที่ความเข้มข้น 500, 1,000, 5,000 และ 10,000 mg/L มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเฉลี่ยเท่ากับ 6.78, 7.26, 7.48 และ 7.32 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเฉลี่ยเท่ากับ 6.54 เซนติเมตร (Figure 1B)

ผลของสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กต่อการงอกสปอร์ของเชื้อรา

การงอกของสปอร์ทั้งสองชนิดลดลงตามความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กที่เพิ่มขึ้น โดยสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กที่ความเข้มข้น 500, 1,000, 5,000 และ 10,000 mg/L สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Fusarium* sp. ได้เท่ากับ 34.90, 66.86, 92.93 และ 100% ตามลำดับ (Figure 2B) และมีความแตกต่างกันทางสถิติ และสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *L. theobromae* ได้เท่ากับ 21.36, 37.34, 52.33 และ 64.26% ตามลำดับ (Figure 2A) และมีความแตกต่างกันทางสถิติ

วิจารณ์ผล

สารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กไม่สามารถยับยั้งการเจริญทางเส้นใยของเชื้อรา *L. theobromae* และ *Fusarium* sp. ได้ แต่กลับมีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Fusarium* sp. ให้เพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราทั้ง 2 ชนิดได้ โดยประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์จะเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าสปอร์ของเชื้อรา *Fusarium* sp. มีความอ่อนแอต่อสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กมากกว่าเชื้อรา *L. theobromea* และการที่สารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กที่ระดับความเข้มข้น 10,000 mg/L สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราทั้งสองชนิดได้ อาจเนื่องจากใบขี้เหล็กมีสารพวก quinone compounds เช่น benzoquinone, naphthoquinone, anthraquinone ซึ่งมีฤทธิ์ต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Chairungsi และคณะ, 2006) จากผลการทดลองนี้อาจกล่าวได้ว่า สารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กไม่สามารถใช้ควบคุมโรคขั้วหวีเน่าของกล้วยได้หากเชื้อราเหล่านี้ได้เข้าทำลายพืชแล้ว แต่อาจจะใช้ได้ในกรณีที่ขั้วหวีของกล้วยเพิ่งเริ่มมีการปนเปื้อนของสปอร์ของเชื้อรา หรือควรใช้สารสกัดหยาบป้ายที่ขั้วหวีทันทีหลังจากถูกตัดออกจากต้นตั้งแต่ในแปลงปลูก

สรุปผล

สารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กที่ระดับความเข้มข้น 10,000 mg/L สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Fusarium* sp. ได้ดีที่สุด คือเท่ากับ 100% รองลงมา คือสปอร์ของเชื้อรา *L. theobromae* เท่ากับ 64.26% แต่การใช้สารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กที่ระดับความเข้มข้น 10,000 mg/L ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทั้งสองชนิดนี้ได้

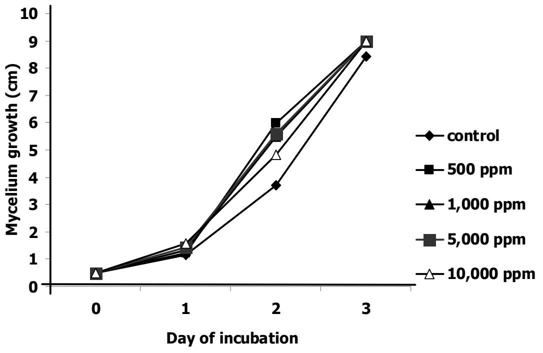
เอกสารอ้างอิง

ฉวีวรรณ บุญเรือง, 2542, การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดแมงลักคาที่มีผลในการควบคุม *Colletotrichum musae*, เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 15: เล่มที่ 1 สาขาพืชศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา, พระนครศรีอยุธยา, หน้า 95-101.

ฉวีวรรณ วีระเทศ, 2541, ผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพรบางชนิด (สะเดา แมงลักคา และตะไคร้หอม) ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของกล้วยหอม, เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 15: เล่มที่ 1 สาขาพืชศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและพัฒนา, กรุงเทพฯ, หน้า 75-81.

Chairungsi, N., Jumpatong, K., Suebsakwong, P., Sengpracha, W., Phutdhawong, W. and Buddhasukh, D. 2006, Electrocoagulation of quinone pigments, Department of Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, pp. 63-68.

(A) (B)



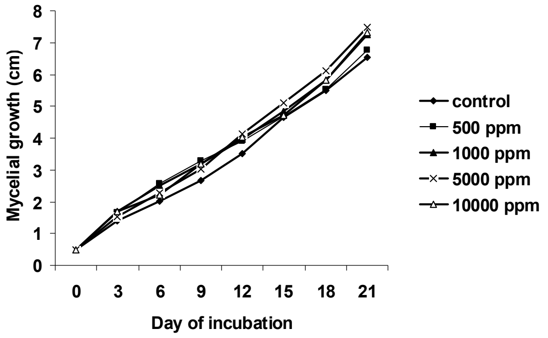
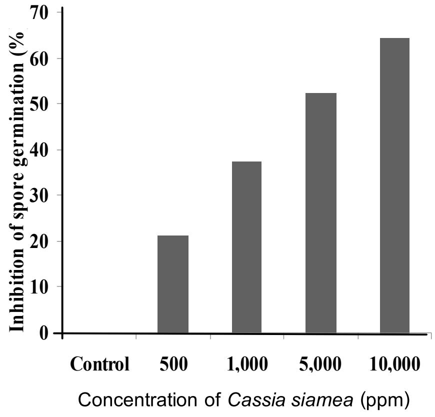


Figure 1 Effect of crude extract from *Cassia siamea* leaves on control the mycelial growth of *L. theobromae* (A) and *Fusarium* sp. (B)

(A) (B)



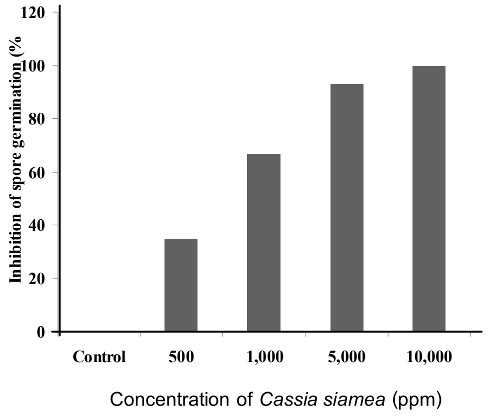


Figure 2 Effect of crude extract from *Cassia siamea* leaves on inhibit the spore germination of *L. theobromae* (A) and *Fusarium* sp. (B)

ผลของการย่อยสลายโปรตีนเห็ดด้วยกรดต่อคุณภาพเคมี กายภาพ และสารหอมระเหย

Effect of Mushroom Protein Hydrolysates by Acid on Physicochemical Properties and Volatile Compounds

มัลลิกา ธนสุคนธ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1]และ ปนิดา บรรจงสินศิริ[2]
Thanasukhon, M.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Bunjongsinsiri, P.[2]

Abstract

Mushroom protein hydrolysates from Shiitake (*Lentinula edodes*) and Nangrom (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer) mushroom by hydrochloric acid (HCl) at 1 and 6 N and hydrolysis time 12 and 24 h. Results showed that the best condition to produce mushroom protein hydrolysate from Shiitake and Nangrom mushroom was the hydrolysis treatment of 6 N HCl for 12 h gave the highest percent of degree hydrolysis (%DH) at 60.0% and 66.0% and salt content at 22.6% and 22.8% respectively. Volatile compounds of both mushrooms protein hydrolysates at the highest percent degree of hydrolysis were identified by dynamic headspace gas chromatography mass spectrometer (DHS GC-MS). The major volatiles compounds found in Shiitake and Nangrom mushroom protein hydrolysates were 2-pentyl-furan, nonanal, E-2-nonenal, 3-octanaone, (E,E)-2,4-decadienal, 2-dodecenal และ (z,z)-9,12-octadecadienoic acid.

Keywords: Shiitake mushroom (*Lentinula edodes*), Nangrom mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer), protein hydrolysates, acidic hydrolysis

บทคัดย่อ

การย่อยสลายโปรตีนจากเห็ดหอม *(Lentinula edodes)* และเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer) ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 1 และ 6 นอร์มัล เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการย่อยสลายโปรตีนจากเห็ดหอมและเห็ดนางรม คือ การใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 โมลาร์ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งให้ค่าระดับการย่อยสลายสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 60.0 และ 66.0 ตามลำดับ โดยมีปริมาณเกลือเท่ากับร้อยละ 22.6 และ 22.8 ตามลำดับ และนำโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดทั้ง 2 ชนิด ที่สภาวะระดับการย่อยสลายสูงที่สุดมาวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้ dynamic headspace gas chromatography mass spectrometer (DHS GC-MS) พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมและเห็ดนางรมมีสาร 2-pentyl-furan, nonanal, E-2-nonenal, 3-octanaone, (E,E)-2,4-decadienal, 2-dodecenal และ (z,z)-9,12-octadecadienoic acid เป็นองค์ประกอบหลัก

คำสำคัญ: เห็ดหอม (*Lentinula edodes*) เห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer) โปรตีนไฮโดรไลเซท การย่อยสลายด้วยกรด

คำนำ

โปรตีนไฮโดรไลเซท (hydrolysate vegetable protein: HVP) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในอาหารหลายชนิด เช่น อาหารแปรรูป ขนม ซอสปรุงรส ซุปก้อน อาหารกระป๋อง เป็นต้น ซึ่ง HVP เกิดจากการย่อยสลายโปรตีนในพืชได้เป็นกรดอะมิโน เพปไทด์ และสารประกอบอื่นๆ เช่น เกลือ โดยทั่วไปในการผลิต HVP ใช้กรดในการย่อยสลายโปรตีนในพืชเนื่องจากต้นทุนต่ำ ใช้เวลาสั้นและมีกลิ่นรสที่ดี โดยนิยมใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4-6 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 100-130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-24 ชั่วโมง และทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Dzanic และคณะ, 1985) ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้

[1]สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
83 หมู่ 8 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150
[1]Division of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi
83 Moo 8 Thakham, Bangkuntien, Bangkok 10150
[2]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
[2]The Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) 35 Moo 3 Technopolis, Tambon Khlong, Amphoe Khlong Luang, Pathum Thani. 12120

ในการผลิต HVP มักเป็นแหล่งโปรตีนสูงและมีราคาถูก เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ข้าวโพด ข้าว ข้าวสาลี เป็นต้น นอกจากวัตถุดิบแหล่งโปรตีนสูงที่กล่าวมาแล้วยังมีวัตถุดิบที่น่าสนใจในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซท คือ เห็ดซึ่งเป็นที่รู้จักและนิยมในการนำมาประกอบอาหาร อีกทั้งยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง จากการวิจัยพบว่า เห็ดมีโปรตีนสูง (ร้อยละ 10.5-43.0) เมื่อเปรียบเทียบกับผักอื่นๆ และมีกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น leucine, lysine, methionine, cystiene, phenylalanine เป็นต้น นอกจากนั้นยังพบกรดกลูตามิกซึ่งช่วยให้กลิ่นรสที่ดี และมีไขมันต่ำ อีกทั้งเห็ดยังมีสรรพคุณทางยารักษาโรค เช่น เห็ดหอม พบว่ามีคุณสมบัติในการยับยั้งเซลล์เนื้องอก (Manzi และ Pizzoferatto, 2000) และการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Cheung และคณะ, 2003) เห็ดจึงเหมาะในการนำมาทำเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซท ซึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการย่อยสลายโปรตีนเห็ดด้วยกรดที่มีต่อคุณภาพเคมี กายภาพและสารหอมระเหย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเห็ดหอมและเห็ดนางรมมาทำแห้ง อบด้วย hot air oven ที่อุณหภูมิ 60°C เวลา 14 ชั่วโมง บดให้ละเอียด และชั่งเห็ดหอมและเห็ดนางรมที่บดละเอียดอย่างละ 10 กรัม ใส่ในขวดก้นกลมเติมกรด HCl 100 มิลลิลิตร โดยแปรความเข้มข้นกรดที่ 1 และ 6 นอร์มัล เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 95°C และทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปปรับให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5 โมลาร์ โดยให้มีพีเอชประมาณ 6 จากนั้นกรองแยกกากออกด้วยกระดาษกรอง No. 1 และนำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ปริมาณเกลือโดยใช้ salinity refractometers ค่าพีเอชโดยใช้ pH meter ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta color reader รุ่น C-10) ร้อยละการย่อยสลาย (%degree of hydrolysis, %DH) โดยวิธี trichloriacetic acid method และเลือกภาวะที่ดีที่สุดของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมและเห็ดนางรมมาวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้ dynamic headspace gas chromatography mass spectrometer (DHS GC-MS) คอลัมน์ชนิด HP5-MS (30 m length x 250 µm ID x 0.25 µm film thickness) มีแก๊สฮีเลียมเป็น carrier gas ที่อัตราไหลคงที่ 1 มล/นาที โดยตั้งอุณหภูมิของ oven ที่ 50°C คงที่ไว้ 2 นาที เพิ่มเป็น 180°C ที่อัตรา 8°C/min คงที่ไว้ 5 นาที และเพิ่มเป็น 220°C ที่อัตรา 8°C/min คงที่ไว้ 10 นาที จำแนกชนิดของสารโดยใช้ NIST-MS และ Wiley library และคำนวณค่า RI โดยเทียบจาก alkane standard C_6-C_{20} ซึ่งภาวะในการผลิต MPH เห็ดแต่ละชนิดวางแผนการทดลองแบบ 2x2 factorial in completely randomized design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการใช้กรดในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมและเห็ดนางรม ที่ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 1 และ 6 นอร์มัล ย่อยเป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง (Table 1) พบว่า เห็ดหอมที่ย่อยด้วยกรด HCl เข้มข้น 1 นอร์มัล ที่เวลา 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง มีร้อยละการย่อยสลาย (%DH) เท่ากับ 37.5 และ 42.9 ตามลำดับ และมีปริมาณเกลือ (%NaCl) เท่ากับ 7.0 และ 8.1 ตามลำดับ เห็ดหอมที่ย่อยด้วยกรด HCl เข้มข้น 6 นอร์มัล ที่เวลา 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง มี %DH เท่ากับ 60.0 และ 45.4 ตามลำดับ และมีปริมาณเกลือ (%NaCl) เท่ากับ 22.6 และ 21.3 ตามลำดับ ส่วนเห็ดนางรมที่ย่อยด้วยกรด HCl เข้มข้น 1 นอร์มัล ที่เวลา 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง มี %DH เท่ากับ 46.16 และ 45.32 ตามลำดับ และมีปริมาณเกลือ (%NaCl) เท่ากับ 7.0 และ 8.1 ตามลำดับ เห็ดนางรมที่ย่อยด้วยกรด HCl เข้มข้น 6 นอร์มัล ที่เวลา 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง มี %DH เท่ากับ 66.0 และ 50.7 ตามลำดับ และมีปริมาณเกลือ (%NaCl) เท่ากับ 22.8 และ 20.0 ตามลำดับ เมื่อความเข้มข้น HCl เพิ่มขึ้น %DH เพิ่มขึ้น เนื่องจากที่ความเข้มข้นของกรดมากขึ้นสามารถสลายพันธะเพปไทด์ในโปรตีนและองค์ประกอบอื่นๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต และไขมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ที่ความเข้มข้น HCl ที่ 6 นอร์มัล เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น %DH ลดลง ($p \leq 0.01$) เนื่องจากการเพิ่มเวลาให้นานขึ้นทำให้กรดอะมิโนบางชนิดถูกทำลายไป ซึ่งกระบวนการย่อยโปรตีนด้วยกรดเกลือนั้นทำให้กรดอะมิโนชนิดทริปโตเฟน และซีสตีนถูกทำลายได้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่กรดอะมิโนบางชนิดถูกทำลายบางส่วน ทำให้มีปริมาณลดลงร้อยละ 5-10 เช่น ไทโรซีน ซีรีน และทรีโอนีน (Fountoulakis และ Lahm, 1998) จึงเป็นผลให้ %DH ลดลงด้วย ในส่วนของปริมาณเกลือของโปรตีนไฮโดรไลเซท พบว่า เมื่อความเข้มข้นของกรดที่ใช้ในการย่อยเพิ่มขึ้น ทำให้ได้ปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเกลือที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเกิดในขั้นตอนการปรับพีเอชโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งทำให้คลอไรด์ของกรดเกลือ (HCl) ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (สุธีรา, 2535) ดังนั้นเมื่อความเข้มข้นของกรดในการย่อยมากขึ้น NaOH ที่ใช้ในการปรับพีเอชจึงมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ช่วง pH ที่ปรับมีผลต่อปริมาณเกลือด้วยเช่นกัน ส่วนค่าสีของโปรตีน

ไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมที่ความเข้มข้นกรด 1 และ 6 นอร์มัล ที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง มีค่าสีไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยมีค่า L* อยู่ระหว่าง 35.5–35.9 ค่า a* อยู่ระหว่าง (-1.4) – (-1.7) และค่า b* อยู่ระหว่าง 5.1-5.8 ส่วนค่าสีของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดนางรมที่ความเข้มข้นกรด 1 และ 6 นอร์มัล ที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง มีค่าสีไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) มีค่า L* ระหว่าง 35.6 - 35.8 ค่า a* อยู่ระหว่าง (-1.2) – (-1.4) และค่า b* อยู่ระหว่าง 5.7 - 5.9 (Table 1) จากผลของ %DH พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการย่อยสลายโปรตีนจากเห็ดหอมและเห็ดนางรม คือ การใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 นอร์มัล เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เนื่องจากมี %DH สูงที่สุด เมื่อนำโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดทั้ง 2 ชนิด ที่ %DH สูงที่สุดมาวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้ GC-MS พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมมีสารหอมระเหย 8 ชนิด และเห็ดนางรมมีสารหอมระเหย 7 ชนิด ได้แก่ 2-pentyl-furan (green, earthy), nonanal (fatty, citrus), E-2-nonenal (fatty, green), 3-octanaone (mushroom, sweety), (E, E)-2,4-decadienal (fatty, green), 2-dodecenal (green, fat, sweet) และ (z,z)-9,12-octadecadienoic acid (fatty) ยกเว้น decenal (soap, orange peel) พบในเห็ดหอมเพียงอย่างเดียว โดยสารที่มีมากในเห็ดหอมและเห็ดนางรม คือ 3-octanone และ (E, E)-2,4-decadienal มี % relative peak area เท่ากับ 38.19 และ 31.17 ตามลำดับ (Table 2)

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมและเห็ดนางรม คือ การใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 โมลาร์ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งให้ค่าระดับการย่อยสลายสูงที่สุด และมีปริมาณเกลือและค่าสีใกล้เคียงกัน โดยมีลักษณะกลิ่นแบบ green, earthy, fatty, sweet, citrus และ mushroom

Table 1 %Degree of hydrolysis, salt content and color of Shiitake and Nangrom mushroom protein hydrolysate at 1 and 6 N HCl, 12 and 24 h.

ความเข้มข้น HCl	เวลา (ชั่วโมง)	เห็ดหอม					เห็ดนางรม				
		%DH	%NaCl	color value			%DH	%NaCl	color value		
				L^{*NS}	a^{*NS}	b^{*NS}			L^{*NS}	a^{*NS}	b^{*NS}
1 N	12	37.5^d	7.0^b	35.7	-1.6	5.2	46.2^c	5.8^b	35.6	-1.3	5.9
	24	42.9^c	8.1^b	35.5	-1.5	5.3	45.3^d	8.5^b	35.8	-1.2	5.7
6N	12	60.0^a	22.6^a	35.8	-1.4	5.6	66.0^a	22.8^a	35.8	-1.2	5.7
	24	45.5^b	21.3^a	35.9	-1.7	5.6	49.6^b	20.0^a	35.6	-1.2	5.7

^{NS} Mean in the same column with not significantly different ($p>0.05$).

^{a,b,c} Mean in the same column with different letters are significantly different ($p\leq0.05$).

Table 2 Volatile compounds in Shiitake and Nangrom mushroom protein hydrolysate at 6N HCl 12 h.

compound	RI	%relative peak area		odor description
		Shiitake mushroom	Nangrom mushroom	
2-pentyl-furan	1002	11.87	19.75	green, earthy
nonanal	1115	7.82	3.24	fatty, citrus
E-2-nonenal	1155	14.67	18.22	fatty, green
decanal	1230	1.87	-	soap, orange peel
3-octanone	1322	38.19	3.67	mushroom, sweety
(E,E)-2,4-decadienal	1403	0.83	31.17	fatty, green
2-dodecenal	1496	19.83	17.69	green, fat, sweet
(z,z)-9,12-octadecadienoic acid	1871	4.93	6.26	fatty

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการสร้างภาคีบัณฑิตในการผลิตนักศึกษาระดับปริญญาโท-เอก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้การสนับสนุนในงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สุธีรา เสาวภาคย์, 2535, การใช้ประโยชน์จากกากถั่วลิสงในการผลิตน้ำซอสปรุงรส, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Cheung, L.M., Cheung, P.C.K. and Ooi, V. E.C., 2003, Antioxidant Activity and Total Phenolics of Edible Mushroom Extracts, Food Chemistry, 81(2): 249–255.

Dzanic, H., Mujic, I. and Sudarski-Hack, V., 1985, Protein Hydrolysates from Soy Grits and Dehydrated Alfalfa Flour, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 33: 683-685.

Fountoulakis, M., and Lahm, H.W., 1998, Hydrolysis and Amino Acid Composition Analysis of Proteins, Journal of Chromatography A, 826: 109-134.

Manzi, P. and Pizzoferatto, L., 2000, Beta-glucans in Edible Mushrooms, Food Chemistry, 68(3): 315–318.

ความสามารถต้านทานอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคในสารสกัดจากกลีบดอกบัวสุธาสิโนบล

Antioxidant Capacity and Antibacterial Activities of Petal Extracts from *Nymphaea capensis* var. *zanzibariensis*

สมนึก ยิ้มย่อง[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,5] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] นวลฉวี เวชประสิทธิ์[3] ณ. นพชัย ชาญศิลป์[4] และ เฉลิมชัย วงษ์อารี[1,5]

Yimyong, S.[1], Uthairatanakij, A.[1,5], Laohakunjit, N.[2], Wetprasit, N.[3], Chansilpa, N.N.[4] and Wongs-Aree, C.[1,5]

Abstract

Nymphaea capensis var. *zanzibariensis*, a tropical day-blooming waterlily, distributing widely in natural ponds across Thailand, acquires various colourful flowers due mainly to sexually open pollination of its breeding. The objective of this study was to investigate antioxidant and antibacteria activities of petal extracts from 2 different colour flowers of *N. capensis* var. *zanzibariensis*-pink and *N. capensis* var. *zanzibariensis*-blue. There were significant differences of phenolic and anthocyanin contents ($P \leq 0.05$) in petal extracts between the both related to antioxidant activities from both 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl Radicals (DPPH) and Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) methods. Nevertheless growth of some bacteria was inhibited by both petal extracts as more effective to gram positive bacteria when evaluated by minimum inhibitory concentration (MIC) technique. Furthermore *N. capensis* var. *zanzibariensis* -pink's extract showed higher inhibitory efficiency in term of wide-rang of bacterial species (11 out of 19 tested species).

Keywords: *Nymphaea capensis* var. *zanzibariensis*, antioxidant, antibacteria

บทคัดย่อ

สุธาสิโนบลเป็นบัวบานกลางวันในกลุ่มอุบลชาติเขตร้อนพบกระจายอยู่ตามแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วประเทศ ซึ่งดอกมีสีสันหลากหลายเนื่องจากสามารถขยายพันธุ์ได้เองแบบผสมเปิด งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากิจกรรมการต้านทานอนุมูลอิสระ 2 วิธีคือ ferric reducing antioxidant power (FRAP) และวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radicals (DPPH) สารสกัดจากกลีบดอกสุธาสิโนบล 2 สีคือ สีน้ำเงินและสีชมพู และหาค่าความเข้มข้นที่ต่ำสุด (minimum inhibitory concentration: MIC) ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 19 สายพันธุ์ จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าสารสกัดจากกลีบดอกบัวสุธาสิโนบลสีชมพู มีปริมาณสารประกอบฟีนอล และปริมาณแอนโทไซยานิน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกลีบดอกบัวสุธาสิโนบลสีน้ำเงิน สอดคล้องกับการวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระทั้งสองวิธี นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากกลีบดอกบัวพันธุ์สุธาสิโนบลสีชมพูสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีกว่าสารสกัดจากกลีบดอกบัวสุธาสิโนบลสีน้ำเงิน โดยยับยั้งเชื้อได้ 11 ชนิด จากเชื้อ 19 ชนิด นอกจากนี้สารสกัดจากกลีบดอกบัวทั้งสองพันธุ์มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ

คำสำคัญ: สุธาสิโนบล กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย

[1]หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1]Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien Campus, Bangkok 10150, Thailand

[2]หลักสูตรเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2]Biochemical Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien Campus, Bangkok 10150, Thailand

[3]สายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

[3]Department of Biotechnology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, HuaMark Bangkapi, Bangkok 10240, Thailand

[4]สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110

[4]Department of Plant Science, Faculty of Agricultural and Naturalresource, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Sriracha, Chonburi 20110, Thailand

[5]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[5]Postharvest Innovation center –KMUTT BangkhunThian, Bangkok 10150, Thailand

คำนำ

สุธาสิโนบลเป็นบัวในกลุ่มอุบลชาติ นำเข้ามาในประเทศไทยในสมัยรัชกาลที่ 5 ดอกมีขนาดใหญ่ และมีกลิ่นหอมบานในเวลากลางวัน กลีบเลี้ยงมีสีเขียว กลีบดอกมีตั้งแต่สีน้ำเงิน สีฟ้าอ่อน สีม่วง และสีชมพูแดง สามารถแพร่กระจายพันธุ์และผสมพันธุ์ได้ง่ายทั้งผสมในพันธุ์เดียวกันหรือผสมข้ามพันธุ์ (ณ.นพชัย, 2549) พบได้ทั่วไปตามแหล่งน้ำธรรมชาติ (Master, 1974) กระจายตัวอยู่ทั่วประเทศ ดอกของบัวสุธาสิโนบลมีสีสันต่างๆ มากมาย โดยกลีบดอกสุธาสิโนบลสีชมพู มีการสะสมแอนโทไซยานินชนิด delphinidin มากกว่า cyanidin ส่วนกลีบดอกบัวพันธุ์สุธาสิโนบลสีน้ำเงินมีการสะสมอนุพันธ์ของ cyanidin มากกว่า delphinidin (สุดารัตน์ และคณะ, 2551) ซึ่งสารประกอบฟีนอล เช่น แอนโทไซยานิน มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ และมีฤทธิ์ในการต้านทานเชื้อแบคทีเรียก่อโรค (Rodríguez Vaqureo และคณะ, 2007) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคในสารสกัดจากกลีบดอกบัวพันธุ์สุธาสิโนบลสีน้ำเงินและสีชมพู เพื่อเป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นในการใช้ประโยชน์จากบัวต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

<u>การเตรียมสกัดสารจากบัว</u>

นำกลีบดอกบัวสด 10 กรัม มาปั่นกับ acidified methanol (methanol ใน HCl ความเข้มข้นร้อยละ 0.01) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร (1:2) กรองด้วยกระดาษ Whatman No.1 จากนั้นนำกากที่เหลือสกัดซ้ำด้วย acidified methanol อีก 2-3 ครั้ง นำส่วนที่สกัดได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator (BÜCHI Rotavapor รุ่น R-205) ชั่งน้ำหนักของสารที่สกัดได้แล้วปรับปริมาตรด้วย acidified water (ดัดแปลงจาก Rodriguez-Saona และ Wrolstad, 2005)

<u>การหาปริมาณสารประกอบฟีนอล</u>

นำสารละลายมาตรฐาน gallic acid ที่ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 250 ,500 มิลลิกรัมต่อลิตร และตัวอย่างสารสกัดจากกลีบบัว 20 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 1.58 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสาร Folin Ciocalteu ความเข้มข้น 2 N ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 8 นาที เติมสารละลาย Na_2CO_3 ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันจากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภมิ 40 °C นาน 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร (Singleton และ Rossi, 1965)

<u>การหาปริมาณแอนโทไซยานิน</u>

วัดปริมาณแอนโทไซยานิน (monoeric anthocyanins) โดยคำนวณจากความแตกต่างในการดูดกลืนแสงของสารสกัดที่อยู่ในสภาวะสมดุลในบัฟเฟอร์ potassium chloride ความเข้มข้น 0.25 M ที่ pH 1.0 และเปรียบเทียบกับบัฟเฟอร์ sodium acetate ความเข้มข้น 0.4 M ที่ pH 4.5 (Giusti และ Wrolstad, 2005) โดยใช้เครื่อง spectrophotometer (Shimadzu รุ่น UV-1601)

<u>การทดสอบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ</u>

ทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกลีบดอกบัวทั้ง 2 สายพันธุ์ 2 วิธีคือ วิธี DPPH free radical scavencing method (Brand-Williams และคณะ, 1995) ส่วนวิธี ferric reducing antioxidant power (FRAP) วัดตามวิธีของ Benzie และ Strain (1996)

<u>การทดสอบฤทธิ์ในการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย</u>

หาค่าความเข้มข้นที่น้อยที่สุดของสารสกัดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 19 สายพันธุ์ (Table1) ด้วยวิธี agar dilution (ESCMID, 2000) โดยเขี่ยเชื้อจากอาหารชนิดแข็ง (Mueller Hinton agar) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว Mueller Hinton broth 2 มิลลิลิตร แล้วนำมาเทียบความขุ่นกับ Mc Farland Standard No.5 ซึ่งมีจำนวนเชื้อเท่ากับ $1.5x10^8$ CFU/ml นำไปเจือจางอีก 1:40 เท่า จากนั้นเตรียมสารสกัดจากบัวให้มีความเข้มข้นเริ่มต้น 10.00, 5.00, 2.5, 1.25, 0.625, 0.315, 0.1563, 0.078, 0.039, 0.00195 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วย Mueller Hinton broth นำสารสกัดจากบัว 2 มิลลิลิตรผสมด้วยอาหารแข็งที่นึ่งฆ่าเชื้อ 18 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันนำไปเทบนจานแก้วที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ความเข้มข้นสุดท้ายสารสกัดคือ 1000, 500, 250,125, 62.5, 31.25, 15.62, 7.81, 3.90, 1.95 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำเชื้อแบคทีเรียเจือจางที่เตรียมไว้ 10 ไมโครลิตร หยดเชื้อลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อผสมสารสกัดจากกลีบดอกบัวที่ความเข้มข้นต่างๆ รวมไปถึงจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่เติมสารสกัดจากบัว (ชุดควบคุม1) และจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารละลายกรด HCl ความเข้มข้นร้อยละ 0.01 (ชุดควบคุม2 เพราะใช้ HCl ร้อยละ 0.01 เป็นตัวทำละลายสารสกัดจากบัว) และสารปฏิชีวินะ Ampicillin และ Chloramphenicol ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นชุดควบคุมบวก (positive control) แล้วนำเข้าตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง

Table 1 Total phenolic content total anthocyanins content and antioxidant activity from petal waterlily extracts.

Waterlily extracts	Total Phenolic content (GAEmg/100gFW)	Total anthocyanin content (mg/100gFW)	FRAP Assay TAEC(mM/100gFW)	DPPH Assay TEAC(mM/100gFW)
N. capensis var.*zanzibariensis* blue	616.4[b]	16.97[b]	1,290.4[b]	781.0[b]
N. capensis var.*zanzibariensis* pink	1,116.6[a]	21.22[a]	1,432.5[a]	800.1[a]
T-Test	*	*	*	*

* significant at P = 0.05

Table 2 Antibacterial activities of waterlily extracts by minimum inhibitory concentration (MIC).

Microbial	MIC (μg/ml)	
	N. capensis var. *zanzibariensis* blue	*N. capensis* var. *zanzibariensis* pink
1. *Acinetobacter anitratus* DMST 4183	NI	NI
2. *Acinetobacter lwoffii* ATCC 15309 (DMST 4229)	500	125
3. *Bacillus cereus* ATCC 11778 (DMST 5040)	500	125
4. *Burkholderia cepacia* ATCC 25416 (DMST 4205)	1,000	250
5. *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 (DMST 4736)	NI	1,000
6. *Escherichia coli* ATCC 25922 (DMST 4212)	NI	NI
7. *Escherichia coli* O157.H7 DMST 12743	NI	NI
8. *Klebsiella pneumoniae* ATCC 27736	NI	NI
9. *Pseudomonas aeruginasa* ATCC 27853 (DMST 4739)	1,000	500
10. *Pseudomonas fluorescens* DMST 6034	NI	NI
11. *Salmonella enteritidis* ATCC 17368	NI	NI
12. *Salmonella typhi* DMST 5784	NI	NI
13. *Shigella dysenteriae* DMST 15111	500	125
14. *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (DMST 8840)	1,000	500
15. *Staphylococcus aureus* DMST 20654 (MRSA)	1,000	500
16. *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228 (DMST 15505)	500	125
17. *Streptococcus agalactiae* DMST 17129	1,000	1,000
18. *Streptococcus pyogenes* DMST 17020	250	125
19. *Vibrio cholerae* nonO1, nonO139 DMST 2873	NI	NI

NI = No inhibition at 1000 μg/ml

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สารสกัดจากกลีบดอกบัวสุธาสิโนบลสีชมพูมีปริมาณสารประกอบฟีนอล 1116.6 GAEmg/100gFW และมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 21.22 mg/100gFW (Table1) แตกต่างจากสารสกัดจากกลีบดอกบัวพันธุ์สุธาโนบลสีน้ำเงินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระทั้งสองวิธี พบว่าสารสกัดจากกลีบดอกบัวพันธุ์สุธาสิโนบลสีชมพูมีกิจกรรมในการต้านทานอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดจากกลีบดอกบัวพันธุ์สุธาสิโนบลสีน้ำเงิน สอดคล้องกับปริมาณฟีนอล และแอนโทไซยานิน โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงทำให้มีความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระสูงด้วย (Rice-Evans และคณะ, 1997)

จากการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 19 สายพันธุ์ ของสารสกัดจากกลีบดอกบัวสุธาสิโนบลสีชมพู และสุธาสิโนบลสีน้ำเงินเปรียบเทียบกับยาปฏิชีวนะ Ampicillin และ Chloramphenicol พบว่าทุกความเข้มข้นของสารสกัดจากกลีบดอกบัวทุกความเข้มข้นมีความไวต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้น้อยกว่ายาปฏิชีวนะที่ทดสอบ (ไม่แสดงผลการทดลอง) และสารสกัดจากกลีบดอกบัวทั้งสองพันธุ์มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ โดยสารสกัดจากกลีบดอกสุธาสิโนบลสีชมพูยับยั้งเชื้อได้ 11 ชนิด (Table2) โดยที่ความเข้มข้น 125 ไมโครกรัมต่อลิตร มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *A. lwoffii*, *B. cereus*, *S. dysenteriae*, *S. epidermidis* และ *S. pyogenes* ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *B.cepacia* ส่วนที่ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. aeruginasa*, *S. aureus*, *S. aureus* (MRSA) และที่ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ยับยั้งเชื้อ *E. faecalis และ S.agalactiae* (Table.2) ทั้งนี้สารสกัดจากกลีบดอกบัวสุธาสิโนบลสีน้ำ

เงินสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ชนิดเดียวกันกับสารสกัดจากกลีบดอกบัวสุธาสิโนบลสีชมพู ยกเว้น *E. faecalis* เท่านั้นที่ไม่สามารถยับยั้งได้ และยังมีความไวต่อการยับยั้งเชื้อได้น้อยกว่า (Table2) เป็นไปได้ว่าโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลในสารสกัดจากบัวสุธาสิโนบลสีน้ำเงินมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลน้อยกว่า ทำให้ความสามารถในการทำลายโครงสร้างของเซลล์แบคทีเรียได้น้อยกว่าด้วย มีผลทำให้มีความไวต่อการยับยั้งเชื้อได้น้อยกว่า (Scalbet,1991)

สรุปผล

สารสกัดจากกลีบดอกบัวสุธาสิโนบลสีชมพูมีปริมาณฟีนอล ปริมาณแอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ DPPH มากกว่าสารสกัดจากกลีบดอกบัวสุธาสิโนบลสีน้ำเงิน และสารสกัดจากกลีบดอกบัวทั้งสองพันธุ์มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ โดยสุธาสิโนบลสีชมพู สามารถยับยั้งเชื้อได้ 11 ชนิด และสุธาสิโนบลสีน้ำเงินยับยั้งเชื้อได้ 10 ชนิด โดยสารสกัดจากกลีบดอกบัวสุธาสิโนบลสีน้ำเงินมีความไวต่อการยับยั้งเชื้อได้น้อยกว่าสารสกัดจากกลีบดอกสุธาสิโนบลสีชมพู

คำขอบคุณ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และเครื่องมือจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ. ภูรินทร์ อัครกุลธร พิพิธภัณฑ์บัว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี ในการอนุเคราะห์เรื่องพันธุ์บัวและตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

ณ. นพชัย ชาญศิลป์, 2549, ม่วงกษัตริย์ไม่ใช่สุธาสิโนบล, ใน เอกสารการประกอบการสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจ, งานมหกรรมพืชสวนโลกเฉลิมพระเกียรติฯ ราชพฤกษ์, หน้า 113-118.

สุดารัตน์ ขุนเมือง, มัณฑนา บัวหนอง, ณ. นพชัย ชาญศิลป์, ภูรินทร์ อัครกุลธร และเฉลิมชัย วงษ์อารี, 2551, การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแอนโทไซยานินในดอกบัวบางสายพันธุ์ในกลุ่มอุบลชาติ, การประชุมสัมมนาวิชาการ เรื่องการพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจของชาติ, ครั้งที่ 6, ณ ห้องประชุมพวงพะยอม อาคารวิทยาบริการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, หน้า 36-42.

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.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berest, C., 1995, Use of a Free Radical Method to Evaluate Atioxidant Activity, Lebensmittel - Wissenschaft and Technologie, 28: 25-30.

European Societyof Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID), 2000, Determination of the Minimum Inhibitory Concentrations (MICs) of Antibacterial Agents by Agar Dilution, Clinical Microbiology and Infection, 6: 509-515.

Giusti, M.M. and Ronald, E. Wrolstad, 2005, Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy, pp. 19-31, In: Handbook of Food Analytical Chemistry (Vol 2): Pigment, Flovors, Texture and Bioactive Food Components,

Wrolstad, R.E., Terry, E. Acree, Micheal. H. Penner,David, S. Reid, Steven J. Schwartz, Charles F. Shoemaker, Denise, Smith. and Peter, Sporns (Eds.), John Wiley and Sons. Inc., New Jersey:

Master Charles O, 1974, Encyclopedia of the Water-Lily, T.F.H. Publication. Neptune City, 512 p.

Scalbet, A., 1991, Antimicrobial Properties of Tannins, Phytochemistry, 30 (12): 3875-3883.

Singleton,V.L., and Rossi, J., 1965, Colorimetry of Total Phenolic with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents, American Journal of Enology and Veticulture, 16: 144-158.

Rice-Evans C.A., Miller,N. J. and Paganga, G., 1997, Antioxidant Properties of Phenolic Compounds, Trend in Plant Science, 2: 152-159.

Rodriguez-Saona, L.E. and Ronald, E.W., 2005, Extraction, Isolation and Purification of Anthocyanins, pp. 7-17, In: Handbook of Food Analytical Chemistry (Vol 2): Pigment, Flovors, Texture and Bioactive Food Components, Wrolstad, R.E., Terry.E.

Rodríguez Vaqureo, M.J., Alberto, M. R., Manca de Nadra, M.C., 2007, Antibacterial Effect of Phenolic Compounds from Wines, Food Control, 18: 93-101.

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus* spp.

Efficiency of Four Essential Oils on Growth of *Aspergillus* spp.

ภัสจนันท์ หิรัญ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Hiran, P.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Efficiency of four essential oils; citronella, lime, clove and cinnamon at concentration of 0, 10, 30, 60 and 100 ppm on antifungal of three *Aspergillus* spp. was monitored by using disc diffusion method. It was found that clove and cinnamon oils inhibited higher growth of *A. niger* and *A. terreus* compared to citronella and lime oils. Cinnamon oil at 100 ppm could inhibit the maximum growth of A. *niger* and clove oil at 100 ppm could inhibit the maximum growth of *A. terreus*. For *A. fumigatus* inhibition, it was found thatcitronella oil at 30 ppm could inhibit the growth of this fungal at 100%, and cinnamon at 100 ppm could have a greater inhibition on *A. fumigates* after citronella oil.

Keywords: essential oil, citronella, cinnamon, clove, lime

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด คือ ตะไคร้หอม มะนาว กานพลู และอบเชย เข้มข้น 0, 10, 30, 60 และ 100 พีพีเอ็ม ต่อการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* spp. 3 ชนิด โดยวิธี disc diffusion method พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูและอบเชยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. niger* และ *A. terreus* ได้สูงกว่าน้ำมันหอมตะไคร้และมะนาว โดยน้ำมันอบเชยเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญ เติบโตของเชื้อรา *A.niger* ได้สูงที่สุดและน้ำมันหอมระเหยกานพลูความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. terreus* ได้สูงสุดสำหรับเชื้อรา *A. fumigatus* พบว่าน้ำมันหอมตะไคร้หอม เข้มข้น 30 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราชนิดนี้ได้ร้อยละ 100 รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยอบเชย เข้มข้น 100 พีพีเอ็ม

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย ตะไคร้หอม อบเชย กานพลู มะนาว

คำนำ

น้ำมันหอมระเหยจากพืชของไทย เช่น สมุนไพรไทย ได้รับความสนใจจากการตื่นตัวทางด้านสุขภาพมาก และเข้ามามีส่วนในชีวิตประจำวันมากขึ้น ทั้งในด้านอาหาร ยา เครื่องสำอาง เครื่องอุปโภคประจำวัน เป็นต้น (รัตนา, 2545) ประเทศไทยมีความหลากหลายของพืชพื้นบ้านและพื้นท้องถิ่น ทั้งพืชสมุนไพร เครื่องเทศ หรือพืชพรรณตามธรรมชาติกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาค นอกจากนำมาใช้บริโภคแล้วยังมีการนำมาใช้ประโยชน์อื่นๆ เช่น ด้านเภสัชกรรม (วันดี, 2536) ด้านการป้องกันกำจัดศัตรูพืช แต่ในต่างประเทศงานวิจัยด้านสารจากพืชและนำมาใช้ประโยชน์มานานหลายศตวรรษ มีการพัฒนาวิจัยน้ำมันหอมระเหยจากพืชสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา เครื่องสำอาง และใช้เป็นสารต้านมะเร็ง สารกำจัดศัตรูพืช สารต้านอนุมูลอิสระ สารเติมในอาหารเพื่อเป็นสารกันหืน สำหรับงานวิจัยด้านน้ำมันหอมระเหยจากพืช และการนำมาประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยของต่างประเทศมีความล้ำหน้ากว่าประเทศไทย ทั้งๆที่ประเทศไทยมีความหลากหลายของพืชมากกว่าต่างประเทศ การที่งานวิจัยและพัฒนาสารธรรมชาติจากพืชของประเทศไทยไม่ก้าวหน้ามากนัก เนื่องจากอาจมีความเชื่อว่าสารในพืชมีประสิทธิภาพด้อยกว่าสารเคมีสังเคราะห์ ประกอบการนำมาใช้ส่วนใหญ่ยังพึ่งพาภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งกรรมวิธีการผลิตยังไม่เป็นมาตรฐาน การควบคุมรับรองความปลอดภัยยังอยู่ในวงจำกัดและการตรวจสอบปริมาณสารออกฤทธิ์ยังพึ่งพาเทคโนโลยีที่ทันสมัย รวมทั้งขาดบุคคลากรสำหรับการวิจัยและพัฒนาเชิงอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง น้ำมันหอมระเหยจากพืชในไทยจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้น้อย และไม่เป็นที่นิยม แต่ในปัจจุบันน้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นสารจากธรรมชาติ กำลังได้รับความนิยมเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยเป็นสารธรรมชาติที่มีรายงานฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย รวมทั้งฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพที่มีขอบข่ายการออกฤทธิ์กว้าง (Matan และคณะ 2007; Velluti และคณะ, 2003; Cheng และคณะ, 2007) จึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่ง

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8, Tientalay Rd. Bangkhuntein, Bangkok 10150

ที่จะนำเอาน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากพืชสมุนไพรเช่น กานพลู อบเชย ตะไคร้และมะนาว มาใช้ในการควบคุมการเจริญของเชื้อราได้ อย่างไรก็ดี ถ้ามีการนำเอาน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพแล้วได้ผลดีอาจจะนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำมันหอมระเหย ใช้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ กานพลู อบเชย ตะไคร้และมะนาว 10, 30, 60,100 พีพีเอ็ม ด้วย dimethy sulfoxide (DMSO) จากนั้นหยดสารละลายที่เตรียมได้ลงบนกระดาษที่ไม่เติมสารเคมี (เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร) 30 ไมโครลิตร

การเตรียมเชื้อ นำน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วปริมาณ 5 มิลลิลิตร มาละลายเชื้อราที่อยู่บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) ขูดเชื้อให้ละลายกับน้ำกลั่นเติม tween 20 เล็กน้อยเก็บไว้เพื่อนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพในขั้นตอนต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัด ด้วยวิธี disc duffusion method โดยนำไม้พันสำลีที่ฆ่าเชื้อแล้วมา spread เชื้อที่เตรียมไว้ลงบน Potato dextrose agar (PDA) ให้ทั่ว ทิ้งไว้ 15นาที จากนั้นวางกระดาษที่หยดน้ำมันหอมระเหยที่ต้องการทดสอบวางลงบนอาหารเลี้ยง ที่มีเชื้ออยู่ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน สังเกต clear zone ทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลู และอบเชย สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้และมะนาวตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Matan และคณะ (2005) และน้ำมันหอมระเหยอบเชยเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. niger* ได้สูงสุดซึ่งมี clear zone เท่ากับ 71.1 มิลลิเมตร *สำหรับเชื้อ Aspergillus terreus* พบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยมะนาวและตะไคร้ โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งเชื้อได้ดีซึ่งมีขนาด clear zone เท่ากับ 64.33 มิลลิเมตรสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tzortzakis และคณะ (2007) พบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Aspergillus terreus* ได้ดี สำหรับในการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus fumigatus* ได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชอีก 3 ชนิดและน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ความเข้มข้นสูงกว่า 30 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus fumigatus* ได้ร้อยละ 100

สรุปผล

น้ำมันหอมกานพลู และ อบเชย สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา A. *niger* และ A. *terreus* ได้สูงกว่าน้ำมันหอมตะไคร้และมะนาวโดยน้ำมันหอมระเหยอบเชยเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราA.nigerได้สูงที่สุดและน้ำมันหอมระเหยกานพลูความเข้มข้น100พีพีเอ็มยับยั้งการเจริญของเชื้อ รา A. *terreus* ได้สูงสุด สำหรับเชื้อรา A. *fumigatus* พบว่าน้ำมันหอมตะไคร้หอม เข้มข้น 30 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราชนิดนี้ได้ร้อยละ100 รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยอบเชยเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus* spp. ควรเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยและกานพลูเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิดนี้มีฤทธิ์ในการยับยั้งได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดอื่นและควรใช้น้ำมันหอมระเหยชนิดนี้ที่ความเข้มข้นมากกว่า 100 พีพีเอ็ม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา

Table 1. Antifungal of essential oil from lime and clove for antifungal *Aspergillus* spp.

EOS	Conc.	Inhibition zone of antifungal (mm)			
		A.niger	*A.terreus*	*A.fumigatus*	*Aspergillus* spp.
Control (DMSO)*	0	0	0	0	0
Lime oil	10	24.60^{c}	25.27^{b}	24.00^{c}	15^{c}
	30	25.40^{bc}	25.33^{b}	35.33^{b}	60^{b}
	60	29.30^{ab}	26.67^{b}	37.10^{ab}	90^{a}

Table 1 Antifungal of essential oil from Lime and Clove for antifungal *Aspergillus* sp. (continue.).

EOS	Conc.	Inhibition zone of antifungal (mm)			
		A. niger	*A. terreus*	*A. fumigatus*	*Aspergillus* sp.
Clove	10	34.30^{c}	27.6^{d}	26.3^{d}	15^{c}
	30	43.30^{b}	47.33^{c}	31.67^{c}	19.66^{ab}
	60	64.70^{a}	60.67^{b}	42.00^{b}	70.1^{b}
	100	67.30^{a}	64.33^{a}	59.67^{a}	73.33^{a}
Lemongrass	10	27.70^{b}	24.00^{b}	49.54^{b}	15^{c}
	30	28.60^{b}	27.0^{ab}	90^{a}	15^{c}
	60	30.06^{b}	29.00^{a}	90^{a}	31.83^{b}
	100	37.00^{a}	29.00^{a}	90^{a}	34.86^{a}
Cinnamon bark	10	31.00^{d}	34.00^{c}	43.67^{c}	50.3^{c}
	30	44.00^{c}	40.00^{b}	47.67^{c}	59.2^{b}
	60	66.70^{b}	54.67^{a}	73.33^{b}	73.53^{ab}
	100	71.70^{a}	58.67^{a}	81.33^{a}	77.46^{a}

$^{a, b, c}$ Different superscripts in the same column indicated that means were significantly different ($p<0.05$)

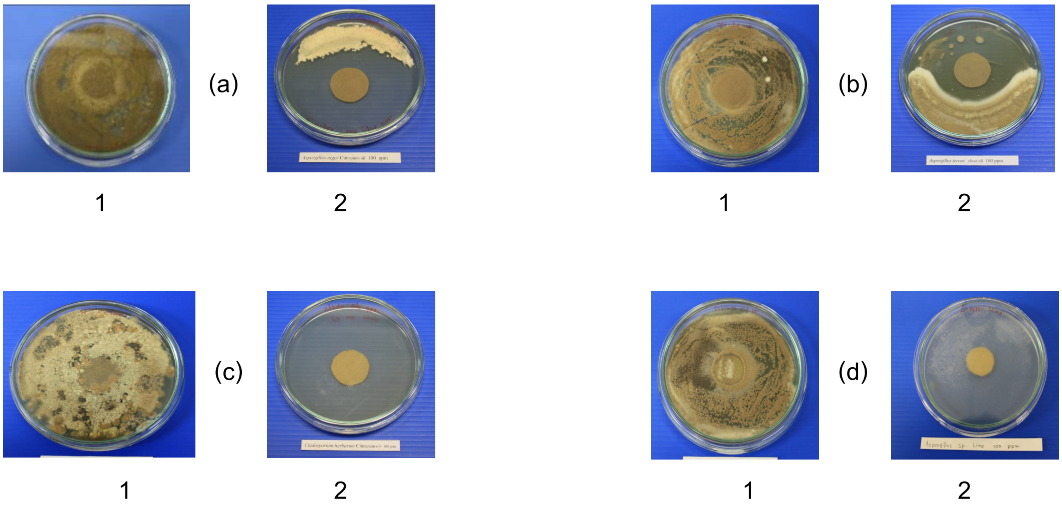


Figure 1 Appearance of (a) control (1) and Inhibition zone of antifungal *A.niger* from Cinnamon oil 100 ppm (2), (b) control (1) and Inhibition zone of antifungal *A.terreus* from Clove oil 100ppm (2), (c) control (1) and Inhibition zone of antifungal *A.fumigatus* (2), (d) control (1) and Inhibition zone of antifungal *Aspergillus* sp. (2)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และ ศ.ดร. นันทวัน บุณยะประภัศร ผู้ประสานงานชุดโครงการสมุนไพรเพื่อคุณภาพชีวิต ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

วันดี กฤษณพันธ์, 2536, เภสัชวินิจฉัย-ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ, ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า 30-31.

รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2545, การตรวจสอบและสกัดแยกสารสำคัญจากพืชสมุนไพร, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, หน้า 77-95.

Matan, N., Rimkeeree, H., Mawson, A.J., Chompreeda, P., Haruthaithanasan, V., Parker, M., 2005, Antimicrobial Activity of Cinnamon and Clove Oils Under Modified Atmosphere Conditions, International Journal of Food Microbiology 107: 180 – 185.

Matan, N., and Nirundorn, M., 2007, Antifungal Activities of Anise Oil, Lime Oil, and Tangerine Oil Against Molds on Rubberwood (*Hevea drasiliensis*), International Biodeterioration and Biodegradation, 6: 75-78.

Tzortzakis, N.G., and Economakis, C.D., 2007, Antifungal Activity of Lemongrass (Cympopogon Citratus L.) Essential Oil Against Key Postharvest Pathogens, Innovative, Food Science and Emerging Technologies, 8: 253–258.

Cheng, S.S., Liu, J.Y., Chang, E.H. and Chang, S.T., 2007, Antifungal Activity of Cinnamaldehyde and Cugenol Congeners Against Wood-Rot Fungi, Bioresource Technology, 99: 5145–5149.

Velluti, A., Sanchis, V., Ramos, A.J., Egido, J. and Marın, S., 2003, Inhibitory Effect of Cinnamon, Clove, Lemongrass, Oregano and Palmarose Essential Oils on Growth and Fumonisin B1 Production by *Fusarium proliferatum* in Maize Grain, Journal of Food Microbiology, 89: 145–154.

สารยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสจากมะรุม

α-Glucosidase Inhibitor from *Moringa oleifera* Lamk.

วิมลพรรณ รุ่งพรหม[1] ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล[1] และ สมฤดี เลี่ยมทอง[1]

Rungprom, W.[1], Siripornvisal, S.[1] and Lianthong, S.[1]

Abstract

α-Glucosidase is an enzyme responsible for the hydrolysis of starch and carbohydrates to monosaccharide substituents. For diabetes patients, inhibition of α-Glucosidase activity is a way of choice to regulate the elevated level of glucose in blood. This present study is to screen for α-Glucosidase inhibitors from seven Thai medicinal plants traditionally used for the therapy of diabetes. Among the sample tested, the methanolic extract derived from leaves of *Moringa oleifera* Lamk., belongs to the family Moringaceae, showed 50.84 % inhibition at a concentration of 1.0 mg/ml comparable to the authentic drug, Acarbose®, which exhibited 58.95 % inhibition at the concentration of 1.0 mg/ml. Therefore, we also further evaluated the α-Glucosidase inhibitory activity in the each parts of *Moringa oleifera* Lamk. The methanolic extract of leaf, seed oil and root of *Moringa oleifera* Lamk., at the concentration of 1.0 mg/ml, also revealed the percentage of inhibition as 50.84, 34.21 and 24.74 %, respectively.

Keywords: α-Glucosidase, *Moringa oleifera* Lamk, diabetes therapy

บทคัดย่อ

เอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส เป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อการย่อยแป้งและคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสเป็นวิธีหนึ่งในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด สำหรับงานวิจัยที่นำเสนอนี้ เป็นการตรวจหากิจกรรมของสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสในพืชสมุนไพรไทย 7 ชนิด ซึ่งเคยใช้รักษาโรคเบาหวานโดยวิธีพื้นบ้าน จากตัวอย่างสารสกัดที่ทำการทดสอบทั้งหมด พบว่า สารสกัดเมทานอลของมะรุม (*Moringa oleifera* Lamk.) ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ MORINGACEAE ที่ความเข้มข้น1.0 mg/ml มีร้อยละการยังยั้ง เท่ากับ 50.84 ซึ่งใกล้เคียงกับยารักษาโรคเบาหวาน Acarbose® ที่ใช้เป็นสารมาตรฐาน โดยที่ความเข้มข้น1.0 mg/ml มีร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 58.95 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการสกัดสารจากส่วนต่างๆ ของมะรุม ได้แก่ ใบ น้ำมันจากเมล็ด และ ราก ด้วยเมทานนอล พบว่า เมื่อนำสารสกัดจากส่วนใบ น้ำมันจากเมล็ด และ ราก ไปทดสอบการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส พบว่ามีร้อยละของการยับยั้งเท่ากับ 50.839 34.211 และ 24.737

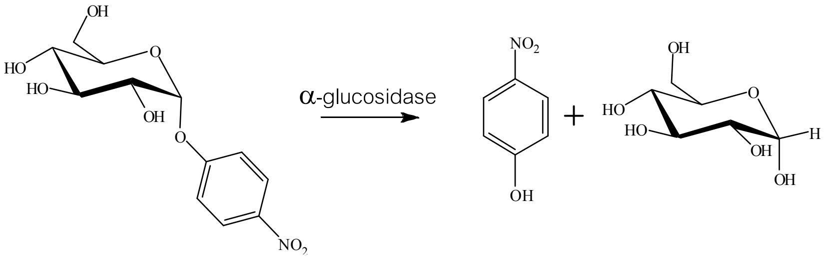
คำสำคัญ: แอลฟากลูโคซิเดส มะรุม การบำบัดโรคเบาหวาน

คำนำ

การลดปริมาณน้ำตาลในเลือด เป็นแนวทางหนึ่งที่ได้ผลดีในการรักษาโรคเบาหวาน โดยปกติภายหลังการรับประทานอาหาร เอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสซึ่งอยู่บริเวณผนังเซลล์ของลำไส้ จะทำหน้าที่ย่อยแป้งและคาร์โบไฮเดรตให้เป็น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอนไซม์ (Johnston, 1994) การยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส ทำให้สามารถชะลอการดูดซึมกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือด และชะลอการเพิ่มของระดับน้ำตาลในกระแสเลือด การศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส ของสารที่สกัดได้จากสมุนไพร จะใช้เทคนิคทางสเปกโทรสโกปี เพื่อติดตามปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์สารตั้งต้นไปเป็นผลิตภัณฑ์ดังสมการ (Ahmed และคณะ, 2001)

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1]Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya district, Phranakhon Si Ayutthaya province, 13000



Substrate p-nitrophenol glucose

p-nitrophenyl-α-*D*-glucopyranoside (yellow)

p-nitrophenyl-α-*D*-glucopyranoside (PNP-G) เป็นสารละลายไม่มีสี ทำหน้าที่เป็น substrate ในปฏิกิริยา เมื่อมีเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส PNP-G จะถูกไฮโดรไลซ์ไปเป็น *p*-nitrophenol ซึ่งเป็นสารละลายใสสีเหลือง และน้ำตาลกลูโคส ซึ่งสามารถตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นโดยใช้เทคนิค UV-Visible spectroscopy โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 nm ถ้าผลการทดลองให้ค่าการดูดกลืนแสงมาก แสดงว่าเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ถ้าการทดลองให้ค่าการดูดกลืนแสงน้อย แสดงว่าเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสไม่สามารถทำงานได้อย่างเป็นปกติ นั่นคือเอนไซม์ถูกยับยั้งการทำงานด้วยสารที่สกัดได้จากสมุนไพรชนิดนั้น (Kim, 2004) ดังนั้นการทดสอบกิจกรรมเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส จึงเป็นวิธีการเบื้องต้นในการทดสอบพืชสมุนไพรได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Narender, 2007) ผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษามะรุม (*Moringa olifera* Lamk) อยู่ในวงศ์ MORINGACEAE ซึ่งเป็นสมุนไพรไทยที่นิยมมากอยู่ในขณะนี้ และมีรายงานว่าสามารถลดน้ำตาลในเลือดได้ มะรุมเป็นไม้ยืนต้นที่โตเร็ว ทนแล้ง ปลูกง่ายในเขตร้อน มีประโยชน์สามารถนำมารับประทานได้หลายส่วน ได้แก่ ใบ เมล็ด ราก มีสรรพคุณใบ ใช้ถอนพิษไข้ แก้เลือดออกตามไรฟัน แก้อักเสบ แก้แผล ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ขับปัสสาวะ ป้องกันมะเร็ง ลดความดันโลหิต ลดน้ำตาลในเลือด อีกทั้งยังไม่มีรายงานวิจัยการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสของมะรุมมาก่อน ดังนั้นการวิจัยในเรื่องนี้จึงเป็นการเพิ่มข้อมูลทางพฤกษเคมีของมะรุม ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ (วุฒิ, 2540)

อุปกรณ์และวิธีการ

นำส่วนต่างๆของมะรุมได้แก่ ใบ ราก และเมล็ดแห้ง หนัก อย่างละ 1 กิโลกรัม มาสกัดในเครื่องซอกค์เลต โดยใช้ เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปสารละลายที่สกัดได้ไประเหยตัวทำละลายออก โดยใช้เครื่องกลั่นแบบลดความดันจะได้สารสกัดจากส่วนต่างๆของมะรุม นำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส โดยเตรียมชั่งสารสกัด 2.0 มิลลิกรัมละลายใน DMSO 0.2 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำไปเจือจางให้มีความเข้มข้น 1.0 0.1 และ 0.01 มิลลิกรัม ต่อมิลลิลิตร นำไปทดสอบการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสตามวิธีของ Lebowitz และคณะ (1998) โดยเปรียบเทียบกับ สารมาตรฐาน Acarbose® ซึ่งเป็นยารักษาโรคเบาหวาน นำไปคำนวนหาร้อยละของการยับยั้ง (% inhibition) โดยคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\%\ \text{inhibition} = \left(\frac{A_{blank} - A_{sample}}{A_{blank}} \right) \times 100$$

A_{blank} is the absorbance of control without test solution

A_{sample} is the absorbance of sample with test solution

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการสกัดส่วนต่างๆของมะรุมได้แก่ ใบ ราก และเมล็ดแห้ง พบว่าสารสกัดจากส่วนใบมีปริมาณมากที่สุด 28.05 คิดเป็นร้อยละ 0.2805 โดยน้ำหนักแห้งของมะรุม (Table 1) ลักษณะของสารสกัดนั้นมีความแตกต่างกัน พบว่าสารที่สกัดจากส่วนเมล็ดนั้นเมื่อระเหยตัวทำละลายออก จะได้น้ำมันสีเหลืองใส ในขณะที่ส่วนอื่นมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีดำ

Table 1 Weight of crude extract from different part of *M. oleifera*.

สารสกัดจากส่วน	ลักษณะของสารสกัด	น้ำหนักของสารสกัดต่อน้ำหนักแห้งของมะรุม
ใบ	ของเหลวหนืดสีดำ	28.05g
ราก	ของเหลวหนืดสีดำ	20.07g
เมล็ด	น้ำมันสีเหลืองใส	10.20g

เมื่อนำไปทดสอบการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส (Figure 1) พบว่า สารสกัดจากใบมะรุมแสดงฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสได้ดีในทุกความเข้มข้น โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสเท่ากับ 50.839 ใกล้เคียงกับ Acarbose® ซึ่งเป็นยารักษาโรคเบาหวานที่ใช้เป็นสารมาตรฐาน ที่มีร้อยละการยับยั้งที่ความเข้มข้น1.0 mg/ml เท่ากับ 58.95 ในขณะที่สารสกัดจากส่วนรากและ เมล็ด มีร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เท่ากับ 34.211 และ 24.737 ตามลำดับ

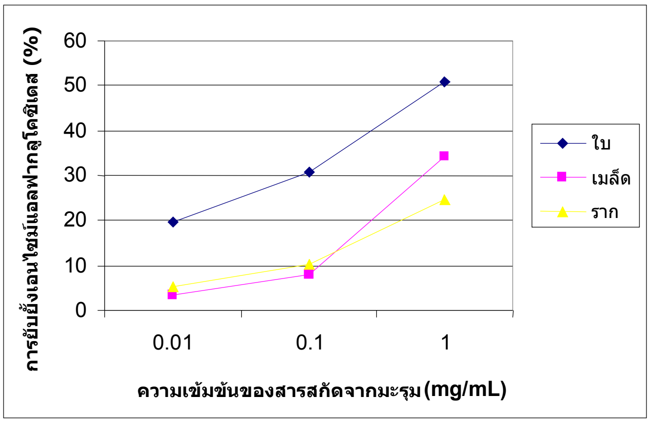


Figure 1 Enzyme alpha glucosidase inhibition of crude extract from different part of *M. oleifera* at concentration of 0.01, 0.1, and 1.0 mg/ml.

สรุปผล

การยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสของสารสกัดจากมะรุมเปรียบเทียบกับ Acarbose® ซึ่งเป็นยารักษาโรคเบาหวาน (ชนิดไม่พึ่งพาอินซูลิน) พบว่ามีร้อยละของการยับยั้งที่ใกล้เคียงกัน ผลการวิจัยนี้จึงเป็นการเพิ่มข้อมูลทางพฤกษเคมีของมะรุมซึ่งสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นยารักษาโรคเบาหวานต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และ โครงการเครือข่ายเชิงกลยุทธ์ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ทุนพัฒนาอัตลักษณ์มหาวิทยาลัยกลุ่มใหม่

เอกสารอ้างอิง

วุฒิ วุฒิธรรมเวช, 2540, สารานุกรมสมุนไพรไทย รวมหลักเภสัชกรรมไทย, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, ปีที่ 9 ฉบับที่ 1, กรุงเทพมหานคร. 618 หน้า.

Ahmed, I., Lakhani, M.S., Gillett, M., John, A. and Raza, H., 2001, Hypotriglyceridemic and Hypocholesterolemic Effects of Anti-Diabetic *Momordica charantia* (Karela) Fruit Extract in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats, Diabetes Research and Clinical Practice, 51(3): 61-155.

Johnston, P.S., Coniff, R.F., Hoogwerf, B.J., Santiago, J.V., Pi-Sunyer, F.X. and Krol, A., 1994, Effects of the Carbohydrase Inhibitor Miglitol in Sulfonylurea-Treated NIDDM Patients, Diabets Care, 17(1): 20-29.

Kim, Y.M., Wang, M.H., Rhee, H.I., 2004, A Novel α-Glucosidase Inhibitor from Pine Bark, Carbohydrate Research, 339(3), 715-717.

Lebowitz, H. E., 1998, α-Glucosidase Inhibitors as Agents in the Treatment of Diabetes, Diabetes Reviews, 6:132-145.

Narender, T., Shweta, S., Tiwari, P., Papi Reddy, K., Khaliq, T., Prathipati, P., Puri, A., Srivastava, A.K., Chander, R., Agarwal, S.C., Raj, K., 2007, Antihyperglycemic and Antidyslipidemic Agent From *Aegle marmelos*, Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters, 17: 1808-1811.

Agricultural Sci. J. 40(3) (Suppl.): 53-56 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 53-56 (2552)

ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดของสารสกัดจากหมากนวล

Inhibitory Effect Against Some Microorganisms by Crude Extract of Manila Palm

นัยนา ต่างใจ[1] และ สุริยา ฤธาทิพย์[1]

Tangjai N.[1] and Rutatip S.[1]

Abstract

The inhibitory effect of crude ethanol extract of *Adonidia merrillii*, *Ptychosperma macarthurii*, *Cassia fistula* and *Lagerstroemia floribunda* against some microorganisms were studied. The treatment of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* with each crude extract showed none of plant extracts could inhibit *Escherichia coli*. However, only Manila palm extract could inhibit *Staphylococcus aureus*. In consequence, the extract of Manila palm was chosen for further studies. The D-value of Manila palm extract on *Staphylococcus aureus* was determined, the results showed that the Manila palm extract at concentration 2,500, 500 and 250 ppm were 55, 120 and 325 minutes respectively. The inhibitory effect of Manila palm extract against the other microorganisms such as *Bacillus cereus, Micrococcus sp.*, *Acetobacter aceti, Pseudomonas aeruginosa* and some yeasts i.e. *Saccharomyces cerevisiae* and *Candida krusei* were determined by agar well diffusion method. The extract of Manila palm showed antibacterial activity against only *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* and *Micrococcus sp.*, which are Gram-positive bacteria, by showed the average inhibition zone size 17.50, 16.25 and 19.25 mm, respectively. In addition, the MIC (Minimum Inhibitory Concentration) of Manila palm extract for *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* and *Micrococcus sp.* was 15,625 ppm or 15.625 mg/ml.

Keywords: manila palm, D-value, gram-positive bacteria, MIC

บทคัดย่อ

ศึกษาการออกฤทธิ์ของสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลเข้มข้น 95% จากพืช 4 ชนิด ได้แก่ หมากนวล (*Adonidia merrillii*) หมากเขียว (*Ptychosperma macarthurii*) คูน (*Cassia fistula*) และ ตะแบก (*Lagerstroemia floribunda*) โดยนำมาทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ คือ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* พบว่ามีเพียงสารสกัดจากหมากนวลที่สามารถยับยั้งเชื้อได้ คือ *Staphylococcus aureus* จึงนำมาศึกษาหาค่า D-value ของสารสกัดหยาบจากหมากนวลต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus* พบว่าสารสกัดหยาบจากหมากนวลความเข้มข้น 2,500, 500 และ 250 ppm มีค่า D-value 55, 120 และ 325 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำสารสกัดหยาบจากหมากนวลมาศึกษาเพิ่มเติมโดยทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดต่อเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ได้แก่ *Bacillus cereus, Pseudomonas aeruginosa, Acetobacter aceti* และ *Micrococcus* sp. และยีสต์ ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Candida krusi* ด้วยวิธี Agar well diffusion พบว่าสารสกัดหยาบจากหมากนวลสามารถออกฤทธิ์ยับยั้งต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Micrococcus* sp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกเท่านั้น โดยให้บริเวณยับยั้ง ขนาด 17.50, 16.25 และ 19.25 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเมื่อนำไปทดสอบหาค่า MIC พบว่า ค่า MIC ต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Micrococcus* sp. มีค่าเท่ากันคือ 15,625 ppm หรือ 15.625 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

คำสำคัญ: หมากนวล D-value แบคทีเรียแกรมบวก MIC

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1]Department of Agro-Industrial technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut University of Technology North Bangkok 1518 Piboonsongkram Rd. Bangsue Bangkok 10800

คำนำ

ยาต้านจุลชีพ (antimicrobial drug) เป็นยาประเภทหนึ่งที่มีใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น ใช้รักษาโรคติดเชื้อในคน รักษาโรคติดเชื้อในสัตว์ เป็นสารกระตุ้นการเจริญของสัตว์ เป็นสารกันเสียในอาหาร ฯลฯ (มาลิน, 2532) แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ยาปฏิชีวนะ และ ยาเคมีสังเคราะห์ ซึ่งเมื่อใช้ในปริมาณที่พอเหมาะจะสามารถทำลาย หรือ ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ (นรีกุล และ คณะ, 2528) แต่เดิมนั้นการรักษาโรคที่เกิดจากแบคทีเรียนั้นไม่ก่อให้เกิดปัญหาเท่าใดนักเพราะแบคทีเรียเหล่านี้ถูกทำลายได้ง่ายด้วยยาปฏิชีวนะต่างๆ แต่ในปัจจุบันกลับพบปัญหาการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งมีแนวโน้มที่รุนแรงขึ้นในแต่ละปี (บัญญัติ, 2534) จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีการศึกษาคุณสมบัติของพืชต่างๆ ทั้ง พืชสมุนไพร และ เครื่องเทศต่างๆ ที่มีผลยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค เพื่อใช้ทดแทนยาปฏิชีวนะ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชต่างๆ ที่นอกเหนือจากพืชสมุนไพรในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อนำมาใช้ และ พัฒนาให้เกิดประโยชน์ ซึ่งอาจนำไปใช้ทดแทนยาปฏิชีวนะในการรักษาโรคติดเชื้อทั้งทางตรง และ ทางอ้อมได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชที่ใช้ 4 ชนิด ได้แก่ ส่วนดอกของคูน (*Cassia fistula* L.) ส่วนผลของตะแบก (*Lagerstroemia floribunda*) ส่วนผลของหมากเขียว (*Ptychosperma macarthurii*) และ ส่วนผลของหมากนวล (*Adonidia merrillii*) นำมาอบแห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5-7 วัน บดให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างพืช 50 กรัม แช่ใน 95% เอทานอล ปริมาตร 500 มิลลิลิตร นาน 4 วัน กรองเอากากไปแช่ซ้ำอีกครั้งด้วย 95% เอทานอล ปริมาตร 500 มิลลิลิตร นาน 2 วัน กรองกากออก นำส่วนสารละลายมาระเหยตัวทำละลายออกด้วย Rotary evaporator สารสกัดที่ได้ถูกทำละลายอีกครั้งด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อโดยปรับให้ได้ความเข้มข้นของสารสกัดสูงสุด กรองแบคทีเรีย แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

นำสารสกัดหยาบแต่ละชนิดมาทดสอบการยับยั้งเชื้อ *S. aureus, B. cereus* และ *Micrococcus* sp. ด้วยวิธี Agar well diffusion โดยการเตรียมเซลล์แขวนลอยของเชื้อที่ใช้ทดสอบจะทำการปรับค่าความขุ่นเชื้อด้วยสารละลาย 0.85% NaCl ที่ปลอดเชื้อ ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ให้มีค่าเท่ากับ 0.1 (ปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^8 CFU/ml) แล้วเจือจางเชื้อแขวนลอยให้ได้ 10^{-3} นำไป Pour plate ลงในจานอาหารเพาะเชื้อ เจาะวุ้นอาหารให้เป็นหลุม แล้วหยดสารสกัดปริมาตร 50 ไมโครลิตรลงไป บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง วัดขนาดบริเวณยับยั้ง (clear zone) ที่เกิดขึ้น ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

การหาค่า D-value ของสารสกัด ทำโดยนำเชื้อแบคทีเรียที่มีความไวต่อสารสกัดหยาบมาใส่ในหลอดสารละลาย 0.85% NaCl ที่ปลอดเชื้อ ใช้ปริมาณ inoculums 1% ทำ serial dilution ให้ได้ระดับความเจือจางที่ 10^{-2} และ 10^{-3} แล้ว spread plate ให้เป็นเวลาที่ 0 นาที จากนั้นเติมสารสกัดลงไปในหลอดทันทีโดยให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 2500, 500 และ 250 ppm เขย่าให้เข้ากัน แล้ว spread plate เพื่อนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตเมื่อครบเวลาที่กำหนด (15, 30, 60 และ 120 นาที) นำค่าที่ได้มาวาดกราฟเพื่อคำนวณค่า D-value

ทดสอบหาค่า Minimum Inhibition Concentration (MIC) ของสารสกัดหยาบด้วยวิธี Agar well diffusion โดยนำสารสกัดจากหมากนวลมาทำการเจือจางแบบ 2-fold serial dilution ให้มีความเข้มข้นตั้งแต่ 250,000 - 976.56 ppm แล้วนำมาทดสอบกับเชื้อ *S. aureus, B. cereus* และ *Micrococcus* sp. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ โดย MIC จะเป็นค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ทำให้เกิดบริเวณยับยั้งขนาดไม่ต่ำกว่า 10 มม. (พนมพร และสาวิตรี, 2545)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์โดยวิธี Agar well diffusion

เมื่อนำพืช 4 ชนิด คือ หมากเขียว หมากนวล ตะแบก และ คูน ที่สกัดด้วย 95% เอทานอลไปทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์ คือ *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ และ *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก ด้วยวิธี Agar well diffusion พบว่าสารสกัดจากหมากเขียว คูน และ ตะแบกไม่สามารถยับยั้งเชื้อทั้ง 2 สายพันธุ์ ส่วนสารสกัดจากหมากนวลสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* โดยเกิดบริเวณยับยั้งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16.5 มิลลิเมตร

การศึกษาค่า D-value

ค่า D-value คือ เวลาเป็นนาทีที่จะใช้ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ให้ลดลงไป 90 % มีประโยชน์ในการเลือกใช้สภาวะที่เหมาะสมในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ โดยจากการทดสอบพบว่าค่า D-value ของสารสกัดจากหมากนวลที่ความเข้มข้นเท่ากับ

2,500, 500 และ 250 ppm มีค่าเท่ากับ 55, 120 และ 325 นาที ตามลำดับ (Figure 1) ซึ่งเมื่อสารสกัดมีความเข้มข้นลดลง ค่า D-value ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น นั่นหมายถึงต้องใช้เวลานานขึ้นในการฆ่าเชื้อ และ ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อของสารสกัดจากหมากนวลจะขึ้นกับความเข้มข้น โดยยิ่งสารสกัดมีความเข้มข้นลดลงความสามารถในการฆ่าเชื้อก็ลดลง

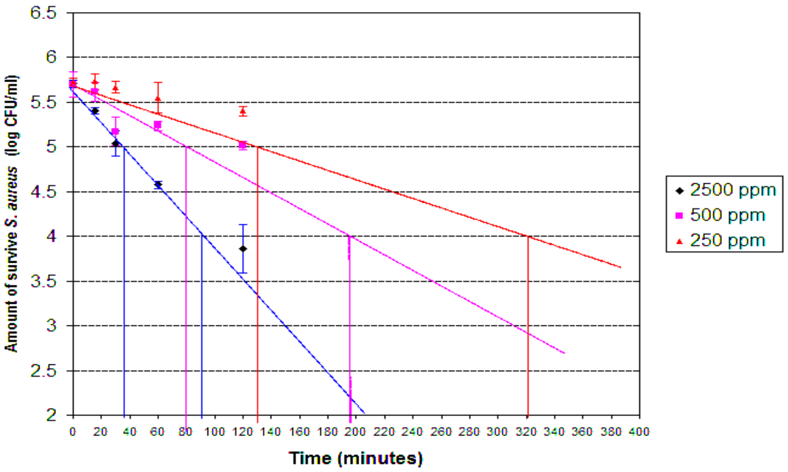


Figure 1 Amount of survive *S. aureus* tested with *Adonidia merrillii* fruit extract at three concentrations for calculated of D-value; D-value at concentration 2500, 500 and 250 ppm were 55, 120 and 325 minutes respectively.

การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากหมากนวลในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

จากการทดสอบพบว่าสารสกัดจากหมากนวลมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ 3 ชนิด คือ *S. aureus*, *B. cereus* และ *Micrococcus* sp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียในกลุ่มแกรมบวก แต่ไม่ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียแกรมลบ และ ยีสต์ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับ ศศิธร และกฤตยศ (2544) ที่ได้ศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดในผลหมากพบว่ายับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ นอกจากนี้ พนมพร และสาวิตรี (2545) พบว่าสารสกัดผลหมากยับยั้งเชื้อ *S. aureus*, *B. cereus*, *P. vulgaris* และ *P. mirabilis* ได้ และมีค่า MIC เท่ากับ 62.5, 125, 250 และ 125 มก./มล. ตามลำดับ โดยสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย คือ Tannic acid

ผลการหาค่า Minimum Inhibition Concentration (MIC) ของสารสกัดจากหมากนวล

การทดลองนี้ได้นำสารสกัดจากหมากนวลมาทำการทดสอบหาค่า MIC โดยวิธี direct plate assay technique โดยค่า MIC จะได้จากค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้เกิดขนาดของโซนใส หรือ บริเวณยับยั้งขนาด 10 มิลลิเมตรขึ้นไป โดยพบว่าสารสกัดจากหมากนวลมีค่า MIC ต่อเชื้อ *S. aureus*, *B. cereus* และ *Micrococcus sp.* มีค่าเท่ากับ 15,625 ppm (Table 2)

Table 1 Antimicrobial activity (zone of inhibition) of *Adonidia merrillii* fruit extract.

Group of strains	Microorganisms	Zone of inhibition (mm)[a]
Gram positive bacteria	*Staphylococcus aureus*	17.50 ± 0.707
	Bacillus cereus	16.25 ± 0.289
	Micrococcus sp.	19.25 ± 0.645
Gram negative bacteria	*Escherichia coli*	-
	Pseudomonas aeruginosa	-
	Acetobacter aceti	-
Yeast	*Saccharomyces cerevisiae*	-
	Candida krusei	-

[a] The values (average of triplicate ± SD) are diameter of the inhibition zone at 250,000 ppm of crude extract.

Table 2 Antimicrobial activity (MIC) of *Adonidia merrillii* fruit extract.

Microorganism	MIC[a] (ppm)
Staphylococcus aureus	15,625
Bacillus cereus	15,625
Micrococcus sp.	15,625

[a] MIC, minimum inhibitory concentration

สรุปผล

สารสกัดหยาบที่สกัดด้วย 95% เอทานอลจากพืช 4 ชนิด ได้แก่ หมากเขียว หมากนวล ตะแบก และคูน นำมาทดสอบเบื้องต้นกับเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* พบว่าสารสกัดของหมากนวลที่สกัดด้วย 95% เอทานอลมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* ได้ เมื่อศึกษาค่า D-value ของสารสกัดหมากนวลในการทำลายเชื้อ *S. aureus* พบว่าสารสกัดหมากนวลที่ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 2,500, 500 และ 250 ppm มีค่า D-value เท่ากับ 55, 120 และ 325 นาที ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อนำมาทดสอบเพิ่มเติมถึงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ อีก 3 กลุ่ม คือ แบคทีเรียแกรมบวก แบคทีเรียแกรมลบ และยีสต์ พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus, B. cereus* และ *Micrococcus sp.* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวกได้ โดยให้ค่า MIC ต่อเชื้อทั้ง 3 ชนิดนี้เท่ากับ 15,625 ppm หรือ15.625 มก./มล.

เอกสารอ้างอิง

นรีกุล สุระพัฒน์, จันทร์เพ็ญ วิวัฒน์, ปรีชา พุทธาวุฒิไกร, สุวณี สุภเวชย์ และ ประมวญ เทพชัยศรี, 2528, จุลชีววิทยาทางการแพทย์, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร, กรุงเทพฯ, 288 หน้า.

บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534, จุลชีววิทยาทั่วไป, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, วังบูรพา, กรุงเทพฯ, 507 หน้า.

มาลิน จุลศิริ, 2532, ยาต้านจุลชีพ: ความรู้พื้นฐานและประยุกต์, โรงพิมพ์อักษรบัณฑิต, กรุงเทพฯ, 173 หน้า.

พนมพร ภาณุทัต และ สาวิตรี วทัญญูไพศาล, 2545, การศึกษาศักยภาพของสารสกัดและสารผสมที่สกัดจากพืชเครื่องเทศและ สมุนไพรไทยในการต่อต้านแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในอาหาร, งานวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ศศิธร ควัฒน์กุล และ กฤตยศ เชาวนปรีชา, 2544, สารสกัดจากสมุนไพรไทยบางชนิดที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในอาหาร, ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 57-60 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 57-60 (2552)

คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ และสารหอมระเหยของไฮโดรไลเซทเห็ดย่อยสลายด้วยปาเปน

Physico-chemical Characteristics and Volatile Components of Papain-Mushroom Hydrolysate

มัลลิกา ธนสุคนธ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1]และ ปนิดา บรรจงสินศิริ[2]

Thanasukhon, M.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Bunjongsinsiri, P.[2]

Abstract

To study the effect of mushroom protein hydrolysates from Shiitake (*Lentinula edodes*) and Nangrom (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer) mushroom by papain at the concentration of 0, 5, 10, 15 and 20% (w/w) and hydrolysis time at 6, 12, 18 and 24 h. Results showed that the best condition to produce mushroom protein hydrolysate from Shiitake and Nangrom mushroom was the hydrolysis treatment of 15% (w/w) for 18 h gave the highest percent of degree hydrolysis (%DH) at 72.94% and 77.16% and salt content at 3.2% and 3.0% respectively. Volatile compounds of both mushrooms protein hydrolysates at the highest percent degree of hydrolysis were identified by dynamic headspace gas chromatography mass spectrometer (DHS GC-MS). The volatiles compounds found in Shiitake and Nangrom mushroom protein hydrolysates were 3-octanone, nonanal, (E,E)-2,4-decadienal, 2-dodecenal และ (z,z)-9,12-octadecadienoic acid. The primarily volatiles compound in Shiitake mushroom was 1,2,4-trithiolane (highest % relative peak area = 35.71)

Keywords: Shiitake mushroom (*Lentinula edodes*), Nangrom mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer), protein hydrolysates, enzymatic hydrolysis

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการย่อยสลายโปรตีนจากเห็ดหอม *(Lentinula edodes)* และเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer) ด้วยเอนไซม์ปาเปน โดยใช้ปริมาณเอนไซม์ 0, 5, 10, 15 และ 20 % (w/w) ที่เวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง พบว่า สภาวะที่ดีที่สุดของการย่อยสลายโปรตีนจากเห็ดหอมและเห็ดนางรม คือ ที่ปริมาณเอนไซม์ 15% (w/w) เวลา 18 ชั่วโมง โดยมีค่าระดับการย่อยสลายสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 72.94 และ 77.16 ตามลำดับ และมีปริมาณเกลือเท่ากับร้อยละ 3.2 และ 3.0 ตามลำดับ และนำโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดทั้ง 2 ชนิด ที่สภาวะที่ดีที่สุดมาวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้ dynamic headspace gas chromatography mass spectrometer (DHS GC-MS) พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมและเห็ดนางรมมีสาร 3-octanone, nonanal, (E,E)-2,4-decadienal, 2-dodecenal และ (z,z)-9,12-octadecadienoic acid โดยในเห็ดหอมมีสารสำคัญ คือ 1,2,4-trithiolane โดยมีค่า %relative peak area สูงสุดเท่ากับ 35.71

คำสำคัญ: เห็ดหอม (*Lentinula edodes*) เห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer) โปรตีนไฮโดรไลเซท การย่อยสลายด้วยเอนไซม์

คำนำ

เห็ดมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเห็ดเป็นอาหารที่มีความปลอดภัยจากการใช้สารเคมีและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น มีโปรตีนสูง (ร้อยละ 10.5-43.0) มีกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น ลิวซีน (leucine) ไลซีน (lysine) เมทไธโอนีน (methionine) เป็นต้น และเห็ดมีไขมันต่ำ จึงทำให้เห็ดเป็นที่นิยมบริโภคกันทั่วไป นอกจากนี้เห็ดยังมีสรรพคุณทางยารักษาโรค เช่น เห็ดหอมมีสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Cheung และคณะ, 2003) จากประโยชน์ของเห็ดดังกล่าว จึงนำเห็ดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ เช่น เห็ดหยอง แหนมเห็ด เป็นต้น ซึ่งอีกทางเลือกหนึ่งในการนำเห็ดมาแปรรูปคือ การ

[1]สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150

[1]Division of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 83 Moo 8 Thakham, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

[2]The Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) 35 Moo 3 Technopolis, Tambon Khlong, Amphoe Khlong Luang, Pathum Thani. 12120

ทำเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซท (hydrolysate vegetable protein: HVP) เพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของเห็ดอีกวิธีหนึ่ง

การผลิต HVP เป็นวิธีการย่อยสลายโปรตีนในพืช ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต HVP มักเป็นแหล่งโปรตีนสูงและมีราคาถูก เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ข้าวโพด ข้าว เป็นต้น โดยในทางการค้านิยมผลิต HVP โดยการใช้กรดเนื่องจากเป็นวิธีที่ต้นทุนต่ำ ใช้ระยะเวลาสั้นและให้กลิ่นรสที่ดี แต่เนื่องจากวิธีนี้ต้องใช้กรดที่มีความเข้มข้นสูงและที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดสาร 3-monochloro-propanediols (3-MCPD) ซึ่งจัดเป็นสารพิษ ที่สามารถก่อให้เกิดมะเร็งในร่างกายได้ (คงศักดิ์, 2544) และยังทำให้มีปริมาณเกลือสูง (ประมาณร้อยละ 40) ดังนั้นการผลิต HVP อีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจคือ การใช้เอนไซม์ในการย่อยสลายโปรตีนในพืช โดยใช้เอนไซม์โปรติเอสจากแหล่งต่างๆ (Olsman, 1979) ซึ่งให้เพปไทด์ที่มีขนาดเล็กและกรดอะมิโนอิสระในปริมาณสูง และเป็นการย่อยภายใต้ภาวะที่ไม่รุนแรง และที่สำคัญคือ มีปริมาณเกลือต่ำรวมทั้งสาร 3-MCPD ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในปริมาณต่ำ (คงศักดิ์, 2544) ซึ่งเอนไซม์ทางการค้าที่นิยมนำมาใช้ได้แก่ Flavourzyme®, Alcalase® และNeutrase® เป็นต้น โดยมีรายงานนำมาย่อยถั่วชิคพี (Alfonso และคณะ, 1999) กากถั่วเขียว (ไพลิน, 2548) และ wheat gluten (Kong และคณะ, 2007) โดยเอนไซม์ทางการค้าส่วนใหญ่มีราคาแพงและต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งเอนไซม์อื่นที่สามารถนำมาใช้ทดแทนเอนไซม์ทางการค้าดังกล่าวและสามารถผลิตได้ในประเทศเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตคือ เอนไซม์ปาเปน (papain) ผลิตได้จากน้ำยางจากผล มะละกอดิบ เป็นเอนไซม์ที่อยู่ในกลุ่มของซิสเตอีนโปรติเนส (cysteine proteinase) ที่มีการตัดจำเพาะกับกรดอะมิโนในสายของเพปไทด์ (endo-enzyme) ณัฐวุฒิ (2550) ใช้ปาเปนในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกากถั่วเขียวซึ่งให้สารปรุงแต่งกลิ่นรสที่ดี วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ และสารหอมระเหยของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเห็ดหอมและเห็ดนางรมมาทำแห้ง โดยอบด้วย hot air oven ที่อุณหภูมิ 60°C เวลา 14 ชั่วโมง บดให้ละเอียด จากนั้นชั่งเห็ดหอมและเห็ดนางรมที่บดละเอียดมาอย่างละ 10 กรัม ใส่ในขวดก้นกลม เติมน้ำกรอง (ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อด้วย autoclave) ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและปรับพีเอชให้เป็น 6.0 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ตั้งย่อยที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 15 นาที และเติมเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณเอนไซม์เท่ากับ 0, 5, 10, 15 และ 20% (w/w) ที่เวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาในการย่อยสลายหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นแยกตะกอนออกโดยนำใส่หลอดเซนตริฟิวส์ ปั่นที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที และนำมากรองด้วยกระดาษกรอง No. 1 อีกครั้ง นำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ร้อยละผลผลิตที่ได้ (%yield) ปริมาณเกลือ (%NaCl) โดยใช้ salinity refractometers ค่าพีเอชสุดท้ายหลังการย่อยสลายโดยใช้ pH meter ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta color reader รุ่น C-10) ร้อยละการย่อยสลาย (%degree of hydrolysis, %DH) โดยวิธี trichloroacetic acid (TCA) และเลือกภาวะที่ดีที่สุดของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมและเห็ดนางรมมาวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้ dynamic headspace gas chromatography mass spectrometer (DHS GC-MS) คอลัมน์ชนิด HP5-MS (30 m length x 250 µm ID x 0.25 µm film thickness) มีแก๊สฮีเลียมเป็น carrier gas ที่อัตราไหลคงที่ 1 มล./นาที โดยตั้งอุณหภูมิของ oven ที่ 50°C คงที่ไว้ 2 นาที เพิ่มเป็น 180°C ที่อัตรา 8°C/min คงที่ไว้ 5 นาที และเพิ่มเป็น 220°C ที่อัตรา 8°C/min คงที่ไว้ 10 นาที จำแนกชนิดของสารโดยใช้ NIST-MS และ Wiley library และคำนวณค่า RI โดยเทียบจาก alkane standard (C_6-C_{20})ซึ่งภาวะในการผลิต MPH เห็ดแต่ละชนิดวางแผนการทดลองแบบ 5x4 factorial in Completely Randomized Design ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (1990)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมและเห็ดนางรมโดยใช้เอนไซม์ปาเปน พบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาในการย่อยสลายเห็ดหอมไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า %yield พีเอช ปริมาณเกลือและค่าสี (p>0.05) แต่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า %DH (p≤0.05) ซึ่งภาวะที่ดีที่สุดที่ให้ %DH สูงสุดเท่ากับ 72.94 คือ ปริมาณเอนไซม์ 15% (w/w) เวลา 18 ชั่วโมง (Figure 1 a) โดยมี %yield เท่ากับ 78.00 พีเอชเท่ากับ 6.32 ปริมาณเกลือเท่ากับร้อยละ 3.2 และมีค่าสี L*= 35.7, a*= -1.1, b*= 4.0 ส่วนเห็ดนางรมความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาในการย่อยสลายเห็ดไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า %yield และค่าสี (p>0.05) แต่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าพีเอช ปริมาณเกลือและ %DH (p≤0.05) ซึ่งภาวะที่ดีที่สุดที่ให้ %DH สูงที่สุดเท่ากับ 77.16 คือ

ปริมาณเอนไซม์ 15% (w/w) เวลา 18 ชั่วโมง (Figure 1 b) โดยมี %yield เท่ากับ 77.40 พีเอชเท่ากับ 6.51 ปริมาณเกลือเท่ากับร้อยละ 3.0 และมีค่าสี L*= 35.7, a*= -1.6, b*= 4.6 ซึ่งโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมและเห็ดนางรมที่เวลาการย่อยสลายเพิ่มขึ้นมีค่าพีเอชลดลง โดยในเห็ดหอมมีค่าพีเอชลดลงไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แต่ในเห็ดนางรมมีค่าพีเอช ลดลงแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) เมื่อเวลาการย่อยสลายเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าพีเอชที่ลดลงเกิดจากหมู่แอลฟากรดอะมิโนที่ให้โปรตรอน (H^+) เพิ่มขึ้นจึงไปทำลายพันธะเพปไทด์ทำให้พีเอชลดลงเนื่องจากหมู่คาร์บอกซิลให้โปรตรอนได้ช้าจึงทำให้พีเอชมีภาวะเข้าใกล้ความเป็นกรด (Peterson, 1981) ส่วนปริมาณเกลือของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเวลาและปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้นโดยในเห็ดหอมมีค่าไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แต่ในเห็ดนางรมมีค่าแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (Table 1) จากนั้นจึงนำโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดทั้ง 2 ชนิด ที่ %DH สูงที่สุดมาวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้ DHS GC-MS พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมมีสารหอมระเหย 6 ชนิด และเห็ดนางรมมีสารหอมระเหย 5 ชนิด ได้แก่ 3-octanaone (mushroom, sweety), 1,2,4-tritiolane, nonanal (fatty, citrus), (E, E)-2,4-decadienal (fatty, green), 2-dodecenal (green, fat, sweet) และ (z,z)-9,12-octadecadienoic acid (fatty) ยกเว้น 1,2,4-tritiolane พบในเห็ดหอมเพียงอย่างเดียว สารหอมระเหยที่มีมากในเห็ดหอมและเห็ดนางรม คือ 1,2,4-tritiolane และ 3-octanone โดยมี % relative peak area เท่ากับ 35.71 และ 51.94 ตามลำดับ (Table 2)

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมและเห็ดนางรมด้วยเอนไซม์ปาเปน คือ ปริมาณเอนไซม์ 15% (w/w) ย่อยสลายเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ได้ %DH สูงที่สุด ส่วน %yield ของเห็ดหอมมากกว่าเห็ดนางรม แต่ปริมาณเกลือและค่าสีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยสารหอมระเหยที่ได้มีลักษณะกลิ่นแบบ green, fatty, sweet, citrus และ mushroom

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการสร้างภาคีบัณฑิตในการผลิตนักศึกษาระดับปริญญาโท-เอก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้การสนับสนุนในงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

คงศักดิ์ สหะศักดิ์มนตรี, 2544, การพัฒนากรรมวิธีการผลิตน้ำซอสปรุงรสโดยใช้เอนไซม์เพื่อลดสาร 3-MCPD, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 106.

ไพลิน เพ็ชรทวีพรเดช, 2548, การผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากกากถั่วเขียวโดยใช้เอนไซม์โปรติเอส, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณัฐวุฒิ ส่งแสง, 2550, การผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสทะเลจากโปรตีนไฮโดรไลเซทกากถั่วเขียวโดยเอนไซม์โปรติเอส, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Alfonso, C., Javier, V., RauÂl, S. V., Justo, P., Bautista, and Francisco M., 1999, Protein quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein hydrolysates, Food Chemistry, 67: 269–274.

Cheung, L.M., Cheung, P.C.K. and Ooi, V. E.C., 2003, Antioxidant Activity and Total Phenolics of Edible Mushroom Extracts, Food Chemistry, 81: 249–255.

Kong X., Zhou H., and Qian H., 2007, Enzymatic Hydrolysis of Wheat Gluten by Proteases and Properties of the Resulting Hydrolysates, Food Chemistry, 102: 759-763

Olsman, H., 1979, Hydrolyzed and Autolyzed Vegetable Protein as Functional Food Ingredients, Journal of the American Oil Chemists' Society, 56 (3): 375-376.

Peterson, B. R., The Imapact of The Enzyme Hydrolysis Process on Recovery and Use of Proteins, In Enzymes and food processing, Brich, G. C., Blackbrough, N., Parker, K. J.,Eds., Applied Science Publishers: London, U.K. 1981, Chapter 8.

(a) Shiitake mushroom (b) Nangrom mushroom

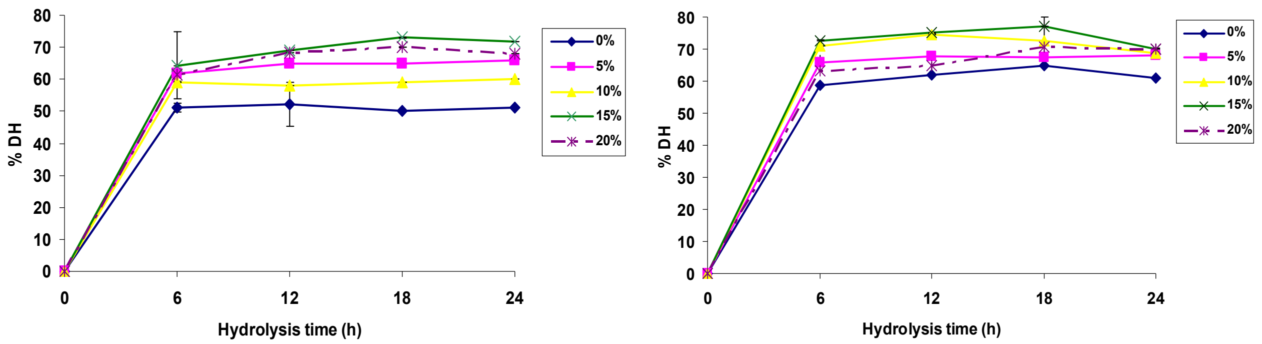


Figure 1 %Degree of hydrolysis of Shiitake and Nangrom mushroom protein hydrolysate by papain: (a) Shiitake mushroom and (b) Nangrom mushroom.

Table 1 Characteristic of Shiitake and Nangrom mushroom protein hydrolysate.

%enzyme	Time (h)	Shiitake mushroom						Nangrom mushroom					
		%yield	pH	%NaCl	color value			%yield	pH	%NaCl	color value		
					L	a	b				L	a	b
0%	6	72.90	6.96	2.0	35.9	-1.7	5.5	70.60	6.01^{g}	2.0^{g}	35.5	-1.5	4.2
	12	75.10	6.66	2.0	35.5	-1.4	4.4	72.79	5.48^{i}	2.1^{g}	35.6	-1.4	4.3
	18	73.40	6.61	2.0	35.8	-1.4	4.1	77.68	5.24^{j}	2.1^{g}	36.0	-1.4	4.3
	24	72.59	6.61	2.0	35.6	-1.1	4.1	72.59	5.06^{k}	2.0^{g}	35.8	-1.4	4.4
5%	6	77.42	6.70	2.6	36.0	-1.6	5.2	73.02	6.71^{a}	1.8^{h}	35.8	-1.4	4.2
	12	77.29	6.49	2.8	35.5	-1.6	4.2	73.20	6.01^{g}	2.3^{f}	35.6	-1.4	4.5
	18	79.68	6.41	2.7	35.7	-1.4	3.9	73.12	5.78^{h}	2.6^{e}	35.6	-1.5	4.4
	24	78.45	6.41	2.7	35.6	-1.4	4.3	78.45	5.47^{i}	2.7^{ed}	35.8	-1.6	4.6
10%	6	75.23	6.58	2.9	36.1	-1.7	4.3	74.88	6.67^{ab}	2.1^{g}	35.5	-1.3	4.3
	12	77.24	6.41	2.9	35.6	-1.3	4.2	73.68	6.62^{bc}	2.8^{d}	35.6	-1.5	4.2
	18	76.10	6.36	3.0	35.7	-1.4	4.2	71.43	6.06^{g}	2.6^{e}	35.7	-1.3	4.5
	24	72.78	6.35	3.0	35.7	-1.4	4.2	72.78	5.74^{h}	3.0^{c}	35.9	-1.5	4.4
15%	6	75.76	6.27	3.0	35.8	-1.4	4.5	74.42	6.64^{abc}	2.8^{d}	35.7	-1.5	4.3
	12	77.08	6.34	3.1	35.6	-1.5	4.4	71.48	6.61^{bc}	3.0^{c}	35.9	-1.5	4.2
	18	78.00	6.32	3.2	35.7	-1.1	4.0	77.40	6.51^{d}	3.0^{c}	35.7	-1.6	4.6
	24	79.80	6.33	3.2	35.7	-1.5	4.3	78.63	6.31^{f}	3.2^{ab}	35.9	-1.5	4.7
20%	6	74.01	6.56	3.3	35.7	-1.5	4.5	76.32	6.60^{bcd}	2.1^{g}	35.7	-1.7	4.2
	12	78.02	6.30	3.4	35.6	-1.5	4.1	74.46	6.56^{cd}	3.0^{c}	35.7	-1.6	4.3
	18	75.18	6.27	3.3	35.7	-1.8	4.4	75.46	6.40^{e}	3.1^{bc}	35.6	-1.4	4.6
	24	77.85	6.25	3.4	35.6	-1.4	4.3	77.85	6.57^{cd}	3.3^{a}	35.8	-1.5	4.6
F-test		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	NS
C.V (%)		1.93	2.63	5.51	0.47	-13.27	8.93	9.56	0.67	3.47	0.33	-12.49	3.44

NS Mean in the same column with not significantly different (p>0.05).

** Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 2 Volatile compounds in Shiitake and Nangrom mushroom protein hydrolysate by 15%papain at 18 h.

compound	RI	%relative peak area		odor description
		Shiitake mushroom	Nangrom mushroom	
3-octanone	905	15.85	51.94	mushroom, sweety
1,2,4-tritiolane	1102	35.71	-	-
nonanal	1154	11.26	12.81	fatty, citrus
(E,E)-2,4-decadienal	1324	18.59	19.93	fatty, green
2-dodecenal	1497	13.96	12.42	green, fat, sweet
(z,z)-9,12-octadecadienoic acid	1871	4.63	2.90	fatty

อิทธิพลของเส้นใยต่อคุณสมบัติทางกลและการต้านทานน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลัง

Effect of Fiber on Mechanical Properties and Water Resistance of Cassava Starch Based Foam

ณัติฐพล ไข่แสงศรี[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง[2]
Kaisangsri, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Pratheepthinthong, S.[2]

Abstract

This work was to develop biodegradable foam tray from natural product by using cassava starch mixed with two type of fiber; lemongrass and Kraft. The fiber was mixed in starch gel at 4 concentration; 0, 10, 20 and 30% by weight of cassava starch. Baking in hot mold was used to develop the cassava starch based foam. Temperature of baking machine was controlled at 250°C and the foam was heated for 3 min. Results showed that two types of fiber did not affect on tensile strength and water absorption index (WAI) but two fiber resulted in different elongation and water solubility index (WSI). Foam added with craft fiber resulted in a greater elongation and WSI than foam with lemongrass fiber. Moreover, it is found that cassava starch based foam blended with 20% lemongrass fiber and 20-30% Kraft fiber had greatest tensile strength and elongation but their WAI and WSI were lowest.

Keywords: fiber, starch based foam, kraft fiber, tensile strength

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาถาดโฟมย่อยสลายจากวัสดุจากธรรมชาติ โดยใช้แป้งมันสำปะหลังผสมเส้นใยจากตะไคร้และเยื่อคราฟท์ ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง ใช้เทคนิค baking in hot mold โดยใช้เครื่อง baking machine ที่อุณหภูมิ 250°C เป็นเวลา 3 นาที พบว่าการเติมเส้นใยจากตะไคร้และเยื่อคราฟท์ไม่มีผลต่อค่าแรงต้านทานการดึงขาดและ water absorption index (WAI) แต่เส้นใยต่างชนิดกันมีผลทำให้ elongation และ water solubility index (WSI) ต่างกัน โดยการเติมเยื่อคราฟท์มีผลให้การยืดตัว และ WSI ของโฟมแป้งสูงกว่าเส้นใยตะไคร้ นอกจากนี้ยังพบว่าโฟมแป้งที่ผสมเส้นใยตะไคร้ร้อยละ 20 และเยื่อคราฟท์ร้อยละ 20-30 มีค่าแรงต้านทานการดึงขาดและการยืดตัวสูงที่สุด แต่มีค่า WAI และ WSI ต่ำที่สุด

คำสำคัญ: ไฟเบอร์ โฟมแป้ง เยื่อคราฟท์ แรงต้านทานการดึงขาด

คำนำ

ปัจจุบันบรรจุภัณฑ์ที่มาจากพลาสติกมีการนำมาใช้ในชีวิตประจำวันปริมาณมาก ส่งผลให้ปริมาณขยะที่เกิดจากพลาสติกสูงขึ้นตามไปด้วย ถึงแม้ว่าจะมีการรณรงค์ให้มีการนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ก็ตามแต่ขยะที่เกิดขึ้นก็ยังมีจำนวนมากและเป็นที่มาของมลพิษต่างๆ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้บริโภคและอุปโภคส่วนใหญ่หันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการย่อยสลายได้ในธรรมชาติมากขึ้น เช่น พอลิคาโปรแลคโทน (polycaprolactone) พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alchohol) และพอลิแลคติคแอซิด (polylactic acid) เป็นต้น (Auras และคณะ, 2006) แต่เนื่องจากพลาสติกสังเคราะห์เหล่านี้มีราคาที่ค่อนข้างสูงและนำเข้าจากต่างประเทศ จึงเป็นข้อจำกัดในการนำไปใช้งาน ดังนั้นการใช้พอลิเมอร์ (polymer) จากธรรมชาติ เช่น แป้ง (starch) เส้นใย (fiber) ซึ่งเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่หาได้ง่าย ราคาถูก และสามารถย่อยสลายได้ง่ายตามธรรมชาติ (Tharanathan, 2003) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้

ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ประเภทโฟมสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การอัดรีด (extrusion) และ อบด้วยแม่แบบร้อน (baking in hot mould) (Svagan, 2006) แต่บรรจุภัณฑ์เหล่านี้มีความแข็งแรงต่ำและไม่ทนทานต่อความชื้นและน้ำ (Shey และคณะ, 2005) มีรายงานการศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้เองตาม

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8 Tientalya Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2] ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900
[2] Packaging Center of Thailand, Science and Technology Research Institute of Thailand, Jatujak, Bangkok 10900

ธรรมชาติ โดยการเติมเส้นใยและได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติของโฟมแป้งข้าวโพดที่ผสมเส้นใยจากเปลือกข้าวโพด พบว่าการเติมเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดร้อยละ 20 สามารถทำให้โฟมมีความแข็งแรงสูงขึ้น (Guan และ Hanna, 2003) เช่นเดียวกับ Lawton และคณะ (2003) ศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของโฟมแป้งข้าวโพดโดยการเติม aspen fiber ร้อยละ 15 มีผลให้ความแข็งแรงสูงที่สุด แต่ถ้าเติมเส้นใยสูงกว่าร้อยละ 35 มีผลทำให้ความแข็งแรงของโฟมแป้งลดลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการพัฒนาถาดโฟมย่อยสลายจากวัสดุจากธรรมชาติได้แก่ตะไคร้และเยื่อคราฟท์

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ ได้แก่ แป้งมันสำหลัง เยื่อคราฟท์และตะไคร้บด เตรียมโดยนำแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 80 ผสมกับไฟเบอร์จากตะไคร้เปรียบเทียบกับเยื่อคราฟท์โดยใช้ปริมาณเยื่อแต่ละชนิดเท่ากับร้อยละ 0, 10, 20, 30 ของน้ำหนักแป้ง โดยใช้เครื่อง homogenizer ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที แล้วนำส่วนผสม 60 ml ขึ้นรูปโดยใช้เทคนิค baking in hot mold ด้วยเครื่อง baking machine รุ่น zu-1, Taiwan ที่อุณหภูมิ 250°C เป็นเวลา 3 นาที วิเคราะห์สมบัติทางกลของโฟมแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ ความหนาแน่น (density) โดยประยุกต์ใช้วิธี sand displacement แรงต้านทานการดึงขาด (tensile strength) และการยืดตัว (elongation) (ASTM, 1989) การดูดซึมน้ำ (WAI) และการละลายน้ำ (WSI) (AACC method 56-20) วางแผนการทดลองแบบ 2×4 factorial in จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ SAS Program (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่เติมไฟเบอร์จากตะไคร้มีความหนาแน่นสูงกว่าเยื่อคราฟท์ โดยความหนาแน่นของโฟมแป้งมันสำหลังผสมไฟเบอร์จากตะไคร้และเยื่อคราฟท์ เท่ากับ 0.3 และ 0.1 g/ml ตามลำดับ ส่วนแรงต้านทานการดึงขาดและการดูดซึมน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลังที่เติมไฟเบอร์จากตะไคร้และเยื่อคราฟท์ไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าแรงต้านทานการดึงขาด เท่ากับ 557 และ 584 kPa และค่าการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 10.80 และ 11.04 ตามลำดับ แต่การยืดตัวและการละลายน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลังที่เติมไฟเบอร์จากตะไคร้มีค่าต่ำกว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่เติมเยื่อคราฟท์ โดยมีค่าการยืดตัว เท่ากับร้อยละ 1.1 และ 1.5 และค่าการละลายน้ำ เท่ากับ 11.7 และ 13.5 ตามลำดับ (Table 1)

การศึกษาปริมาณไฟเบอร์ของตะไคร้และเยื่อคราฟท์พบว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังมีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณไฟเบอร์เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Carr และคณะ (2006) ที่พบว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่เติมไฟเบอร์จากข้าวสาลีเพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่นของโฟมแป้งมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้น ส่วนแรงต้านทานการดึงขาดพบว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่เติมไฟเบอร์ของตะไคร้มีค่าสูงขึ้นเมื่อไฟเบอร์ของตะไคร้เพิ่มขึ้นแต่เมื่อเติมสูงกว่าร้อยละ 20 แรงต้านทานการดึงขาดลดลง เนื่องจากเกิดการจับตัวกันของไฟเบอร์ที่มีปริมาณมากเกินกว่าที่จะกระจายตัวได้ในแป้ง (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Lawton และคณะ (2003) ที่พบว่าการเติม aspen fiber เพิ่มขึ้นทำให้ความแข็งแรงและความสามารถในการโค้งงอเพิ่มสูงขึ้น โดยการเติม aspen fiber ร้อยละ 15 ลงในโฟมแป้งข้าวโพดทำให้ความแข็งแรงสูงที่สุด แต่ถ้าเติมไฟเบอร์มากเกินร้อยละ 35 มีผลทำให้ความแข็งแรงของโฟมแป้งลดลง การยืดตัวพบว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังที่เติมไฟเบอร์ทั้งสองชนิดมีการยืดตัวเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับโฟมแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ได้เติมไฟเบอร์

การดูดซึมน้ำพบว่าโฟมแป้งมันสำปะหลังมีค่าการดูดซึมน้ำลดลงเมื่อปริมาณของไฟเบอร์เพิ่มสูงขึ้น โดยที่โฟมแป้งมันสำปะหลังที่ผสมไฟเบอร์จากเยื่อคราฟท์ร้อยละ 30 มีค่าการดูดซึมน้ำลดลงต่ำที่สุด คือ 8.40 ส่วนการละลายน้ำพบว่าการละลายน้ำลดลงเมื่อปริมาณไฟเบอร์สูงขึ้น โดยที่โฟมแป้งมันสำปะหลังที่ผสมไฟเบอร์จากตะไคร้ร้อยละ 30 มีค่าการละลายน้ำต่ำที่สุด เท่ากับ 9.67

สรุปผล

การเติมไฟเบอร์ลงในโฟมแป้งมันสำปะหลังพบว่าโฟมแป้งที่ผสมไฟเบอร์เพิ่มสูงขึ้นทำให้แรงต้านทานการต้านทานดึงขาดและการยืดตัวสูงขึ้น แต่เมื่อเติมไฟเบอร์มากเกินไปทำให้การการต้านทานการดึงขาดและการยืดตัวลดลง ส่วนการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำของโฟมแป้งที่ผสมไฟเบอร์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำลดลง โดยที่โฟมแป้งที่ผสมไฟเบอร์ตะไคร้ร้อยละ 20 และเยื่อคราฟท์ร้อยละ 20-30 มีค่าแรงต้านทานการดึงขาดและการยืดตัวสูงที่สุด แต่มีค่า WAI และ WSI ต่ำที่สุด แต่โฟมแป้งมันสำปะหลังที่ได้ยังมีคุณสมบัติที่ต่ำกว่าโฟมที่ผลิตจาก polystyrene จึงควรมีการปรับปรุงทั้งด้านความแข็งแรงและการต้านทานน้ำต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท กระดาษสหไทย จำกัด (มหาชน) ที่อนุเคราะห์เยื่อคราฟท์และขอบคุณโครงการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอก ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

AACC method 56-20, 1983, Hydration Capacity of Pregelatinized Cereal Products. In American Association of Cereal Chemists Approved Methods. Eighth ed. The Association St. Paul, MN, USA.

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, p. 182–189.

Auras, R., Singh, S. P. and Singh, J., 2006, Performance Evaluation of PLA Against Existing PET and PS Containers, Journal of Testing and Evaluation, 34(6): 530-536.

Carr, L.G., Parra, D.F., Ponce, P., Lugao, A.B. and Buchler, P.M., 2006, Influence of Fibers on the Mechanical Properties of Cassava Starch Foams, Journal of Polymers and the Environment, 14(2): 179-183.

Guan, J and Hanna M.A., 2003, Functional Properties of Extruded Foam Composites of Starch Acetate and Corn Cob Fiber, Industrial Crops and Products, 19(3): 255-269.

Lawton, J.W., Shogren, R.L. and Tiefenbacher, K.F., 2003, Aspen Fiber Addition Improves the Mechanical Properties of Baked Corn Starch Foams, Industrial Crops and Products, 19(1): 41–48.

Shey, J., Imam, S.H., Glenn, G.M. and Orts, W.J., 2005, Properties of Baked Starch Foam with Natural Rubber Latex, Industrial Crops and Products, 24(1): 34-40.

Svagan, A., 2006, Bio-inspired Polysaccharide Nanocomposites and Foams, Master's Degree Thesis, Department of Fiber and Polymer Technology, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Tharanathan, R. N., 2003, Review: Biodegradable Films and Composite Coatings: Past, Present and Future, Trends in Food Science and Technology, 14(3): 71-78.

Table 1 Effect of fiber on density, tensile strength, elongation, water absorption index and water solubility index of cassava starch foam.

Type of fiber	Fiber content	Density (g/ml)	Tensile strength (kPa)	Elongation (%)	Water absorption index (WAI)	Water solubility index (WSI)
lemongrass		0.32^{a}	557.88	1.12^{b}	10.80	11.76^{b}
kraft		0.14^{b}	584.70	1.46^{a}	11.04	13.53^{a}
F-test		**	ns	**	ns	**
LSD		0.02	49.97	0.14	0.35	0.56
	0	0.13^{c}	175.23^{d}	0.88^{c}	11.01^{b}	15.77^{a}
	10	0.27^{a}	573.59^{c}	1.68^{a}	12.23^{a}	12.85^{b}
	20	0.26^{ab}	831.02^{a}	1.36^{b}	11.03^{b}	11.73^{c}
	30	0.24^{b}	705.31^{b}	1.25^{b}	9.41^{c}	10.23^{d}
	F-test	**	**	**	**	**
	LSD	0.03	70.67	0.20	0.49	0.79
lemongrass	0	0.13^{c}	175.25^{d}	0.88^{b}	11.01^{cd}	15.77^{a}
	10	0.41^{a}	673.25^{b}	1.62^{a}	11.56^{bc}	11.17^{d}
	20	0.39^{a}	865.70^{a}	1.07^{b}	10.20^{e}	10.13^{de}
	30	0.35^{b}	517.36^{c}	0.91^{b}	10.42^{de}	9.67^{e}
kraft	0	0.13^{c}	175.23^{d}	0.88^{b}	11.01^{cd}	15.77^{a}
	10	0.14^{c}	473.95^{c}	1.17^{a}	12.88^{a}	14.53^{b}
	20	0.14^{c}	796.35^{a}	1.65^{a}	11.86^{b}	13.03^{c}
	30	0.14^{c}	893.26^{a}	1.59^{a}	8.40^{f}	10.80^{d}
F-test		**	**	**	**	**
C.V.(%)		8.99	10.11	12.47	3.69	5.13
LSD		0.04	99.94	0.28	0.70	1.12

$^{a, b, c,...}$ Different superscripts in the same column indicated that means were significantly different ($p<0.05$)

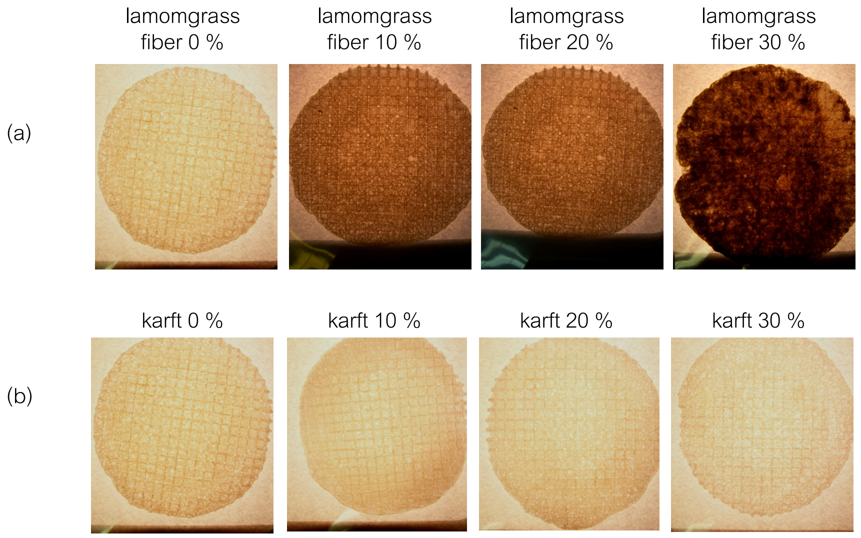


Figure 1 Appearance of (a) starch foam with lemongrass fiber and (b) starch foam with kraft.

ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อคุณภาพของรากบัวทอดสุญญากาศ
Effect of Temperature and Time on Quality of Vacuum Fried Lotus Root

ผาณิต รุจิรพิสิฐ[1]
Rujirapisit, P.[1]

Abstract

The Lotus root (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) contains a plentiful of nutrients and also has some medicinal properties. In addition, the vacuum frying is a new technology in food industry. It is an alternative way to improve the quality of fried food. Consequently, the main objective of this research was to investigate the suitable frying temperature and time for producing the vacuum fried Lotus root. The Lotus root was vacuum fried by varying the temperature at 90, 100 and 110°C for 25, 30 and 35 minutes. To determine the suitable frying temperature and time, the physicochemical properties and sensory evaluation were evaluated. Water activity (Aw), color (L*, a* and b*), cutting force (by Texture Analyzer) and 9-point hedonic scale test were determined. From the results, the data showed that the increase of temperature and time resulted in the decrease of Aw and cutting force. The redness (a*) and the yellowness (b*) increased with temperature while the lightness (L*) decreased with the increase of frying time. Besides, the panelists preferred the product that was vacuum fried at 110°C for 25 minutes. From proximate analysis, It contained high carbohydrate, protein and fiber but it was low fat.

Keywords: temperature, time, lotus root, vacuum fry

บทคัดย่อ

รากบัวจากบัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) มีคุณค่าทางอาหารสูง และมีสรรพคุณทางยา และการทอดภายใต้ระบบสุญญากาศเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ช่วยพัฒนาคุณภาพอาหารทอดให้ดีขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดรากบัวภายใต้ระบบสุญญากาศ โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้ทอดเป็น 90 100 และ 110 °C และเวลาที่ใช้ทอดเป็น 25 30 และ 35 นาที คัดเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม โดยวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ทางด้านค่าวอเตอร์แอคตีวิตี้ (Aw) ค่าสี L* a* และ b* ค่าแรงตัดขาดโดยเครื่อง Texture Analyzer และประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9- point hedonic scale test ผลการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น ค่าAw และค่าแรงตัดขาด มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ทอดเพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่างจะลดลง (L*) เมื่อใช้เวลาในการทอดเพิ่มขึ้น โดยผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ที่ทอดที่อุณหภูมิ 110 °C เวลา 25 นาที เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและเส้นใยสูง และมีปริมาณไขมันต่ำ

คำสำคัญ: อุณหภูมิ เวลา รากบัว ทอดสุญญากาศ

คำนำ

รากบัวจากบัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) ซึ่งเป็นพืชน้ำ มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างสูง โดยเฉพาะโปรตีน เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และวิตามิน บี (Wu,1987) โดยคนเอเชียนิยมนำมาประกอบอาหารหลายชนิด เนื่องจากมีกลิ่นรสเฉพาะ มีเนื้อสัมผัสที่กรอบ มีสรรพคุณเป็นยาบำรุง และเป็นยาอายุวัฒนะ (ทวีทอง, 2545) สำหรับการแปรรูปอาหารโดยใช้กระบวน การทอด มีวัตถุประสงค์เพื่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพในการบริโภค และเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร เนื่องจากจุลินทรีย์ และเอนไซม์ถูกทำลาย และค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ (Aw) ลดลง เมื่ออาหารสัมผัสกับน้ำมันที่ร้อน อุณหภูมิที่ผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้น น้ำจะเคลื่อนที่ออกจากอาหาร ผ่านผิวของอาหารซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุนและถูกแทนที่ด้วยน้ำมัน (Gil และ Handel, 1995) ดังนั้นถ้าอาหารมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันไว้ได้มาก อาหารก็มีโอกาสที่จะเสื่อมเสียเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และสาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพฯ 10400
[1]Department of Food Science and Technology and Department of Food Business Management, School of Science
University of the Thai Chamber of Commerce 126/1 Vibhavadee-Rangsit Road, Dindaeng, Bangkok 10400, Thailand

ของน้ำมันได้มาก การทอดภายใต้ระบบสุญญากาศ เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่นำมาใช้ในกระบวนการทอด ซึ่งจุดเดือดของน้ำมันจะต่ำลงกว่าการทอดในภาวะปกติ น้ำจะระเหยออกจากอาหารที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ อาหารจะสัมผัสกับออกซิเจนได้น้อย ทำให้เกิดการออกซิเดชั่นต่ำ มีผลให้ กลิ่นรส สี และสารอาหารต่างๆ คงสภาพดีกว่าการทอดในภาวะปกติ (Lin-Ping และคณะ, 2005) นอกจากนี้เครื่องทอดภายใต้ระบบสุญญากาศยังมีอุปกรณ์สำหรับสลัดน้ำมัน ทำให้อาหารดูดซับน้ำมันไว้ได้น้อยลง จึงช่วยยืดอายุการเก็บของอาหารไว้ได้นานขึ้น และลดการบริโภคน้ำมันของผู้บริโภคอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทดลองนำรากบัวซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีสรรพคุณทางยา มาทดลองทอดในระบบสุญญากาศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดรากบัวภายใต้ระบบสุญญากาศ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำรากบัวสด จากบัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) มาปอกเปลือกออกแล้วหั่นเป็นชิ้นหนา 5 มิลลิเมตร แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1%(น้ำหนักโดยปริมาตร) และสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.06% (น้ำหนักโดยปริมาตร) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 6 ชั่วโมง จากนั้นนำรากบัวที่เตรียมไว้ลงทอดในเครื่องทอดสุญญากาศ (Laboratory Vacuum Fryer) ของ หจก.เอฟ.เอ.อี.เทรดดิ้ง ใช้ความดัน 700 มิลลิเมตรปรอทสุญญากาศ แปรอุณหภูมิที่ใช้ทอดเป็น 90 100 และ 110 องศาเซลเซียส และแปรเวลาที่ใช้ทอดเป็น 25 30 และ 35 นาที
คัดเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม โดยวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ทางด้านค่าวอเตอร์แอคตีวิตี้ (Aw) โดยใช้เครื่อง water activity meter (AqualabLITE, 2004 Decagon Devices Inc.) วัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter Lab digital color difference meter รุ่น COLORFLEX 4510 วัดค่าแรงตัดขาดโดยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น texture LRX ของ LLOYE instrument และประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9- point hedonic scale test และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอดที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธีของ AOAC (2000) วางแผนการทดลองโดยวิธี Factorial Design 3 x 3 วิเคราะห์ความแตกต่างของตัวอย่างโดยใช้ Dancan's New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากการนำรากบัวมาทอดภายใต้ระบบสุญญากาศ (700 มิลลิเมตรปรอทสุญญากาศ) โดยแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทอด ได้ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพ ดัง Table 1 และผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี 9- point hedonic scale test ดัง Table 2

Table 1 Effect of temperature and time on physico-chemical properties of Vacuum Fried Lotus Root.

Temperature(°C)	Time(min.)	Aw	Cutting force (N)	Color			
				L*	a*	b*	Chroma
90	25	0.28^{a}	12.6^{a}	67.25^{a}	3.81^{d}	23.85^{c}	24.15^{c}
	30	0.28^{a}	11.5^{ab}	66.46^{ab}	3.85^{d}	23.80^{c}	24.11^{c}
	35	0.26^{ab}	9.9^{c}	65.49^{ab}	3.87^{d}	23.78^{c}	24.20^{c}
100	25	0.28^{a}	10.9^{b}	67.18^{a}	3.96^{d}	23.98^{bc}	24.30^{c}
	30	0.26^{ab}	9.7^{c}	65.24^{ab}	3.89^{d}	24.12^{bc}	24.43^{c}
	35	0.25^{b}	9.8^{c}	64.38^{ab}	4.12^{cd}	24.41^{b}	24.76^{c}
110	25	0.20^{c}	9.7^{c}	67.37^{a}	4.97^{c}	26.15^{a}	26.62^{b}
	30	0.20^{c}	8.7^{d}	63.12^{b}	5.73^{b}	27.21^{a}	27.81^{a}
	35	0.19^{c}	8.5^{d}	61.84^{b}	6.23^{a}	27.25^{a}	27.95^{a}

[a,b,c,d] Different superscript letters within column indicate values are significant different at the level of $p < 0.05$

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพของรากบัวที่ผ่านการทอดในระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 90 100 และ 110 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 25 30 และ 35 นาที พบว่า ค่าวอเตอร์แอคตีวิตี้ (Aw) ของผลิตภัณฑ์รากบัวทอดสุญญากาศมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการทอดเพิ่มขึ้น ($p > 0.05$) เนื่องจากในระหว่างการทอด เมื่ออาหารได้รับความร้อน น้ำในอาหารจะเคลื่อนที่ออกจากอาหาร ส่งผลให้ปริมาณน้ำในอาหารลดลง ทำให้ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้

ประโยชน์ได้ลดลงไปด้วย (Sahin และ Sumnu, 2008) ซึ่งระดับของค่า Aw ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่า มีค่าต่ำมาก (0.19 - 0.28) จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (Barbosa-Canovas และคณะ, 2007) และเมื่ออุณหภูมิ และเวลาในการทอดเพิ่มขึ้นน้ำเคลื่อนตัวออกจากผลิตภัณฑ์มากขึ้น จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้งกรอบมากขึ้น เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปวัดค่าแรงตัดขาด (cutting force) จึงใช้แรงในการตัดขาดน้อยลง และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปวัดค่าสี พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแต่ละตัวอย่างทดสอบ ในขณะที่เมื่อเวลาที่ใช้ในการทอดเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เวลาที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อค่าสีแดงและค่าสีเหลือง ยกเว้นที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่าสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p > 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าความเข้มของสี (chroma) พบว่าที่อุณหภูมิ 90 และ 100 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการทอดไม่มีผลต่อความเข้มของสี($p \leq 0.05$) แต่ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่าความเข้มของสีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p > 0.05$) เนื่องจาก เมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อน จึงเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลขึ้น

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส ทางด้านความชอบ ได้ผลการทดลองดัง Table 2 พบว่าผู้ทดสอบชิมชอบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิสูงมากกว่าอุณหภูมิต่ำ โดยชอบผลิตภัณฑ์ที่ทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส มากที่สุด และเวลาที่ใช้ในการทอดไม่มีผลต่อความชอบของผู้บริโภค ($p \leq 0.05$) ดังนั้น จึงคัดเลือกอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส และเวลา 25 นาที เป็นอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตรากบัวทอดสุญญากาศ

จากการนำผลิตภัณฑ์รากบัวทอดสุญญากาศไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณความชื้น เส้นใย เถ้า ไขมัน โปรตีน และ คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 1.62 3.54 3.71 13.57 7.86 และ 69.70 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณเส้นใยและโปรตีนอยู่ในเกณฑ์สูง และมีปริมาณไขมันน้อยกว่าผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะเป็นแผ่นกรอบที่ทอดที่ความดันปกติ (ไขมัน 30 – 40 %) (Sahin และ Sumnu, 2008)

Table 2 Effect of temperature and time on sensory evaluation (9 – point Hedonic scale test) of vacuum fried lotus root.

Temperature(°C)	Time(min.)	Sensory score (Hedonic score)				
		Appearance	Color	Flavor	Texture	Overall acceptance
90	25	6.23^{c}	6.13^{c}	5.66^{d}	5.80^{d}	6.21^{cd}
	30	6.54^{c}	6.21^{c}	5.73^{d}	6.34^{c}	6.40^{c}
	35	6.24^{c}	6.18^{c}	6.20^{cd}	6.26^{cd}	6.59^{c}
100	25	6.19^{c}	6.25^{c}	5.83^{d}	5.93^{d}	6.33^{cd}
	30	6.98^{b}	7.32^{b}	6.75^{c}	6.46^{c}	6.46^{c}
	35	7.18^{b}	7.25^{b}	7.41^{b}	7.23^{b}	7.22^{b}
110	25	8.13^{a}	8.16^{a}	8.02^{a}	7.85^{a}	8.15^{a}
	30	8.02^{a}	7.98^{a}	8.10^{a}	7.92^{a}	8.03^{a}
	35	7.95^{a}	7.85^{a}	7.98^{a}	7.79^{d}	7.94^{a}

^{a,b,c,d} Different superscript letter within column indicate values are significant different at the level of $p < 0.05$

สรุปผล

อุณหภูมิและเวลามีผลต่อผลิตภัณฑ์รากบัวทอดโดยใช้ระบบสุญญากาศ คือ เมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น ค่า Aw และค่าแรงตัดขาด มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ทอดเพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่าง (L*) ลดลงเมื่อใช้เวลาในการทอดเพิ่มขึ้น โดยผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ที่ทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และเส้นใยสูง และมีปริมาณไขมันต่ำ

เอกสารอ้างอิง

ทวีทอง หงส์วิวัฒน์, 2545, สารานุกรมผัก, สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพมหานคร, 208 หน้า.

Barbosa-Canovas, G.V., Fontana, A.J., Jr., Schmidt, S.J. and Labuza, T.P., 2007, Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications, Blackwell Publishing Professional, UK, 435p.

Gil, B. and Handel, A.P., 1995, The Effect of Surfactants on the Interfacial Tension of Frying Fat, Journal of the American Oil Chemists' Society, Vol. 72(8): 951-955.

Lin-Ping, F., Min, Z., Qian, T. and Gong-Nian, X., 2005, Sorption Isotherms of Vacuum Fried Carrot Chips, Drying Technology, Vol. 23(7): 1569–1579.

Sahin, S. and Sumnu, S.G., 2008, Advances in Deep-Fat Frying of Foods, CRC Press, Florida, USA, 321 p.

Wu, Z.Q.,1987, Vegetable of Taiwan(I), Du Fia Publishers, Taipei, Taiwan, 65 p.

Agricultural Sci. J. 40(3) (Suppl.): 69-72 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 69-72 (2552)

การอบแห้งใบกะเพราแดงแบบอินฟาเรดและผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

Infrared Drying of Holy Basil Leaves and Its Effect on Sensory Characteristics

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์[1]
Apintanapong M.[1]

Abstract

Infrared drying of holy basil leaves was done in comparison with hot air drying. The results revealed that infrared drying rate (0.42-0.65 kg/kg.min) was higher than hot air drying rate (0.18-0.20 kg/kg.min). In drying kinetics study, Page's models provided best fit model for both infrared and hot air drying data with higher R^2 in comparison with Newton's model. A drying coefficient (k) from Newton's model and an exponent (n) from Page's model tended to increase with drying temperature. Sensory evaluation was carried out using 9-point Hedonic Scale Method. Dried holy basil leaves using hot air drying obtained higher scores in color and appearance attributes ($P \leq 0.05$). Dried holy basil leaves dried at 60°C from both drying methods were selected to prepare the spicy pork basil (Kra- Phrao Moo). The results demonstrated no significant difference ($P > 0.05$) in basil flavor and taste among the spicy pork basil prepared from fresh, infrared dried and hot air dried holy basil leaves. However, the scores in color and appearance of the spicy pork basil prepared from infrared dried and hot air dried holy basil leaves were lower than the fresh one, significantly ($P \leq 0.05$).

Keywords: holy basil leaves, kinetics, infrared, drying

บทคัดย่อ

ในการอบแห้งใบกะเพราแดงโดยใช้คลื่นอินฟาเรดเปรียบเทียบกับการอบแห้งแบบลมร้อนพบว่าการอบแห้งโดยใช้คลื่นอินฟราเรดมีอัตราการอบแห้ง (0.42-0.65 kg/kg.min) สูงกว่าแบบลมร้อน (0.18-0.20 kg/kg.min) เมื่อศึกษาจลนศาสตร์ของการอบแห้งพบว่าแบบจำลองของ Page ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงกว่าแบบจำลองของ Newton เมื่อวิเคราะห์หาค่าคงที่ในการอบแห้งพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การอบแห้ง (k) จากแบบจำลองของ Newton และค่าเอกซ์โปเนนท์ (n) จากแบบจำลองของ Page มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าใบกะเพราจากการอบแห้งแบบลมร้อนมีคะแนนความชอบต่อค่าสีและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์สูงกว่าแบบอินฟาเรด ($P \leq 0.05$) เมื่อคัดเลือกใบกะเพราจากทั้งสองวิธีที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ผัดกะเพราหมูสับพบว่าการใช้ใบกะเพราอบแห้งแบบลมร้อนและคลื่นอินฟราเรด มีคะแนนความชอบในด้านกลิ่นกะเพราและรสชาติไม่แตกต่างจากใบกะเพราสด ($P > 0.05$) แต่การอบแห้งทั้งสองวิธีให้คะแนนความชอบด้านสีและลักษณะปรากฏต่ำกว่าใบกะเพราสดอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

คำสำคัญ: ใบกะเพราแดง จลนศาสตร์ อินฟราเรด การอบแห้ง

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ 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

Introduction

Thai sacred basil (*Ocimum sanctum* L.) or holy basil is one of the most popular and useful culinary herbs due to its specifics volatile/aroma compounds which are used as flavoring agents in many foods in both fresh and dried form especially for Italian and Thai cuisines. Thomson et al. (2001) revealed that fresh basil can be stored for maximum time of 7 days. So another interesting aspect in preserving herbs to extend the shelf life could be dehydration methods. Drying is one of the most common methods used for food preserving and extending the shelf life by reducing the moisture content to a low level. The typical moisture contents of finished products may depend on drying methods for different applications. Microwave and infrared drying have been studied for achieving fast drying and reducing quality loss of fruits and vegetables (Baysal et al., 2004). Compared with hot air drying, Infrared heating offers many advantages such as greater energy efficiency, heat transfer rate, and heat flux, which results in reduced drying time and higher drying rate. It has been investigated as a potential method for increasing heating efficiency and obtaining high quality of dried foodstuffs (Shi et al., 2008). Therefore, the objectives of this research were to investigate the drying and sensory characteristics of holy basil leaves under different temperatures using infrared heating in comparison with hot air drying method.

Materials and Methods

Drying: Good quality bunches of red sacred basil were purchased from Huay Kwang Local Market, Bangkok, Thailand. Bunches of basil were washed and drained. Then, the shoots were separated and only good leaves were used. Holy basil leaves were uniformly distributed on the tray as a thin layer and were hot-air dried and infrared dried at temperature of 50, 60 and 70°C.

Mathematical modeling of drying data: Moisture loss was recorded during the drying process in order to determine the drying curves. For calculating the drying rate of holy basil leaves in both drying methods, initial moisture content (Mi) and equilibrium moisture content (Me) were determined. Two models, Newton's and Page's models, were applied in this study (Ayensu, 1997; Praveenkumar et al., 2006).

Sensory evaluation: Sensory evaluation was carried out using 9-point Hedonic Scale Method. The panelists were asked to indicate their preferences in color and appearance attributes of dried holy basil leaves and color, appearance, basil flavor and taste attributes of Spicy pork basil (Kra- Phrao Moo) which was prepared from fresh and rehydrated holy basil leaves.

Results and Discussion

The drying curves for thin layer drying of holy basil leaves under hot-air and infrared drying conditions are shown in Figure 1.

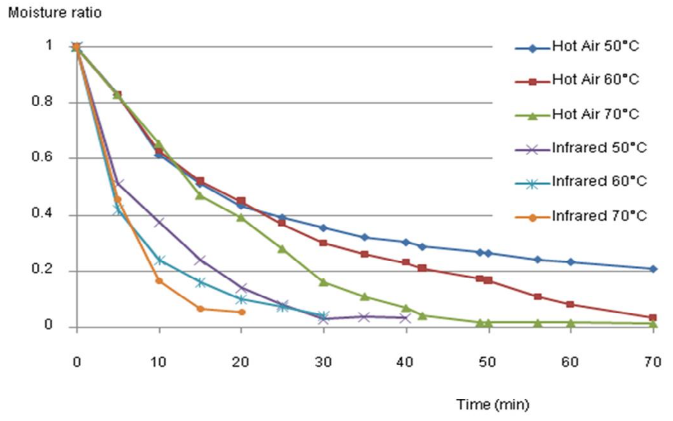


Figure 1 Drying curves of hot-air dried and infrared dried holy basil leaves.

The infrared drying showed much higher drying rates (0.42-0.65 kg/kg.min) throughout the course of drying than the hot air drying (0.18-0.20 kg/kg.min) as shown in Table 1. Since infrared radiation directly penetrated into the leaves and did not heat the surrounding air as that in the hot air drying (Pan et al., 2008). From Table 1, the drying temperature directly affected on drying rate for both hot air and infrared drying methods as shown from the increasing of drying rate when the temperature increased. In drying kinetics study, Newton and Page models were tested for their validity to holy basil leaves under hot-air and infrared drying:

Newton model: $MR = \exp(kt)$……….(1)

Page model: $MR = \exp(kt^n)$ …….(2)

Where; MR = moisture ratio = $(M - M_e)/(M_0 - M_e)$; M = moisture content (kg water/kg dry matter) at time t; M_e = equilibrium moisture content (kg water/kg dry matter); M_0 = initial moisture content (kg water/kg dry matter) at time = 0; k = drying rate constant (min^{-1}); n is an exponent of Page's model; t = drying time in min

Page's models provided best fit model for both infrared and hot air drying data with higher R^2 in comparison with Newton's model. A drying coefficient (k) from Newton's model and an exponent (n) from Page's model tended to increase with drying temperature.

For sensory evaluation, dried holy basil leaves using hot air drying obtained higher scores in color and appearance attributes ($P \leq 0.05$) as shown in Table 2. This could be due to the browning effect from infrared drying (Pan et al., 2008; Krokida et al., 2000). Infrared heating resulted in rapid drying and enhanced the color development, compared to conventional heat treatment (Olsson et al., 2005).

Table 1 Equation parameters at different drying temperatures and methods.

Drying temperatures and methods	Drying curves*		Newton model*		Page model*		
	Drying rate (kg/kg.min)	R^2	k (min^{-1})**	R^2	k (min^{-1})**	n***	R^2
Hot-air drying							
50°C	0.18±0.01	0.88±0.02	0.02±0.01	0.85±0.02	0.15±0.01	0.75±0.02	0.99±0.01
60°C	0.19±0.01	0.93±0.04	0.04±0.01	0.98±0.02	0.04±0.02	1.03±0.07	0.95±0.02
70°C	0.20±0.01	0.96±0.01	0.07±0.01	0.95±0.01	0.02±0.01	1.35±0.05	0.98±0.01
Infrared drying							
50°C	0.42±0.01	0.91±0.03	0.09±0.01	0.98±0.03	0.17±0.01	0.82±0.03	0.99±0.01
60°C	0.56±0.08	0.86±0.05	0.14±0.02	0.94±0.03	0.16±0.12	0.90±0.12	0.98±0.02
70°C	0.65±0.05	0.96±0.01	0.14±0.03	0.99±0.01	0.17±0.06	0.94±0.17	0.99±0.01

*Each value is the average of three replicates (mean ± standard deviation).

**k is a drying constant, 1/min. ***n is an exponent, dimensionless.

Table 2 Effect of drying temperatures and methods on color and appearance of dried holy basil leaves.

Drying methods and temperatures		Color	Appearance
Hot-air drying	50°C	$7.00 \pm 1.29_b$	$6.85 \pm 1.49_b$
	60°C	$6.80 \pm 1.10_{ab}$	$6.95 \pm 1.05_b$
	70°C	$6.40 \pm 1.78_{ab}$	$6.25 \pm 1.40_{ab}$
Infrared drying	50°C	$5.80 \pm 1.67_a$	$6.20 \pm 1.82_{ab}$
	60°C	$6.05 \pm 1.70_{ab}$	$5.95 \pm 1.79_{ab}$
	70°C	$5.85 \pm 1.92_a$	$5.45 \pm 1.98_a$

*Each value is the average of three replicates (mean ± standard deviation).

[a, b, c,…] Mean values followed by the different letters in the same column are significantly different ($P \leq 0.05$).

Dried holy basil leaves dried at 60°C from both drying methods were selected to prepare the spicy pork basil. The results from Table 3 demonstrated no significant difference (P > 0.05) in basil flavor and taste among the spicy pork basil prepared from fresh, infrared dried and hot air dried holy basil leaves. However, the scores in color and appearance of the spicy pork basil prepared from infrared dried and hot air dried holy basil leaves were lower than the fresh one, significantly (P ≤ 0.05).

Table 3 Effect of drying method on color, appearance, basil flavor and taste of spicy pork basil in comparison with fresh holy basil leaves.

Drying method	Color	Appearance	Basil flavor	Taste
Fresh holy basil leaves	$7.55 \pm 1.19_b$	$7.40 \pm 1.39_b$	$5.95 \pm 1.70_a$	$6.40 \pm 1.23_a$
Hot air drying at 60°C	$6.10 \pm 1.29_a$	$6.10 \pm 1.51_a$	$5.80 \pm 1.54_a$	$5.90 \pm 1.51_a$
Infrared drying at 60°C	$6.40 \pm 1.35_a$	$6.45 \pm 1.63_{ab}$	$6.25 \pm 1.71_a$	$6.50 \pm 1.79_a$

*Each value is the average of three replicates (mean ± standard deviation).

[a, b, c,..] Mean values followed by the different letters in the same column are significantly different (P≤0.05).

Summary

The infrared drying had much higher drying rate compared to the hot air drying. In mathematical modeling, Page's models gave a better fit over Newton's model. From sensory characteristics, dried holy basil leaves using hot air drying obtained higher scores in color and appearance attributes. When fresh and dried holy basil leaves from both drying methods were used to prepare the spicy pork basil, the results demonstrated no significant difference in basil flavor and taste. But the color and appearance of the spicy pork basil prepared from dried holy basil leaves from both drying methods obtained lower scores than the fresh one.

Acknowledgements

The authors are grateful to Ms. Paramaporn Phetlug and Ms. Nariya Watanakamponkit for providing her with original experimental data for drying of holy basil leaves.

Literature cited

Ayensu, A., 1997, Dehydration of Food Crops Using a Solar Dryer With Convective Heat Flow, Solar Energy, 59(4-6): 121-126.

Baysal, T., Icier, F., Ersus, S. and Yidz, H., 2004, Effects of Microwave and Infrared Drying on the Quality of Carrot and Garlic, European Food Research and Technology, 218(1): 68-73.

Krokida, M.K., Karathanous, V.T. and Maroulis, Z.B., 2000, Effect of Osmotic Dehydration on Color and Sorption Characteristics of Apple and Banana, Drying Technology, 18(4 and 5): 937-950.

Olsson, E.E.M., Trägärdh, A.C. and Ahrné, L.M., 2005, Effect of Near-Infrared Radiation and Jet Impingement Heat Transfer on Crust Formation of Bread, Journal of Food Science, 70(8): 484–491.

Pan, Z., Shih, C., Mc Hugh, T.H. and Hirschberg, E., 2008, Study of Banana Dehydration Using Sequential Infrared Radiation Heating and Freeze-Drying, Food Science and Technology, 41(10): 1944-1951.

Praveen kumar, D.G., Umesh Hebber, H. and Ramesh, M.N., 2006, Suitability of Thin Layer Models for Infrared-Hot Air-Drying of Onion Slices, Food Science and Technology, 39(6): 700-705.

Shi, J., Pan, Z., McHugh, T.H., Wood, D., Hirschberg, E., and Olson, D., 2008, Drying and Quality Characteristics of Fresh and Sugar-Infused Blueberries Dried with Infrared Radiation Heating, Food Science and Technology 41(10): 1962-1972.

Thomson, G., Hopkins, F. and Winkler, S., 2001, Packaging for Thai basil [Online], Available: http://www.nre.vic.gov.au/trade/saiaveg.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 73-76 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 73-76(2552)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินบี 1 แกมมาอะมิโนบิวทาริค และสารฟีนอลิคของข้าวเจ้างอก และธัญพืชงอก 4 ชนิด

Change of Vitamin B1, γ-Amino–Butyric Acid (GABA) and Phenolics of Germinated Brown Rice and Four Kinds of Cereal

อรทัย ขำค้า[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Khumkah, O.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

The change of phyochemical of germinated brown rice cv Khaw Doak Mali 105, and four cereals, mized cv Suwan 1, sorghum cv. Hegari, sesame cv Sakonnakorn 60 and wheat was monitored. All seeds were soaked in controlled water at temperature of 35°C or 45°C and pH at 4 or 6. It was found that soaking condition at pH 4 and temperature of 35°C or 45°C resulted in a greater vitamin B1 of germinated brown rice, sesame, sorghum, and wheat. For germinated maize, vitamin B1 was high from soaking at pH 6 and temperature of 45°C. It was also found that all cereal seeds soaked at 35°C and pH at 4 andะ 6 had greater γ-amino–butyric acid (GABA) contents. In addition, carotenoid contents of germinated brown rice, maize, and sesame were highest when the seed was soaked in water at pH 4, temperature at 35°C or 45°C but carotenoids of germinated sorghum and wheat were highest when soaking at pH 6 and temperature at 35°C or 45°C. Phenolic compounds of germinated rice and cereals were high than those non-germinated cereals.

Keywords: cereals, vitamin B1, γ-amino–butyric acid (GABA), carotenoids, phenolic contents

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสารสำคัญในข้าวกล้องงอกและธัญพืชงอก ได้แก่ ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ข้าวฟ่างพันธุ์เฮกการี่ งาพันธุ์สกลนคร 60 และข้าวสาลี โดยนำเมล็ดพันธุ์แช่น้ำที่มีอุณหภูมิ 35 และ 45°C และพีเอช 4 และ6 พบว่าสภาวะการแช่น้ำที่มีพีเอชเท่ากับ 4 อุณหภูมิ 35°C หรือ 45°C ทำให้ปริมาณวิตามินบี 1 ในเมล็ดพันธุ์ข้าวกล้อง งา ข้าวฟ่างและข้าวสาลีงอกสูงขึ้น สำหรับข้าวโพดมีปริมาณวิตามินบี 1 สูงสุดเมื่อสภาวะการแช่พีเอชเท่ากับ 6 อุณหภูมิ 45°C นอกจากนี้ยังพบว่าเมล็ดธัญพืชงอกทั้ง 5 ชนิดที่แช่น้ำที่ อุณหภูมิ 35°C พีเอช 4 และ 6 มีปริมาณ แกมมาอะมิโนบิวทาริค (γ-amino–butyric acid; GABA) สูงขึ้น รวมทั้งปริมาณแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ของข้าวกล้อง ข้าวโพด และงางอกมีปริมาณสูงสุดเมื่อแช่น้ำที่พีเอช 4 อุณหภูมิ 35°C และ 45°C แต่ในเมล็ดข้าวฟ่าง และข้าวสาลีงอกพบปริมาณสูงที่สุด เมื่อแช่น้ำพีเอช 6 อุณหภูมิ 35°C และ 45°C สำหรับปริมาณฟีนอลลิก พบว่าเมล็ดพืชงอกทุกชนิดมีปริมาณสูงกว่าเมล็ดที่ยังไม่ผ่านการงอก

คำสำคัญ: ธัญพืช วิตามินบี 1 แกมมาอะมิโนบิวทาริค แคโรทีนอยด์ ปริมาณฟีนอลิก

คำนำ

ธัญพืช (cereal) เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ให้พลังงานสูง และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน นอกจากมีการนำเมล็ดธัญพืชมาเป็นอาหารโดยตรงแล้ว ยังนำเมล็ดธัญพืชมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อใช้ประกอบอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ขนมอบต่างๆ เส้นหมี่ ผลิตภัณฑ์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ และอาหารสัตว์ (Yalcin และคณะ, 2007) รวมทั้งยังมีการนำธัญพืชมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (Marlene และคณะ, 2008) ซึ่งอาหารบำรุงสุขภาพที่ได้จากธรรมชาติกำลังเป็นที่นิยมมากในโลกตะวันตก โดยเฉพาะธัญพืชงอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น (Lin และ Lai, 2006) โดยกระบวนการงอกทำให้เอนโดสเปิร์มนิ่มลงและเอ็นไซม์ที่อยู่ในเมล็ดพันธุ์พืชถูกกระตุ้นทำให้เกิดการสลายวิตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโน และมีผลต่อการเพิ่มสาร antioxidant ในเมล็ด

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8, Tientalay Rd. Bangkhuntein, Bangkok 10150

พืชงอกอีกด้วย ซึ่งสาร bioactive compound ที่พืชสร้างขึ้นมาในระหว่างการงอกนี้เป็นสารธรรมชาติจากพืชที่ได้รับความนิยมสำหรับการนำมาบริโภคเพื่อสุขภาพอนามัยที่ดีของคนในยุคปัจจุบัน แต่เนื่องจากประเทศไทยมีการผลิตเมล็ดพืชงอกเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้อยมาก ดังนั้นการนำข้าวและธัญพืชในประเทศมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ จึงเป็นแนวทางในการเพิ่มปริมาณในการบริโภคและแปรรูป ทั้งยังเป็นการเพิ่มศักยภาพในการส่งออกรวมทั้งเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวและธัญพืชของประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำธัญพืช 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ข้าวฟ่างพันธุ์อู่ทอง งาพันธุ์สกลนคร 60 และข้าวสาลี มาทำความสะอาดแล้วนำมาวิเคราะห์ วิตามินบี1 โดยใช้ UV-Spectrophotometer (ตามวิธีของ Liu และคณะ, 2002) GABA ดัดแปลงวิธีของ Kitaoka และ Nakano (1969) แคโรทีนอยด์ (โดยวิธี AOAC., 1990) ฟีนอลลิกทั้งหมด (วิธี Folin Ciocaltaue) จากนั้นนำเมล็ดธัญพืชมาศึกษาผลของ pH และอุณหภูมิ ต่อการเปลี่ยนแปลงสารอาหารในระหว่างการงอกของข้าวกล้องและธัญพืช โดยเลือกเอาเมล็ดที่สมบรูณ์ คัดเมล็ดที่แตกหักทิ้ง แปรสภาวะการแช่น้ำที่ pH 4 และ 6 อุณหภูมิ 35 และ 45°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำมางอกที่อุณหภูมิห้องจนธัญพืชมีความยาวราก ประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร แล้วนำเมล็ดที่งอกไปอบแห้ง ก่อนนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพฤกษเคมี (phytochemical) ของข้าวและธัญพืชระหว่างการงอก ดัง Tabel 1 พบว่าสภาวะการแช่น้ำที่มีพีเอช 4 อุณหภูมิ 35°C หรือ 45°C ทำให้ปริมาณวิตามินบี 1 ในเมล็ดพันธุ์ข้าวกล้อง งา ข้าวฟ่างและข้าวสาลีงอกสูงขึ้น สำหรับข้าวโพดมีปริมาณวิตามินบี 1 สูงสุดเมื่อสภาวะการแช่ที่ พีเอช 6 อุณหภูมิ 45°C โดยการเพิ่มขึ้นของวิตามินบี 1 ในช่วงการงอกเกิดจากการหายใจ มีการสังเคราะห์ ATP ทำให้ได้ สาร pyrimidine และ thiazole จากนั้นถูกเอมไซม์ thiamine phosphate synthase ย่อยสลายเป็น thiamine phosphate และเกิดปฏิกิริยาเติมหมู่ฟอสเฟต โดยเอ็มไซม์ thiamine phosphate kinase ได้เป็น thiamine pyrophosphate ซึ่งเป็น thiamine ที่อยู่ในรูปพร้อมทำงาน (Begley และคณะ, 1996) และเมล็ดธัญพืชงอกทั้ง 5 ชนิดที่แช่น้ำที่อุณหภูมิ 35°C พีเอช 4 และ 6 มีปริมาณ GABA สูงขึ้น เนื่องจากในสภาวะที่มีการปรับ pH ให้เป็นกรดเล็กน้อย H^+ ไปกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ glutamate decarboxylase ทำให้เกิดการเปลี่ยน glutamic acid ไปเป็น GABA (Shelp และคณะ, 1999) รวมทั้งปริมาณแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ของข้าวกล้อง ข้าวโพด และงางอกมีปริมาณสูงสุดเมื่อแช่น้ำที่พีเอช 4 อุณหภูมิ 35°C และ 45°C แต่ในเมล็ดข้าวฟ่าง และข้าวสาลีงอกพบปริมาณสูงที่สุด เมื่อแช่น้ำ พีเอช 6 อุณหภูมิ 35°C และ 45°C สำหรับปริมาณฟีนอลลิกทั้งหมด พบว่าเมล็ดพืชงอกทุกชนิดมีปริมาณสูงกว่าเมล็ดที่ยังไม่ผ่านการงอกซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jongjareonrak และคณะ (2009) ที่นำข้าวกล้องมางอกที่ 25°C ปริมาณฟีนอลลิก ทั้งหมดสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการงอก

สรุปผล

การเพิ่มปริมาณสารสำคัญในข้าวกล้องงอกและธัญพืชงอกนั้น สามารถใช้การควบคุมปัจจัยให้เหมาะสมต่อการงอก เช่น pH อุณหภูมิน้ำได้ โดยสภาวะในการงอกที่เหมาะสมที่สุดต่อการเพิ่มปริมาณของวิตามินบี 1 ในข้าวกล้อง งา ข้าวฟ่างและข้าวสาลีงอก คือ พีเอชเท่ากับ 4 อุณหภูมิ 35°C และ 45°C สำหรับข้าวโพดเป็นสภาวะการแช่ที่พีเอช 6 อุณหภูมิ 45°C ส่วนสภาวะที่ทำให้ปริมาณ GABA สูงสุดในธัญพืชงอกทั้ง 5 ชนิดคือ อุณหภูมิ 35°C พีเอช 4 และ 6 ทั้งนี้การเพิ่มของปริมาณ แคโรทีนอยด์ของข้าวกล้อง ข้าวโพด และงางอกสภาวะการงอกที่เหมาสมคือ พีเอช 4 อุณหภูมิ 35°C และ 45°C สำหรับในเมล็ดข้าวฟ่างและข้าวสาลีงอกสภาวะที่ดีที่สุดคือ พีเอช 6 อุณหภูมิ 35°C และ 45°C และสภาวะในการงอกที่เหมาะสมที่สุดต่อการเพิ่มปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในธัญพืชทั้ง 5 ชนิดคือ อุณหภูมิ 35°C พีเอช 4 และ 6

Table 1 Chemical composition changes of germinated brown rice and four kinds of cereal.

Plan	pH	Temperature (°C)	Chemical qualities			
			Vitamin B1 (mg/100g)	GABA (mg/100)	Carotenoids (mg/g of f.w)	Total phenolics (mg/100 g)
Brown rice	-	-	2.119	12.666	0.340	2.244
	4	35	7.619	14.666	0.436	3.984
		45	3.809	13.066	0.248	3.160
	6	35	2.904	20.966	0.290	3.864
		45	3.071	16.866	0.258	3.519
Sesame	-	-	16.428	7.600	0.930	3.930
	4	35	30.238	10.600	7.827	7.888
		45	26.060	9.733	8.711	4.913
	6	35	23.333	11.266	5.182	6.666
		45	18.854	8.266	7.827	5.803
Corn	-	-	13.095	4.266	1.631	6.108
	4	35	13.938	6.400	2.831	7.742
		45	21.428	5.430	2.392	7.357
	6	35	12.247	6.500	2.292	7.423
		45	27.857	5.333	1.726	7.251
Sorghum	-	-	12.857	5.533	0.969	4.116
	4	35	15.952	8.600	1.333	9.867
		45	13.649	7.533	1.717	7.383
	6	35	9.851	10.333	1.637	12.018
		45	14.814	10.000	1.883	6.653
Wheat	-	-	11.428	9.133	2.003	1.978
	4	35	12.619	12.366	0.327	4.130
		45	15.476	10.466	0.294	3.519
	6	35	14.523	12.666	0.361	4.887
		45	8.333	10.400	0.284	4.435

เอกสารอ้างอิง

AOAC., 1990, Official Method of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemistry, Washington, D.C., 1298 p.

Begley, P.T., 1996, The Biosynthesis and Degradation of Thiamin (vitaminB1), Natural Product Reports, pp. 177 - 185.

Jongjareonrak, A., Sawaddiwong, R., Benjakul, S., Osako, K., and Tanaka, M., 2009, Effect of Germination Conditions on Antioxidant Activity of Germinated Brown Rice, Czech Journal of food sciences, 27 (2009): s53-s53.

Kitaoka, S. and Nakano, Y., 1969, Colorimetric Determination of ω-Amino Acids, Journal of Biochemistry, 66: 87-94.

Lin, P.Y. and Lai, H.M., 2006, Bioactive Compounds in Legumes and Their Germinated Products, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 3807-3814.

Liu, S., Zhang, Z., Liu, Q. Luo, H. and Zheng, W., 2002, Spectrophotometric Determination of Vitamin B1 in a Pharmaceutical Formulation Using Triphenylmethane Acid, Journal of Pharamaceutical and Biomedical Analysis, 30: 685-694.

Marlene S.B., Lenny V.R., Christopher W.M., and Kelly B.D.,2008, Examining the Nutritional Quality of Breakfast Cereals Marketed to Children, Journal of American dietetic Association , 108:702-705.

Shelp, B.J., Bown, A.W. and McLean, M.D., 1999, Metabolism and Functions of Gamma-Aminobutyric Acid, Trends in Plant Science, 4: 446-452.

Yalcin, E., Celik, S., Akar, T., Sayim, I., and Koksel, H., 2007, Effect of Genotype and Environment on ß-glucan and Dietary Fiber Contents of Hullless Barleys Grown in Turkey, Food Chemistry, 101: 171-176.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 77-80 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 77-80 (2552)

ผลของอุณหภูมิและพีเอช ที่มีผลต่อการงอกและคุณภาพของข้าวเจ้างอกและธัญพืชงอก 4 ชนิด

Effect of Temperature and pH on Phisico-Chemical Qualities of Germinated Brown Rice and Four Kinds of Cereal

อรทัย ขำค้า[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Khumkha, O.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Effect of temperature and pH on phisico-chemical qualities of germinated brown rice cv. Khaw Dok Mali 105 and four kinds of cereal; maize cv. Suwan1, sorghum cv. Hegari, sesame cv. Sakonnakorn, and wheat was conducted. Seeds were soaked with water at 35, 45 ^{o}C and pH at 4, 6. It was found that soaking temperature at 45^{o}C pH 4 or 6 could induce a rapid germination of germinated rice, sorghum, and wheat compared to soaking temperature at 35^{o}C. Sesame seeds could germinate rapidly when soaking temperature and pH was 35^{o}C and 6, respectively. It is also found that soaking temperature and ph did not effect on germination rate of maize. Moreover, germinated rice and wheat soaking at 35^{o}C and pH 6 had a greater protein and lipid contents compared to un-soaked or non-germinated seed. Germinated maize, sorghum and sesame showed a decreasing in protein and lipid contents. It was also found that fiber content of all germinated seeds was greater than the control (non-germinated ones). Results showed that germinated rice, sorghum, and wheat using 35^{o}C and pH 6 had the lowest carbohydrate contents but carbohydrate content of germinated maize and sesame was lowest when the seed was subjected with pH 4.

Keywords: brown rice, corn, sorghum, sesame, wheat, germination

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและพีเอชต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และธัญพืชงอก 4 ชนิด คือ ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ข้าวฟ่างพันธุ์เฮกการี่ งาพันธุ์สกลนคร 60 และข้าวสาลี โดยการนำเมล็ดพันธุ์พืชมาแช่น้ำที่มีอุณหภูมิ 35 และ 45 ^{o}C และพีเอช 4 และ6 ผลการศึกษา พบว่าอุณหภูมิที่ 45^{o}C พีเอช 4 และ 6 มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าว ข้าวฟ่าง และข้าวสาลีงอกเร็วกว่าการใช้อุณหภูมิ 35^{o}C สำหรับเมล็ดงาสามารถงอกได้เร็วเมื่อใช้อุณหภูมิ 35^{o}C พีเอช 6 แต่เมล็ดข้าวโพดอุณหภูมิและพีเอชไม่มีผลต่อระยะเวลาในการงอก นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวกล้องและข้าวสาลีงอกที่ผ่านการแช่อุณหภูมิ 35^{o}C และพีเอช 6 มีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงขึ้นกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการงอก แต่เมล็ดข้าวโพด ข้าวฟ่าง และงางอกมีปริมาณโปรตีนและไขมันลดลง เมล็ดพืชทุกชนิดมีปริมาณเยื่อใยสูงขึ้นเมื่อนำมาผ่านการงอก สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าวกล้อง ข้าวฟ่าง ข้าวสาลีงอก โดยใช้อุณหภูมิ 35^{o}C และพีเอช 6 มีปริมาณต่ำสุด ส่วนข้าวโพด และงางอก มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำที่สุดเมื่อใช้พีเอช 4 ในระหว่างการงอก

คำสำคัญ: ข้าวกล้อง ข้าวโพด ข้าวฟ่าง งา ข้าวสาลี การงอก

คำนำ

ปัจจุบันผู้คนหันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น โดยเฉพาะการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ จากธัญพืชงอก เช่น ข้าวสาลีงอก โดยพบว่าธัญพืชงอก มีปริมาณโปรตีน เยื่อใย วิตามิน แร่ธาตุ และสารอาหารอีกหลายชนิดเพิ่มขึ้น และมีการนำธัญพืชงอกมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเช้า และเป็นส่วนผสมในสลัด และซุป เป็นต้น แต่ประเทศไทยมีการผลิตเมล็ดพืชงอกเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้อยมาก ส่วนใหญ่เป็นการนำธัญพืชมาบริโภคโดยตรง ถึงแม้ว่าประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตธัญพืชที่สำคัญของโลก โดยเฉพาะข้าว ธนาคารแห่งประเทศไทย รายงานการผลิตข้าวเปลือกในปี 2550/2551 ไทยผลิตข้าวประมาณ 23.23 ล้านเมตริกตัน (ศูนย์สารสนเทศเกษตร, 2551) นอกจากนี้ยังมีธัญพืชอีกหลายชนิดที่เป็นพืชเศรษฐกิจของไทย ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และงา เป็นต้น ซึ่งธัญพืชเหล่านี้ประสบกับภาวะความเสี่ยงของการผลิตจากสภาพภูมิอากาศ และราคาของ

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8, Tientalay Rd. Bangkhuntein, Bangkok 10150

ตลาดโลก แต่ประเทศไทยมีการนำเข้าข้าวสาลีมาใช้ในการผลิตข้าวสาลีงอก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเมล็ดข้าวงอกและธัญพืชงอกอีก 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และงา เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับธัญพืชของไทย ยังเป็นการตอบสนองกระแสตลาดทางด้านสุขภาพอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำธัญพืช 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ข้าวฟ่างพันธุ์อู่ทอง งาพันธุ์สกลนคร 60 และข้าวสาลี มาทำความสะอาดแล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี-กายภาพ ได้แก่ โปรตีน (Kjeldahl) คาร์โบไฮเดรท (โดยวิธี AOAC., 1990) ไขมัน (โดยวิธีของ AOAC., 1990) ปริมาณเยื่อใย (Soxhlet) ปริมาณเถ้า (โดยวิธีของ AOAC., 1990) จากนั้นนำมาศึกษาผลของ pH อุณหภูมิ ในการแช่ธัญพืชต่อการเปลี่ยนแปลงสารอาหารในระหว่างการงอกของข้าวกล้องและธัญพืช เลือกเอาเมล็ดที่สมบรูณ์ โดยคัดเมล็ดที่แตกหักทิ้ง จากนั้นนำมาล้างน้ำให้สะอาด แปรสภาวะการแช่น้ำที่ pH 4 และ 6 อุณหภูมิ 35 และ45°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำมางอกที่อุณหภูมิห้องจนธัญพืชมีความยาวราก ประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร แล้วนำเมล็ดที่งอกไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C นาน 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและระยะเวลาการงอก

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาพบว่า pH ของน้ำและอุณหภูมิในการแช่น้ำมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของข้าวกล้องงอกและธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิด (Table 1) พบว่าสภาวะการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 45°C พีเอช 4 และ 6 มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าว ข้าวฟ่าง และข้าวสาลีงอก ที่เวลา 32 ชั่วโมง 42 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งเร็วกว่าการใช้อุณหภูมิ 35°C สำหรับเมล็ดงาสามารถงอกได้เร็วเมื่อใช้อุณหภูมิ 35°C พีเอช 6 ที่เวลา 22 ชั่วโมง แต่เมล็ดข้าวโพดอุณหภูมิและพีเอชไม่มีผลต่อระยะเวลาในการงอก เนื่องจากเมล็ดต่างชนิดจะมีอัตราการดูดน้ำที่ต่างกัน (Bewley และคณะ, 1983) โดยการแช่น้ำที่อุณหภูมิสูงเป็นการละลายสารเคลือบไขที่เคลือบเปลือกไว้และทำให้เปลือกนุ่มลง และการแช่ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนๆ ทำให้โครงสร้างเปลือกบางลง เป็นการทำลายการพักตัวของเมล็ด น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปได้ แต่เมล็ดข้าวโพดเป็นพืชที่มีเมล็ดขนาดใหญ่ ต้องการระยะเวลา และใช้น้ำมากในการงอก (วันชัย, 2537) นอกจากนี้ยังพบว่า สภาวะการแช่ที่อุณหภูมิ 35°C และพีเอช 6 ทำข้าวกล้องและข้าวสาลีงอกมีปริมาณโปรตีน 13.9% และ 21.3% มีปริมาณไขมัน 4.42% และ 4.55% ซึ่งสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการงอก Shoichi (2004) กล่าวว่า การแช่น้ำทำให้กิจกรรมทางชีวโมเลกุลของเมล็ดพืชเกิดขึ้น โดย hydrolytic enzyme กระตุ้นทำให้เกิดการย่อยสลายไขมันและโปรตีนที่บริเวณชั้นรำข้าวทำให้ปริมาณไขมันและโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่เมล็ดข้าวโพด ข้าวฟ่าง และงางอกมีปริมาณโปรตีนและไขมันลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในระหว่างการแช่น้ำและการเจริญของเมล็ด รวมถึงปัจจัยอื่นๆ อาจขึ้นกับ สายพันธุ์ อุณหภูมิ วิธีการงอก เป็นต้น (Chavan และคณะ, 1988) การเพิ่มขึ้นของปริมาณเยื่อใยเกิดจากการงอกของ embryo ในขณะที่เมล็ดพืชกำลังงอกเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาภายใน โดยเฉพาะรากอ่อน มีการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์เกิดขึ้น สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าวกล้อง ข้าวฟ่าง ข้าวสาลีงอก โดยใช้อุณหภูมิ 35°C และพีเอช 6 มีปริมาณต่ำสุด ส่วนข้าวโพด และงางอก มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำที่สุด เมื่อใช้พีเอช 4 ในระหว่างการงอก เนื่องจาก pH มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ amylase ทำให้เอนไซม์ amylase ย่อยสลายแป้ง จึงมีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง

สรุปผล

การเปลี่ยนแปลงทางชีวโมเลกุลของเมล็ดพืชที่งอกนั้นสามารถศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการงอกโดยการควบคุม pH อุณหภูมิน้ำ โดยสภาวะเหมาะสมในการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าว ข้าวฟ่าง และข้าวสาลี ที่ทำให้งอกเร็วที่สุดคืออุณหภูมิ 35 และ45 $^{\circ}$C และพีเอช 4 และ6 เมล็ดงาที่อุณหภูมิ 35°C พีเอช 6 แต่เมล็ดข้าวโพดอุณหภูมิและพีเอชไม่มีผลต่อระยะเวลาในการงอก ส่วนสภาวะที่ให้ปริมาณโปรตีนและไขมันสูงที่สุดในข้าวกล้องและข้าวสาลีงอกคือ การแช่อุณหภูมิ 35°C และพีเอช 6 และเมล็ดพืชที่ผ่านการงอกทุกชนิดมีปริมาณเยื่อใยสูงขึ้นทุกสภาวะ โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าวกล้อง ข้าวฟ่าง ข้าวสาลีงอก ที่อุณหภูมิ 35°C และพีเอช 6 มีปริมาณต่ำสุด ส่วนข้าวโพดและงางอก มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำที่สุดเมื่อใช้พีเอช 4 ในระหว่างการงอก

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์สารสนเทศเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2551, [ออนไลน์], ค้นได้จาก http://www.trf.or.th/News/Contentasp Art_ID=138 [20สิงหาคม 2551]

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2537, สรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 213.

AOAC., 1990, Official Method of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemistry, Washington, D.C., 1298 p.

Bewly, J.D. and Black, M., 1983, Physiology and Biochemistry of Seed in Relation to Germination, Development Germination and Growth, Springer-Verley, New York, 1: pp.306.

Chavan, U.D., Chavan, J.K. and Kadam, S.S.,1988, Effect of Fermentation on Soluble Proteins and *In Vitro* Protein Digestibility of Sorghum, Green Gram and Sorghum-Green Gram Blends, Journal of Food Science, 53: 1574–1575.

Shoichi, I., 2004, Marketing of Value-added Rice Products in Japan: Germinated Brown Rice and Rice Bread, FAO Rice Conference, p.1-10.

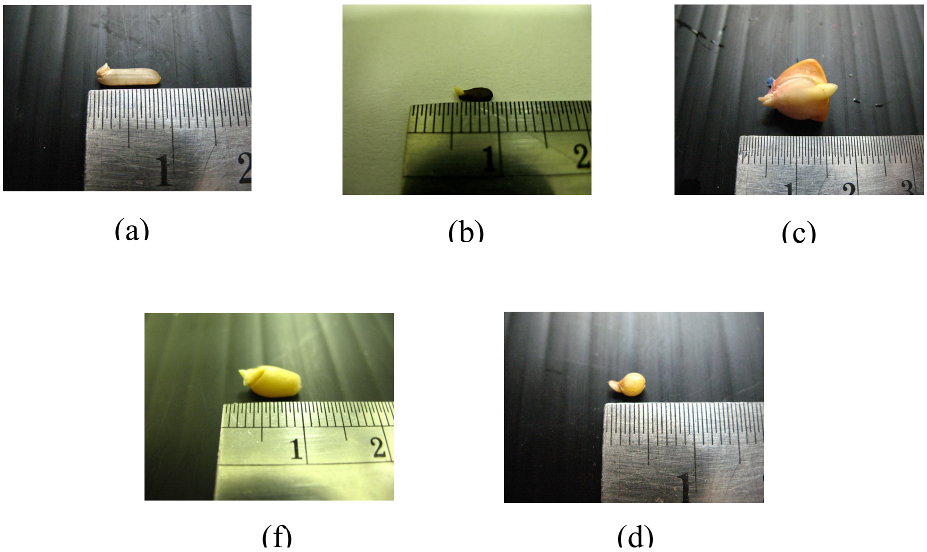


Figure 1 Appearance of germinated (a) brown rice (b) sesame (c) corn (d) sorghum and (f) wheat.

Table 1 Physico-chemical changes of germinated brown rice and four kinds of cereal.

Plant	pH	Temperature (°C)	Time (hr)	Chemical qualities			
				Protein (%)	Lipid (%)	fiber (%)	Carbohydrate (%)
Brown rice	-	-	0	13.289	3.493	1.295	79.939
	4	35	36	13.718	4.201	1.506	78.333
		45	34	13.708	3.674	1.461	79.021
	6	35	36	13.903	4.429	1.542	78.147
		45	32	13.776	4.322	1.348	78.668
Sesame	-	-	0	21.051	45.227	1.606	25.052
	4	35	24	18.657	36.879	1.842	38.756
		45	24	19.354	44.015	2.676	28.908
	6	35	22	21.208	44.070	0.920	30.199
		45	24	21.726	41.953	2.397	30.142
Corn	-	-	0	12.391	3.980	0.116	80.250
	4	35	48	11.085	2.930	0.141	83.424
		45	48	11.156	2.793	0.234	83.530
	6	35	48	11.298	3.581	0.190	81.383
		45	48	11.274	3.036	0.324	81.561
Sorghum	-	-	0	12.566	3.717	0.238	81.642
	4	35	48	9.835	2.923	0.428	84.671
		45	42	9.486	2.328	0.383	85.952
	6	35	48	9.949	2.813	0.649	84.061
		45	42	9.463	2.915	0.240	85.459
Wheat	-	-	0	14.667	3.030	0.113	80.658
	4	35	18	17.959	3.858	0.171	76.896
		45	12	17.851	4.236	0.267	76.764
	6	35	18	21.339	4.550	0.281	72.779
		45	12	19.513	3.150	0.271	76.170

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมที่ผลิตด้วยวิธีการแช่น้ำ

Physicochemical Properties of Calcium Fortified Quick Cooking Brown Rice Produced with Soaking Method

พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์[1] กัญญารัตน์ รุจิรารุ่งเรือง[2] และ เกื้อพันธ์ ชยะสุนทร[2]
Sirisoontaralak, P.[1], Rujirarungruang, K.[2] and Chayasoontorn, K.[2]

Abstract

Calcium fortified quick cooking brown rice was produced by soaking Thai jasmine brown rice in 3% (w/v) calcium lactate and calcium chloride solutions at room temperature, cooking in boiling water and then dried using hot air at 90°C. Rehydration time of calcium fortified quick cooking brown rice was 11-12 minutes, which was not different from that of normal quick cooking brown rice. Calcium fortification increased yellowness of quick cooking brown rice, whereas, total solids in cooking water and cooked brown rice hardness decreased. Quick cooking brown rice fortified with calcium chloride had more calcium content than that fortified with calcium lactate and was possibly claimed as “source of calcium”. Panelists accepted quick cooking brown rice fortified with the two types of calcium.

Keywords: quick cooking brown rice, soaking, calcium fortification, physicochemical property

บทคัดย่อ

ข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมผลิตโดยแช่ข้าวกล้องหอมมะลิในสารละลายแคลเซียมแลกเตต และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นต้มข้าวกล้องให้สุกในน้ำเดือด และทำแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พบว่าข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมใช้เวลาคืนรูป 11-12 นาทีไม่แตกต่างจากข้าวกล้องหุงสุกเร็วที่ไม่เสริมแคลเซียม การเสริมแคลเซียมทำให้ข้าวกล้องหุงสุกเร็วมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณของแข็งในน้ำต้มและความแข็งของข้าวกล้องสุกลดลง ข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมคลอไรด์มีปริมาณแคลเซียมมากกว่าข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมแลกเตต โดยสามารถกล่าวอ้างเป็น “แหล่งของแคลเซียม” ทั้งนี้ผู้ชิมให้การยอมรับข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมทั้ง 2 ชนิด

คำสำคัญ: ข้าวกล้องหุงสุกเร็ว การแช่น้ำ การเสริมแคลเซียม คุณภาพทางเคมีกายภาพ

คำนำ

ข้าวเป็นสินค้าเกษตรที่มีมูลค่าสำหรับทางเศรษฐกิจของประเทศไทย แต่ในปัจจุบันมีความจำเป็นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์และเพื่อสร้างทางเลือกเพราะจากตลาดส่งออกข้าวสารมีคู่แข่งขันที่ต้นทุนต่ำกว่า และเพื่อตอบสนองวิถีการดำรงชีวิตของคนรุ่นใหม่ที่เร่งด่วน ผลิตภัณฑ์อาหารที่สะดวกและให้ความรวดเร็วในการจัดเตรียมประเภทหุงสุกเร็วหรืออาหารกึ่งสำเร็จรูปจึงการเติบโตอย่างมาก ดังนั้นการพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็ว (quick cooking rice) จะช่วยเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคและตอบสนองความต้องการที่เปลี่ยนไป โดยเฉพาะข้าวกล้องเป็นข้าวที่ยังคงมีชั้นรำจึงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทั้งปริมาณวิตามิน เกลือแร่ และกากใยอาหาร แต่ข้าวกล้องเป็นข้าวที่ใช้เวลานานในการหุงสุกและข้าวกล้องสุกมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าข้าวสารสุก การพัฒนาข้าวกล้องหุงสุกเร็วจะช่วยเพิ่มความสะดวกให้ผู้บริโภค และยังสามารถพัฒนาข้าวกล้องหุงสุกเร็วไปประกอบเป็นอาหารกึ่งสำเร็จรูปทั้งคาวและหวานได้ตามความต้องการและความชอบ อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วมีหลายวิธี สำหรับวิธีการแช่น้ำถือเป็นวิธีที่ง่ายและปรับใช้ได้ในระดับอุตสาหกรรม โดย

[1]**สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ซ. สุขุมวิท** 23, **เขตวัฒนา, กรุงเทพฯ** 10110
[1]Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, Soi Sukhumwit 23, Wattana, Bangkok, 10110
[2]**คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ซ. สุขุมวิท** 23, **เขตวัฒนา, กรุงเทพฯ** 10110
[2]Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Soi Sukhumwit 23, Wattana, Bangkok, 10110

ประกอบด้วยขั้นตอนแช่น้ำ (soaking) หุงสุก (cooking) และทำแห้ง (drying) การแช่ข้าวจะทำให้ข้าวมีความชื้นเพียงพอต่อการเกิดเจลาติไนเซชัน (ความชื้นประมาณ 30-40%) ลดการแตกของข้าวในขั้นตอนการหุงต้ม และทำให้เกิดรอยแตก (fissure) ในเมล็ดข้าว ทำให้เวลาในขั้นตอนการหุงสุกซึ่งเป็นขั้นตอนต่อมาสั้นลง จากการศึกษาของพรทิพย์และคณะ (2552) พบว่าข้าวกล้องหุงสุกเร็วที่ผ่านการแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุด และใช้เวลาคืนรูปน้อยกว่าข้าวกล้อง 1.7 เท่า อย่างไรก็ตามข้อควรระวังสำหรับผู้บริโภคที่พึ่งพิงอาหารแปรรูปคือภาวะการขาดแคลนสารอาหาร โดยเฉพาะวิตามินและเกลือแร่ ผู้ผลิตจึงควรเติมสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายเป็นพิเศษ สำหรับแคลเซียมเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการสร้างกระดูก เสริมสร้างความแข็งแรงกับโครงสร้างร่างกาย และป้องกันภาวะกระดูกพรุน โดยนมเป็นอาหารที่มีแคลเซียมสูง แต่ผู้บริโภคบางกลุ่มแพ้นม ร่างกายไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลกโตส (lactose intolerance) ดังนั้นการเสริมแคลเซียมในข้าวกล้องหุงสุกเร็ว จึงเป็นทางเลือกที่ดี เพราะนอกจากช่วยแก้ปัญหาการขาดสารอาหารจากการบริโภคอาหารสำเร็จรูปแล้ว ข้าวยังเป็นอาหารหลักที่บริโภคเป็นประจำ ผู้บริโภคจะได้รับแคลเซียมอย่างเพียงพอ และมีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรง นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นในการตรวจวัดปริมาณแคลเซียม และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมที่ผลิตด้วยวิธีการแช่น้ำเพื่อประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากโรงสีในจังหวัดนครสวรรค์ มาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลกเตต ความเข้มข้น 3% (w/v) ด้วยอัตราส่วนข้าวและสารละลายเป็น 1:2 (w/w) โดยวางในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) จนข้าวมีความชื้น 30% ซึ่งเป็นความชื้นที่เพียงพอต่อกระบวนการเจลาติไนซ์เซชัน จากนั้นเทข้าวที่ผ่านการแช่น้ำแล้วลงบนตะแกรง สะเด็ดน้ำ 5 นาที แล้วนำไปต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100°C โดยใช้อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำเป็น 1:5 (w/w) จนข้าวสุก 80% นำข้าวสุกมาล้างด้วยน้ำเย็นทันที จากนั้นนำไปทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 90°C จนข้าวมีปริมาณความชื้นสุดท้าย 7–10% (wb) จากนั้นนำข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมมาตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพก่อนคืนรูป ได้แก่ **ค่าสี** (L* (ความสว่าง), a* (ความเป็นสีแดง), b* (ความเป็นสีเหลือง) ด้วยเครื่อง Color Guide Gloss (BYK Gardner GmbH, Germany) **ค่า bulk density** (น้ำหนักตัวอย่าง/ปริมาตรตัวอย่าง) โดยหาปริมาตรตัวอย่างที่ทราบน้ำหนัก โดยใส่ตัวอย่างสลับกับเมล็ดแมงลักที่ทราบปริมาตรที่แน่นอน **ปริมาณความชื้น** ประเมินด้วยเตาอบลมร้อน อุณหภูมิ 130°C และ **ปริมาณแคลเซียม** โดยการเผาเถ้า ย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น เจือจางด้วยน้ำดีไอออไนซ์ เติมสารละลายแลนทานัม และนำสารละลายไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง atomic absorption spectroscopy (AAnalyst 100, Perkin Elmer, Singapore) สำหรับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพหลังคืนรูป ได้แก่ **เวลาคืนรูป** โดยการใส่ข้าวในน้ำเดือดอัตราส่วน 1:5 จับเวลาจนกระทั่งข้าวสุก 80% ของข้าวที่ใส่ลงไป, **อัตราการดูดซับน้ำระหว่างการหุงสุก** วิเคราะห์โดยหาน้ำหนักน้ำที่ข้าวดูดซับระหว่างต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 80°C จนข้าวเกิดเจลาติไนซ์ 80% รายงานค่าเป็น กรัมน้ำ/กรัมข้าวสาร, **ปริมาณของแข็งในน้ำที่เหลือจากการหุงต้ม** เทน้ำที่เหลือจากการหุงสุกข้าวในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 80°C ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงในถ้วยอลูมิเนียม จากนั้นนำไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน ชั่งน้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ รายงานค่าเป็น กรัม/100กรัมข้าว, **ความแข็งของข้าวสุก** นำข้าวหุงสุกเร็วคืนรูปในน้ำเดือดแบบน้ำปริมาณมากเกินพอตามเวลาคืนรูปที่ประเมินได้ จากนั้นหาความแข็งของข้าวสุกจากค่าแรงสูงสุดในขณะที่ข้าวไหลล้นขึ้นมา หน่วยเป็น นิวตัน (N) จากวิธี Back Extrusion Tests ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (LLOYD Instrument model LRX 5 k, LLOYD Instrument Ltd.) สำหรับ**คุณภาพทางประสาทสัมผัส** ประเมินด้วยผู้ชิมกึ่งฝึกฝนซึ่งเป็นนิสิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คน โดยใช้การประเมินความชอบแบบแบ่งสเกล 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) (1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด, 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) โดยคุณภาพข้าวกล้องหุงสุกเร็วก่อนคืนรูปที่ประเมิน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่นและการยอมรับโดยรวม และคุณภาพข้าวกล้องหุงสุกเร็วหลังคืนรูปที่ประเมินได้แก่ สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อนำข้าวกล้องมาผลิตข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมด้วยวิธีการแช่น้ำ โดยเลือกสภาวะการผลิตที่เหมาะสม คือ แช่ข้าวกล้องในสารละลายแคลเซียมแลกเตตและแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิห้องก่อนนำมาต้มให้สุกในน้ำเดือด และทำแห้งด้วยลมร้อน พบว่าข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมที่ผลิตด้วยวิธีการแช่น้ำ ใช้เวลาคืนรูป 11-12 นาที ซึ่งไม่แตกต่างจากข้าวกล้องหุงสุกเร็วที่ไม่เสริมแคลเซียม โดยใช้เวลาคืนรูปน้อยกว่าข้าวกล้อง1.7 เท่า แสดงให้เห็นว่าการแช่ในสารละลายแคลเซียมเจือจางให้ผลเช่นเดียวกับการแช่น้ำ คือทำให้เกิดรอยแตกในแมล็ดข้าว ทำให้ข้าวดูดซับ

น้ำเร็วขึ้นเมื่อคืนรูป และข้าวที่ผ่านการแช่น้ำ เจลาติไนซ์บางส่วนหรือหุงสุก และทำแห้ง จะให้เมล็ดข้าวที่เป็นรูพรุน และมีโครงสร้างเปิด ทำให้ดูดน้ำง่ายจึงใช้เวลาหุงสุกน้อยกว่า (Lee และคณะ, 1995) ข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมมีค่าความหนาแน่นรวม (bulk density) 0.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับข้าวกล้องหุงสุกเร็วที่ไม่เสริมแคลเซียม (Table 1) ค่าความสว่าง (L*) ของข้าวกล้องก่อนคืนรูปลดลงเมื่อผ่านกระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วด้วยวิธีแช่น้ำ ($p<0.05$) ในขณะที่ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มมากขึ้น โดยข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมมีค่า b* ก่อนคืนรูปมากกว่าข้าวกล้องหุงสุกเร็วที่ไม่เสริมแคลเซียม โดยเฉพาะเมื่อเสริมด้วยแคลเซียมคลอไรด์ ($p<0.05$) (Table 1) เช่นเดียวกับค่า b* หลังคืนรูปเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเสริมแคลเซียมทั้ง 2 ชนิด ($p<0.05$) (Table 2) ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าความเป็นสีแดง (a*) ทั้งก่อนและหลังคืนรูป Lee และคณะ (1995) รายงานผลที่สอดคล้องกันของการเพิ่มขึ้นของค่า b* ของข้าวเสริมแคลเซียมแลกเตต 1.5 และ 3.0% ที่ผ่านขั้นตอนการแช่สารละลายแคลเซียม นึ่งไอน้ำ และทำแห้ง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีอาจเกิดจากสตาร์ชเจลาติไนซ์เซชัน การทำลายช่องว่างของอากาศ และการที่เม็ดโปรตีนมาอยู่ใกล้กัน และสร้างเนื้อเมล็ดที่แน่น ทำให้การกระจายแสงที่ขอบของเมล็ดลดลง และจาก Table 2 เมื่อนำข้าวกล้องหุงสุกเร็วที่เสริมและไม่เสริมแคลเซียมคืนรูปด้วยการต้มในน้ำเดือดจนสุก พบว่าอัตราการดูดซับน้ำข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมไม่แตกต่างจากที่ไม่เสริมแคลเซียม ($p\geq0.05$) แต่กระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วด้วยวิธีแช่น้ำถือเป็น hydrothermal treatment ซึ่งคล้ายคลึงกับกรรมวิธีการผลิตข้าวนึ่งที่นำข้าวเปลือกหรือข้าวกล้องมาแช่น้ำให้ความร้อนและทำแห้ง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน คือ ปริมาณของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการหุงต้มลดลง (Bhattacharya, 1985) นอกจากนี้ข้าวกล้องหุงสุกเร็วที่เสริมแคลเซียม จะมีปริมาณของแข็งในน้ำหุงต้มลดลงอีกโดยเฉพาะเมื่อเสริมแคลเซียมแลกเตต ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ghosh และ Sarkar (1959) ที่รายงานว่าปริมาณสารที่สูญเสียระหว่างการหุงต้มจะน้อยลง เมื่อมีการเติมแคลเซียมคลอไรด์ Lee และคณะ (1995) รายงานเพิ่มเติมว่าข้าวเสริมแคลเซียมจะมีความสมบูรณ์ของเมล็ดหลังจากผ่านการหุงต้มมากกว่าข้าวสาร และมีปริมาณสารที่ไหลออกจากเม็ดสตาร์ชน้อยกว่า เนื่องจากกระบวนการเสริมแคลเซียมที่ใช้ คือ การแช่สารละลายแคลเซียม นึ่งไอน้ำ และทำแห้ง ทำให้ข้าวมีการเจลาติไนซ์บางส่วน และการจับตัวของแคลเซียมอิออน และการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับพอลิเมอร์อะมิโลสที่เป็นเส้นตรงจะลดการพองตัวของเม็ดแป้ง ซึ่งเห็นได้จากค่าความหนืดช่วงที่เม็ดแป้งที่พองตัวแตก หรือ break down น้อย แสดงว่าข้าวที่เสริมแคลเซียมมีความคงตัวของแป้งเปียกร้อน (hot paste) สำหรับความแข็งข้าวสุก พบว่าข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมหลังคืนรูปแล้วมีความแข็งน้อยกว่าข้าวกล้องหุงสุกเร็วที่ไม่เสริมแคลเซียม ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างระหว่างแคลเซียมทั้ง 2 ชนิด เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 1 และ Table 2) พบว่าผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับโดยรวมของข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมก่อนคืนรูปและหลังคืนรูปไม่แตกต่างจากข้าวกล้องหุงสุกเร็วที่ไม่เสริมแคลเซียม ($p\geq0.05$) โดยหลังคืนรูป ผู้ชิมยอมรับข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมและไม่เสริมแคลเซียมไม่แตกต่างจากข้าวกล้องหุงสุก

ข้าวกล้องหุงสุกเร็วที่ผลิตด้วยวิธีการแช่น้ำ จะมีปริมาณแคลเซียมเพิ่มมากขึ้นจากข้าวกล้องเป็น 28.99 mg/100g และหลังจากเสริมแคลเซียม ข้าวกล้องหุงสุกเร็วจะมีปริมาณแคลเซียมมากกว่าข้าวกล้องประมาณ 10 เท่า เมื่อเปรียบเทียบชนิดของแคลเซียม พบว่าข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมแลกเตตจะมีปริมาณแคลเซียมน้อยกว่าข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมคลอไรด์ โดยมีปริมาณแคลเซียมเป็น 123.08 และ 148.01 mg/100g ตามลำดับ (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณธาตุแคลเซียมในแคลเซียมแลกเตตน้อยกว่าปริมาณธาตุแคลเซียมในแคลเซียมคลอไรด์ โดยคิดเป็น 13% และ 36% ตามลำดับ และเมื่ออ้างอิงหลักเกณฑ์ในการกล่าวอ้างทางโภชนาการบนฉลากอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) พบว่าข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมแลกเตตมีแคลเซียมคิดเป็น 8% ของ Thai RDI จึงแสดงข้อกล่าวอ้างเพียง “เสริมแคลเซียม” (กรณีมีแคลเซียม < 10% ของ Thai RDI และเมื่อเทียบกับอาหารอ้างอิงคือข้าวกล้องแล้ว มีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าแคลเซียมในอาหารอ้างอิง โดยปริมาณค่าความแตกต่างไม่น้อยกว่า 10% ของ Thai RDI) ในขณะที่ข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมคลอไรด์มีแคลเซียมคิดเป็น 10% ของ Thai RDI จึงสามารถแสดงข้อกล่าวอ้างว่า “เป็นแหล่งของแคลเซียม”

สรุปผล

กระบวนการผลิตข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมด้วยวิธีการแช่น้ำ ประกอบด้วยการแช่น้ำ การหุงสุก และการทำแห้ง ซึ่งทำให้เกิดรอยแตกในเมล็ดระหว่างการแช่น้ำ สตาร์ชเกิดเจลาติไนซ์เซชันระหว่างการหุงสุก ช่องว่างอากาศถูกทำลาย เม็ดโปรตีนมาอยู่ใกล้กัน และสร้างเนื้อเมล็ดที่แน่น ทำให้ข้าวกล้องหุงสุกเร็วใช้เวลาในการคืนรูปน้อยลง และการเสริมแคลเซียมทำให้ความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่สูญเสียในน้ำหุงต้มลดลง และความแข็งของข้าวกล้องสุกลดลง ผู้ชิมให้การยอมรับข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมไม่แตกต่างจากข้าวกล้องสุก ข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมคลอไรด์มีปริมาณ

แคลเซียมมากกว่าข้าวกล้องหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียมแลกเตต โดยสามารถกล่าวอ้างทางโภชนาการว่า “เป็นแหล่งของแคลเซียม”

Table 1 Quality before rehydration of calcium fortified quick cooling brown rice produced by soaking.

Treatment[1]	Rehydration time (min)	Bulk density (g/cm^3)	Color			Sensory properties				Calcium content (mg/100g)
			L*	a*	b*	Appear	Color	Odor	Overall accept	
RT	12	0.87	59.93[a2]	4.58[a]	21.18[a]	6.13[a]	6.60[a]	5.97[a]	6.43[a]	28.99±0.38
RT-Ca Lac	11	0.75	57.74[a]	4.50[a]	23.29[ab]	5.73[a]	6.17[a]	6.20[a]	6.17[a]	123.08±35.01
RT-$CaCl_2$	12	0.75	59.77[a]	3.48[a]	23.75[b]	6.13[a]	6.33[a]	6.33[a]	6.57[a]	148.01±2.27
Control	20	1.12	65.11[b]	4.01[a]	22.61[ab]	-	-	-	-	12.48±0.87

[1]RT was quick cooking brown rice produced with soaking temperature of 30±2°C, RT-Ca Lac was quick cooking brown rice fortified with calcium lactate, RT-$CaCl_2$ was quick cooking brown rice fortified with calcium chloride and control was raw brown rice.

[2]Means for each characteristic followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test.

Table 2 Quality after rehydration of calcium fortified quick cooling brown rice produced by soaking.

Treatment[1]	WA (g/g)	TSS (g/100g)	HN (N)	Color			Sensory properties					
				L*	a*	b*	Appear	Color	Odor	Taste	Texture	Overall accept
RT	1.52[a2]	0.32[c]	71.42[b]	62.63[a]	1.94[a]	15.24[a]	6.80[a]	6.90[a]	6.40[a]	5.90[a]	5.50[a]	6.37[a]
RT-Ca Lac	1.28[a]	0.13[a]	52.09[a]	64.46[a]	2.62[a]	21.36[b]	6.70[a]	6.63[a]	6.43[a]	6.23[a]	5.60[a]	6.37[a]
RT-$CaCl_2$	1.25[a]	0.21[b]	50.08[a]	65.93[a]	2.17[a]	20.60[b]	6.93[a]	6.87[a]	6.53[a]	6.30[a]	5.73[a]	6.57[a]
Control	1.63[a]	0.72[d]	57.19[a]	65.53[a]	1.68[a]	14.70[a]	7.23[a]	7.17[a]	6.53[a]	6.17[a]	5.83[a]	6.57[a]

[*]WA = water absorption, TSS = total soluble solids in cooking water, HN = cooked rice hardness

[1]RT was quick cooking brown rice produced with soaking temperature of 30±2°C, RT-Ca Lac was quick cooking brown rice fortified with calcium lactate, RT-$CaCl_2$ was quick cooking brown rice fortified with calcium chloride and Control was raw brown rice for WA, TSS and was cooked brown rice for HN, Color and Sensory properties.

[2]Means for each characteristic followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test.

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบดำเนินการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำ ปี พ.ศ. 2551 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และได้รับทุนสนับสนุนการเผยแพร่งานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประเภททุนศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการ “ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารและสิ่งทอ” ประจำปี 2552

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข, 2541, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ฉลากโภชนาการ, ฉบับที่ 182, 48 หน้า

พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์ กัญญารัตน์ รุจิรารุ่งเรือง และ เกื้อพันธ์ ชยะสุนทร, 2552, การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วด้วยวิธีการแช่น้ำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(1)(พิเศษ): 429-432.

Bhattacharya, K.R., 1985, Parboiling of Rice, In; Rice, Chemistry and Technology, American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA, p. 289-348

Ghosh, B.P. and Sarkar, N., 1959, Effect of Some Inorganic Salts on Water Absorption by Rice During Cooking, Annals of Biochemistry and Experimental Medicine, 19: 83-85.

Lee, M.H., Hettiarachchy, N.S., McNew, R.W. and Gnanasambandam, R., 1995, Physicochemical Properties of Calcium-Fortified Rice, Cereal Chemistry, 72(4): 352-355.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 85-88 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 85-88 (2552)

การเปลี่ยนแปลงความชื้นและเนื้อสัมผัสของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ในระหว่างการคั่วอบด้วยรังสีอินฟราเรด

Changes in Moisture Content and Texture of Cashew Kernels during Roasting by Infrared Heating

อภินันท์ วัลภา[1] และ โศรดา วัลภา[2]

Wanlapa, A.[1] and Wanlapa, S.[2]

Abstract

The changes in moisture and texture of cashew kernels during roasting by infrared heating were investigated. The experiments were conducted using three levels of distance between emitters and the heat-irradiated surface (15, 20 and 25 cm) and three levels of radiation intensity (0.2, 0.4 and 0.6 W/ cm^2). Moisture content of cashew kernels decreased with increasing distance between the kernels and emitters. The higher levels of radiation intensity resulted in the increase in the moisture loss rate. The changes occurred in the moisture content and maximum shear force of cashew kernels during roasting were simulated using mathematical models. The changes in maximum shear force displayed a strong linear correlation (R^2 = 0.978).

Keywords: cashew, roasting, infrared, moisture

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นและเนื้อสัมผัสของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในระหว่างการคั่วอบด้วยรังสีอินฟราเรด เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ผ่านการคั่วอบด้วยรังสีอินฟราเรดโดยมีระยะห่างระหว่างเมล็ดมะม่วงหิมพานต์กับแหล่งจ่ายรังสีที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ 15, 20 และ 25 เซนติเมตร โดยแต่ละระยะจะมีการจ่ายพลังงานให้กับหลอดอินฟราเรด 3 ระดับคือ 0.2 วัตต์/ตารางเซนติเมตร 0.4 วัตต์/ตารางเซนติเมตร และ 0.6 วัตต์/ตารางเซนติเมตร ผลการทดลองพบว่าอัตราการลดลงของความชื้นภายในเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จะลดลงตามระยะห่างจากแหล่งจ่ายรังสีที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การจ่ายพลังงานให้กับหลอดอินฟราเรดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการระเหยน้ำเพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นและ maximum shear force ในระหว่างการคั่วอบด้วยรังสีอินฟราเรดสามารถทำนายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงของค่า maximum shear force พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับความชื้นโดยมีความสัมพันธ์กันในลักษณะที่เป็นเส้นตรง (R^2 = 0.978)

คำสำคัญ: เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ คั่วอบ อินฟราเรด ความชื้น

คำนำ

เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นหนึ่งในบรรดาถั่วเปลือกแข็งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคสูงเป็นอันดับต้นๆ ของโลก การบริโภคเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ส่วนใหญ่นิยมบริโภคในรูปของขนมขบเคี้ยวด้วยการทอดในน้ำมัน เนื่องจากการปรุงในลักษณะนี้ทำให้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีกลิ่นรสเฉพาะตัว สีสม่ำเสมอสวยงาม อย่างไรก็ตามปัจจุบันผู้บริโภคให้ความใส่ใจต่อสุขภาพมากขึ้นจึงหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารที่ผ่านการทำให้สุกด้วยน้ำมัน ผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านการคั่วอบด้วยลมร้อน จึงได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น แต่การคั่วอบด้วยลมร้อนจำเป็นต้องใช้พลังงานสูง ทำให้ต้นทุนของกระบวนการผลิตสูงตามไปด้วย อินฟราเรดจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นระบบที่ให้ความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงานมากกว่าการใช้ลมร้อน อีกทั้งยังมีความเหมาะสมในการใช้งานกับวัสดุที่มีความชื้นไม่สูงมากอีกด้วย (Sandu, 1986; Ratti และ Mujumdar, 1995; Afzal และคณะ, 1999; Tan และคณะ, 2001) ปัจจุบันได้มีศึกษาความเป็นไปได้ในการนำรังสีอินฟราเรดมา

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี 39 หมู่ 1 ต.คลองหก อ.ธัญบุรี ปทุมธานี 12110

[1]Food Engineering Field of Study, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology, 39 Moo 1, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani, 12110

[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

ประยุกต์ใช้ในกระบวนการต่างๆ โดยเฉพาะการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรหลากหลายชนิดเช่น ข้าวเปลือก (Abe และ Afzal, 1997) ถั่ว (Cenkowski และคณะ, 2003) และเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (Umesh และ Rastogi, 2001) อย่างไรก็ตามการนำรังสีอินฟราเรดมาใช้ในกระบวนการคั่วอบ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการสร้างสี กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซึ่งแตกต่างจากกระบวนการอบแห้ง ที่ต้องการลดปริมาณความชื้น โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติอื่นๆ ของผลิตภัณฑ์ยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยพบว่า มีการศึกษาการคั่วอบด้วยรังสีอินฟราเรดในถั่วลิสง (Davidson และคณะ, 1999) และเมล็ดธัญพืช (Brown และคณะ, 2001) แต่ยังไม่พบรายงานในเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของการใช้รังสีอินฟราเรดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและเนื้อสัมผัสของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นมะม่วงหิมพานต์เกรดบี ขนาด 1.2-1.5 กรัมต่อเมล็ด มีความชื้นเฉลี่ย 4.02 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก วางตัวอย่างเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบ 200 กรัมบนตะแกรงที่สามารถปรับระยะห่างระหว่างแหล่งจ่ายรังสีกับตะแกรงได้ 3 ระยะ คือ 15, 20 และ 25 ซม. (Figure 1) แต่ละระยะมีการจ่ายพลังงานให้กับหลอดอินฟราเรด 3 ระดับ คือ 0.2, 0.4 และ 0.6 วัตต์/ตารางเซนติเมตร ในแต่ละสภาวะของการทดลองจะใช้ระยะเวลาในการคั่วอบ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ตัวอย่างที่ผ่านการคั่วอบแล้วจะนำมาทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้นก่อนนำมาตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสและความชื้นตามวิธี AACC (2000) การตรวจวัดเนื้อสัมผัสได้ใช้เครื่อง Lloyd Instrument Material Testing Machine ติดตั้งหัววัดแบบ Kramer shear ที่มีใบกด 10 ใบ ใช้ load cell ขนาด 5,000 นิวตัน โดยใช้ตัวอย่างจำนวน 30 กรัมใส่ลงใน Kramer shear test cell ขนาด 70×80×55 มม. ทดสอบที่ความเร็วของใบกด 100 มม./นาที บันทึกค่า maximum shear force ทดลองซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละตัวอย่าง

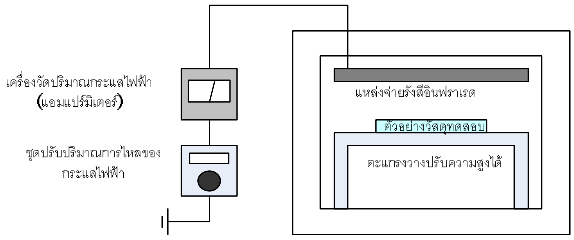


Figure 1 Infrared heating unit.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีแนวโน้มลดลงตามเวลาที่ใช้ในการคั่วอบด้วยรังสีอินฟราเรด ดังแสดงใน Figure 2 เมื่อมีการจ่ายพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ให้กับหลอดอินฟราเรดเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้อัตราการลดลงของความชื้นในเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในระหว่างการคั่วอบเพิ่มสูงขึ้น จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความชื้นที่ระยะห่างระหว่างแหล่งจ่ายรังสีกับวัตถุดิบต่างๆ พบว่า ระยะห่างที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้อัตราการลดลงของความชื้นลดต่ำลง ในทุกๆ ระดับการจ่ายพลังงานให้กับหลอดอินฟราเรด

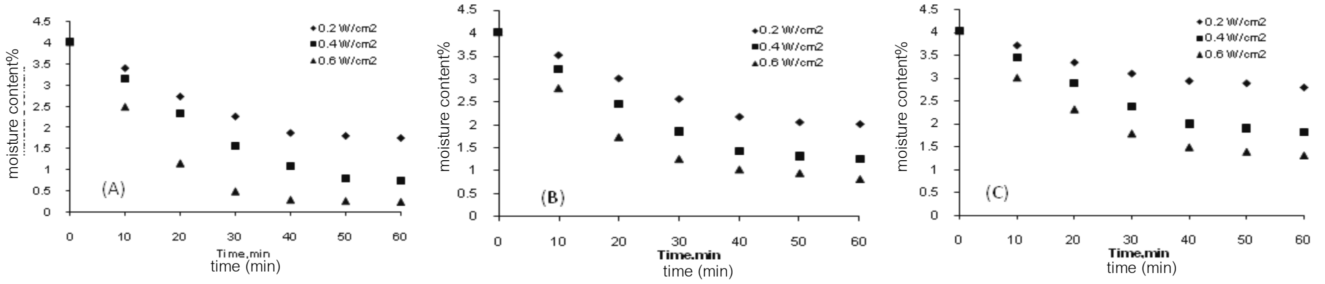


Figure 2 Changes in moisture content (%) of roasted cashew kernel during infrared heating at different levels of radiation intensity and distances between emitters and the heat-irradiated surface (A) 15 cm (B) 20 cm and (C) 25 cm.

การเปลี่ยนแปลงของความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เมื่อทำการคั่วอบที่ระดับการจ่ายพลังงานให้กับหลอดอินฟราเรด และระยะห่างระหว่างแหล่งจ่ายรังสีกับวัตถุดิบที่เวลาต่างๆ สามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ต่อไปนี้

$$M = M_0 \exp(0.005L - 0.153)\, Pt \qquad (1)$$

เมื่อ M = ความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์คั่วอบ (เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก)

M_0 =ความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เริ่มต้นก่อนนำไปคั่วอบ (เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก)

L = ระยะห่างระหว่างแหล่งจ่ายรังสีกับเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (ซม.)

P = อัตราการป้อนพลังงานให้กับแหล่งจ่ายรังสีต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร)

t = เวลา (นาที)

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าที่ทำนายได้จากสมการที่ (1) กับค่าที่ตรวจวัดได้จากการทดลองจริงพบว่า ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเส้นตรง ซึ่งมีค่า R^2 = 0.961 โดยมีค่า standard error of estimation (SEE) เท่ากับ 0.218 ดังแสดงใน Figure 3 แสดงให้เห็นว่า สมการดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่คั่วอบโดยใช้รังสีอินฟราเรดในสภาวะต่างๆ ได้

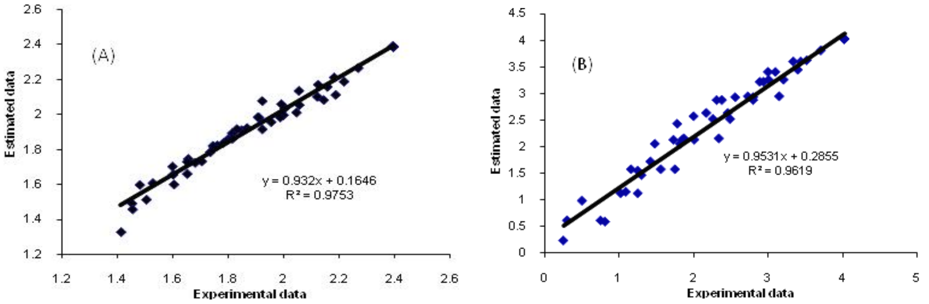


Figure 3 Comparison of actual and predicted value (A) maximum shear force (B) moisture content.

สำหรับการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ซึ่งบ่งชี้ด้วยค่า maximum shear force (F) ของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ระหว่างการคั่วอบด้วยรังสีอินฟราเรดนั้น พบว่า การใช้ระยะเวลาในการคั่วอบมากขึ้นมีผลทำให้ค่า F ลดลง (Figure 4) เนื่องจากเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีความกรอบเพิ่มขึ้น เกิดการแตกหักได้ง่าย แรงที่ใช้ในการกดจึงมีค่าต่ำกว่าเดิม การเพิ่มพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ให้กับหลอดอินฟราเรดมีผลทำให้อัตราการลดลงของค่า F เพิ่มสูงขึ้น และการเพิ่มระยะห่างระหว่างแหล่งจ่ายรังสีกับวัตถุดิบมีผลทำให้อัตราการลดลงของค่า F ลดต่ำลง การเปลี่ยนแปลงของค่า F ของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เมื่อทำการคั่วอบที่ระดับการจ่ายพลังงานให้กับหลอดอินฟราเรดและระยะห่างระหว่างแหล่งจ่ายรังสีกับวัตถุดิบที่เวลาต่างๆ สามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

$$F = F_0 \exp(0.002L - 0.07P - 0.051)t^{0.545} \qquad (2)$$

เมื่อ F = ค่า maximum shear force ของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์คั่วอบ (kN)

F_0 = ค่า maximum shear force ของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านการคั่วอบ (kN)

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า F ที่ทำนายได้จากสมการที่ (2) กับค่า F ที่ตรวจวัดได้จากการทดลองจริง พบว่า ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเส้นตรง ซึ่งมีค่า R^2 = 0.975 โดยมีค่า SEE เท่ากับ 0.047 ดังแสดงใน Figure 3 แสดงให้เห็นว่า สมการดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของค่า F ของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่คั่วอบโดยใช้รังสีอินฟราเรดในสภาวะต่างๆ ได้

เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นและ F ในระหว่างการคั่วอบด้วยรังสีอินฟราเรดจะเห็นได้ว่า มีลักษณะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน จึงนำค่าตัวแปรทั้งสองมาหาความสัมพันธ์ที่มีต่อกัน พบว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบของสมการเส้นตรง M = 0.272F+1.265 ที่มีค่า R^2 เท่ากับ 0.977 และค่า SEE เท่ากับ 0.158 แสดงให้เห็นว่า การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของค่า F สามารถใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในระหว่างการคั่วอบได้

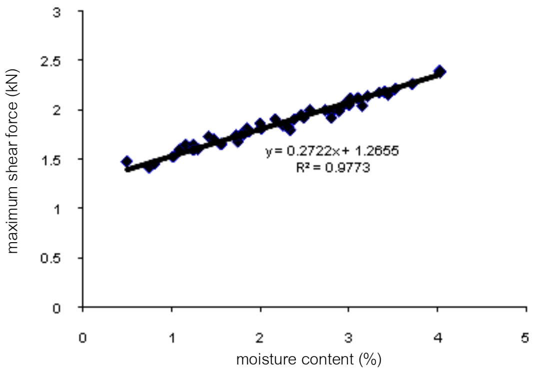


Figure 4 Relationship between moisture content and maximum shear of roasted cashew kernels.

สรุปผล

ค่าความชื้นภายในเมล็ดมะม่วงหิมพานต์และ maximum shear force ลดลงตามเวลาที่ใช้ในการคั่วอบ อัตราการลดลงของความชื้นภายในเมล็ดและ maximum shear force ลดลงตามระยะห่างจากแหล่งจ่ายรังสีที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่การจ่ายพลังงานให้กับหลอดอินฟราเรดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการลดลงของค่าความชื้นและ maximum shear force เพิ่มขึ้น โดยค่าความชื้นและ maximum shear force มีความสัมพันธ์กันในลักษณะที่เป็นเส้นตรง

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท เจริญดีมาร์เก็ตติ้ง จำกัด ที่ให้การสนับสนุนวัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

AACC, 2000, Methods of American Association of Cereal Chemists, American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN.

Abe, T. and Afzal, T. M., 1997, Thin-Layer Infrared Radiation Drying of Rough Rice, Journal of Agricultural Engineering Research, 67: 289-297.

Afzal, T.M., Abe, T. and Hikida, Y., 1999, Energy and Quality Aspects During Combined FIR-Convection Drying of Barley, Journal of Food Engineering , 42(4): 177-182.

Brown, R.B., Rothwell, T.M. and Davidson V.J., 2001, A Fuzzy Controller for Infrared Roasting of Cereal Grain, Canadian Biosystems Engineering, 43: 3.9-3.15.

Cenkowski, S., Hong, J.T., Scanlon, M.G. and Arntfield, S.D., 2003, Development of a Mathematical Model for High-Intensity Infrared Processing (micronization) of Peas, Transactions of the ASAE, 46(3): 705-713.

Davidson, V.J., Brown, R.B. and Landman, J.J., 1999, Fuzzy Control System for Peanut Roasting, Journal of Food Engineering, 41: 141-146.

Ratti, C., and Mujumdar, A. S., 1995, Infrared Drying. In A. S. Mujumdar (2nd ed.), Handbook of industrial drying, Marcel Dekker, Inc., New York, p.567-588.

Sandu, C., 1986, Infrared Radiative Drying in Food Engineering: A Process Analysis, Biotechnology Progress, 2(3): 109-119.

Tan, M.,Chua, K.J., Mujumdar, A.S. and Chou, S.K., 2001, Effect of Osmotic Pre-Treatment and Infrared Radiation on Drying Rate and Color Changes During Drying of Potato and Pineapple, Drying technology, 19(9): 2193-2207.

Umesh Hebbar, H. and Rastogi , N.K., 2001, Mass Transfer During Infrared Drying of Cashew Kernel., Journal of Food Engineering, 47: 1-5.

ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเส้นใยเห็ด
Fermented Food Products from Mushroom Mycelia

ปิยะดา สุภเทพ[1] ภัณฑิรา แจ่มผล[1] ไพรินทร์ กปิลานนท์[1] เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1] และ อุทร ชิขุนทด[1]
Supathep, P.[1], Jampon, P.[1], Karpilanondh, P.[1], Thumthanaruk, B.[1] and Chikuntod, U.[1]

Abstract

Fermented soybeans with mycelia from four different species of mushrooms were produced. The mushroom species used were *Pleurotus ostreatus*(Fr.)Kummer, *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing., *Lentinus strigosus* (Schwein) Fr. Pegler and *Lentinus polychrous Lev*. The fermentation period of soybeans with mushroom mycelia was taken for 6 days as compared to the original Tempeh fermented with *Rhizopus oligosporus* for 24 hours. The sensory evaluation showed that both Tempeh and the fermented soybeans with mushroom mycelia of *P. ostreatus* were accepted. Results of proximate analysis of Tempeh showed protein, fat, fiber, ash and moisture of 15.09%, 9.65%, 7.84%, 0.01% and 59.77% respectively, whereas results of the fermented soybeans with *P. ostreatus* mycelia were 15.59%, 9.31%, 9.50%, 0.01% and 60.83 % respectively. Therefore, Tempeh and the fermented soybean with *Pleurotus ostreatus* mycelia had no significant differences in terms of nutritional value.
Keywords: fermented food, tempeh, mushroom mycelia

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเส้นใยเห็ดทั้ง 4 ชนิด คือ เห็ดนางรม, เห็ดนางฟ้า, เห็ดหูกวาง และเห็ดกระด้าง ที่ระยะเวลาการหมัก 6 วัน เปรียบเทียบกับเทมเป้จากเชื้อรา *R. oligosporus* ที่ระยะเวลาการหมัก 24 ชั่วโมง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ในด้าน สี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ของเทมเป้ถั่วเหลืองหมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* และผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองหมักด้วยเส้นใยเห็ดนางรม(*P. ostreatus*)มีระดับคะแนนเป็นที่ยอมรับสูง จากการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการพบว่าถั่วเหลืองหมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* มีปริมาณโปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า และปริมาณความชื้น 15.09, 9.65, 7.84, 0.01 และ 59.77 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองหมักด้วยเส้นใยเห็ดนางรมมีปริมาณ 15.59, 9.31, 9.50, 0.01 และ 60.83 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เทมเป้ถั่วเหลืองหมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* และผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองหมักด้วยเส้นใยเห็ดนางรม มีคุณค่าทางโภชนาการไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
คำสำคัญ: อาหารหมัก เทมเป้ เส้นใยเห็ด

คำนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารหมัก(fermented food) หรือเทมเป้ (tempeh) เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำวัตถุดิบทางการเกษตร คือถั่วเหลืองมาหมักด้วยเชื้อราสกุล *Rhizopus oligosporus* โดยเชื้อราจะสร้างเส้นใยสีขาวปกคลุมวัตถุดิบอย่างหนาแน่นจนจับตัวเป็นก้อน (cake) เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี และมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น (Tanaka และคณะ, 1985) คุณภาพของเทมเป้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุดิบ หัวเชื้อที่ใช้และสภาวะในการหมัก (Nout และ Kiers, 2005) ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารหมัก (fermented food) เป็นที่ยอมรับว่าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ช่วยให้ระบบการย่อยอาหารทำงานได้ดี ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้เทมเป้ยังเป็นส่วนผสมในอาหารหลายชนิด ใช้เป็นอาหารหลักได้โดยที่เนื้อสัมผัสของเทมเป้สามารถแทนเนื้อสัตว์ได้ในการปรุงอาหารต่างๆ (นิ่มอนงค์ และคณะ, 2540) ส่วนใหญ่จะนิยมบริโภคกันในหมู่ผู้รับประทานอาหารมังสวิรัติ

ปัจจุบันเห็ดเป็นที่นิยมรับประทานกันมากในหมู่ผู้รับประทานอาหารมังสวิรัติ ทำให้เห็ดถูกนำมาใช้ปรุงอาหารแทนเนื้อสัตว์มากขึ้นและมีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรคที่สำคัญหลายโรค มีงานวิจัยจำนวนมากที่ยืนยันว่าเห็ดมีคุณสมบัติป้องกันโรคได้ มี

[1]**ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม.**10800
[1]Agro-Industrial Technology Department, Fsculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok. 1518 Piboonsongkram road, Bang-sue,Bangkok 10800.

กลิ่นรสที่ดี และยังมีคุณค่าทางอาหารสูง จึงเป็นแนวทางที่จะพัฒนาการผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเส้นใยเห็ด แทนการใช้เชื้อรา *R. oligosporus* เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเส้นใยเห็ดซึ่งเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นการเพิ่มมูลค่าของเห็ดและยังเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหมักหรือเทมเป้ ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกธัญพืชที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์อาหารหมัก

นำเมล็ดธัญพืช(ถั่ว) 4 ชนิด คือถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดงและถั่วดำ (ไร่ทิพย์) ชนิดละ 500 กรัม มาล้างและแช่น้ำ 1 คืน แกะเปลือกถั่วออกและนำไปปรับค่า pH เท่ากับ 5 ด้วยน้ำส้มสายชูกลั่น 5% โดยใช้ประมาณ 6-7% ต่อน้ำหนักธัญพืช มาทำการหมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* สายพันธุ์ NRRL 2710 จากศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย แบบวางชิ้นเส้นใยเห็ด บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ตรวจสอบลักษณะปรากฏจากความหนาแน่นของเส้นใยและลักษณะการเกาะรวมตัวกันของธัญพืชทั้ง 4 ชนิด รวมทั้งสีและกลิ่นที่ดีของผลิตภัณฑ์เทมเป้

เปรียบเทียบคุณภาพเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์เทมเป้จากเชื้อรา *R. oligosporus* กับผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเส้นใยเห็ดโดยการหมัก 2 วิธี

นำเมล็ดธัญพืชที่เหมาะสมต่อการหมักด้วยเชื้อเห็ด 4 ชนิด คือเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*(Fr.)Kummer) เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing.) เห็ดหูกวาง (*Lentinus strigosus* (Schwein) Fr. Pegler) และเห็ดกระด้าง (*Lentinus polychrous* Lev.) จากศูนย์รวบรวมพันธุ์เห็ดแห่งประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร โดย**หมักแบบวางชิ้นเส้นใยเห็ด** ใส่หัวเชื้อ 5, 7 และ 15 ชิ้น ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ และ **แบบเส้นใยเห็ดแขวนลอย (suspension)** (นำหัวเชื้อเห็ด 1 หลอดทดลอง มาเติมด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อ 10 มิลลิลิตร ขูดเส้นใยด้วยลูป ปิเปตเส้นใยเห็ดแขวนลอย ความเข้มข้น $1x10^6$ spores ปริมาตร 2 และ 3 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยเชื้อราบ่มนาน 24 ชั่วโมง เชื้อเห็ดบ่มนาน 6 วัน ตรวจสอบลักษณะปรากฏจากความหนาแน่นของเส้นใยและลักษณะการเกาะรวมตัวกันของธัญพืช ลักษณะของสีและกลิ่นที่ดีของผลิตภัณฑ์เทมเป้

นำผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่ได้ไปตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ คือปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน (Soxhlet extraction) ปริมาณกากใยอาหาร (AOAC,1990)

ทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เทมเป้จากเชื้อรา *R. oligosporus* กับผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเส้นใยเห็ดทอดกรอบ

นำเทมเป้สดที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* กับผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเส้นใยเห็ด หั่นเป็นชิ้น ขนาด 2x3 เซนติเมตร แช่น้ำเกลือ 3% เป็นเวลา 5 นาที วางทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปคลุกกับแป้งตราโกกิที่ผสมน้ำ (อัตราส่วนตามความเหมาะสม) ทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที โดยใช้น้ำมันปาล์มตราแวว นำผลิตภัณฑ์เทมเป้ชุบแป้งทอดไปทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ โดยผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ใช้แบบทดสอบแบบ 5-point Hedonic scale โดย 1 = ไม่ชอบมาก, 2 = ไม่ชอบ, 3 = ปานกลาง, 4 = ชอบ, 5 = ชอบมาก

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการนำธัญพืช 4 ชนิดคือถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดงและถั่วดำ มาทำการหมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ลักษณะปรากฏที่พบมีความหนาแน่นของเส้นใยและลักษณะการเกาะรวมตัวกันของธัญพืชทั้ง 4 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกัน ลักษณะของสีและกลิ่นของเทมเป้หมักจากถั่วเหลือง ถั่วเขียวและถั่วแดง มีสีและกลิ่นที่ดี ยกเว้นเทมเป้ถั่วดำ สอดคล้องกับรายงานของชฎาพร และคณะ (2547) ที่ระบุว่าเทมเป้จากถั่วดำให้สี กลิ่นและรสชาติไม่เป็นที่พอใจ ดังนั้นจึงคัดเลือกธัญพืช 3 ชนิดดังกล่าวมาทำการหมักด้วยเชื้อเห็ด 4 ชนิด คือเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดหูกวาง เห็ดกระด้าง

ผลการหมักธัญพืช 3 ชนิดด้วยเส้นใยเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดหูกวางและเห็ดกระด้าง แบบวางชิ้นเส้นใยเห็ด พบว่าการวางชิ้นเส้นใยเห็ด 5 และ 7 ชิ้น เส้นใยเห็ดเจริญได้ไม่หนาแน่นและการเกาะตัวของเมล็ดธัญพืชไม่ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นและสีไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากปริมาณเส้นใยเห็ดมีปริมาณน้อยจึงทำให้เมล็ดธัญพืชเกิดการเน่าเสีย ในขณะที่การวางชิ้นเส้นใยเห็ด 15 ชิ้นของเห็ดทั้ง 3 ชนิด พบว่าลักษณะความหนาแน่นของเส้นใยเห็ดและการรวมตัวกันของเมล็ดธัญพืชกับเส้นใยเห็ดแต่ละชนิดนั้น เส้นใยเห็ดนางรมมีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคือเห็ดนางฟ้า เห็ดหูกวางและเห็ดกระด้างตามลำดับ เปรียบเทียบระยะเวลาการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมบนเมล็ดธัญพืชกับรายงานของนิ่มอนงค์และคณะ (2540) พบว่าการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมบนเมล็ดธัญพืชเจริญได้เร็วกว่าบนกากถั่วเหลือง ปรับ pH 5 ที่ใช้เวลาบ่มนาน 8 วัน

การหมักธัญพืชด้วยเส้นใยเห็ดแบบเส้นใยเห็ดแขวนลอย พบว่าการใช้เส้นใยเห็ดปริมาตร 2 มิลลิลิตร เส้นใยเห็ดเจริญไม่เต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีและกลิ่นไม่เป็นที่พอใจ การใช้เส้นใยเห็ดปริมาตร 3 มิลลิลิตร พบว่าลักษณะความหนาแน่นของเส้นใยและการเกาะรวมตัวกันของเมล็ดธัญพืชดีที่สุดเมื่อหมักด้วยเส้นใยเห็ดนางรม จากการเปรียบเทียบคุณภาพของอาหารหมักที่ได้จากธัญพืช 3 ชนิดคือถั่วเหลือง ถั่วเขียวและถั่วแดงหมักด้วยเส้นใยเห็ดทั้ง 4 ชนิด เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดหูกวาง และเห็ดกระด้าง ที่หมักเป็นเวลา 6 วัน เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เทมเป้ที่หมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* เป็นเวลา 24 ชั่วโมงพบว่าชนิดของธัญพืชไม่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ด มีเพียงความแตกต่างด้านคุณภาพสี กลิ่นและรสชาติของธัญพืชแต่ละชนิดที่นำมาใช้หมัก สอดคล้องกับผลการทดลองของ นิ่มอนงค์และคณะ (2540) เมื่อใช้วัตถุดิบต่างกันหมักด้วยเส้นใยเห็ดนางรม พบว่าความหนาแน่นของเส้นใยไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งจากการพิจารณาลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากถั่วเหลืองหมักด้วยเห็ดนางรมและเชื้อรา *R. oligosporus* มีความหนาแน่นของเส้นใยและการเกาะรวมตัวกันของเมล็ดธัญพืช รวมทั้งคุณภาพทางด้านสีและกลิ่นดีที่สุด (Figure 1)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากธัญพืช 3 ชนิดหมักด้วยเส้นใยเห็ดทั้ง 4 ชนิด เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เทมเป้ที่หมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* พบว่าผลิตภัณฑ์เทมเป้ถั่วเหลืองหมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* และผลิตภัณฑ์อาหารหมักถั่วเหลืองหมักด้วยเส้นใยเห็ดนางรม มีคุณภาพใกล้เคียงกัน โดยผลิตภัณฑ์เทมเป้จากถั่วเหลืองที่หมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* มีปริมาณโปรตีน ไขมัน กากใย เถ้า และปริมาณความชื้น 15.09, 9.65, 7.84, 0.01 และ 59.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์เทมเป้จากถั่วเหลืองที่หมักด้วยเส้นใยเห็ดนางรมมีค่า15.59, 9.31, 9.50, 0.01และ60.83เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม พบว่าเทมเป้จากถั่วเหลืองที่หมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* มีระดับคะแนนเป็นที่ยอมรับสูงสุด รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์อาหารหมักถั่วเหลืองด้วยเส้นใยเห็ดนางรม จากลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ได้และองค์ประกอบทางเคมีรวมทั้งคุณภาพด้านประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่หมักด้วยเส้นใยเห็ดนางรมมีคุณภาพใกล้เคียงกับการใช้เชื้อรา *R. oligosporus* มากกว่าเส้นใยเห็ดอีก 3 ชนิดนั้น อาจเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านสารอาหารที่เติมลงไปในวัตถุดิบ รวมทั้งอุณหภูมิในการบ่มที่เหมาะสมต่อเส้นใยเห็ดนางรมมากกว่าเส้นใยเห็ดชนิดอื่นๆ จึงทำให้ความสามารถของเส้นใยเห็ดนางรมมีความใกล้เคียงกับเชื้อรา *R. oligosporus* จึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเส้นใยเห็ดแทนเชื้อรา *R. oligosporus* ให้ดีมากยิ่งขึ้น

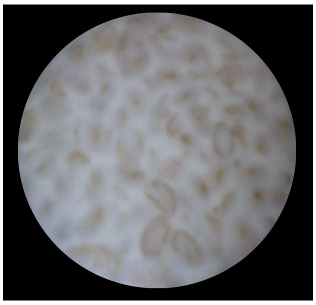
A.

B.

Figure 1 Appearance of tempe product from soybean fermentation with (A) *R. oligosporus* and (B) *Pleurotus ostreatus*(Fr.)Kummer.

สรุปผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเมล็ดธัญพืช 3 ชนิด คือ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วแดง ด้วยเส้นใยเห็ดทั้ง 4 ชนิด คือ เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดหูกวาง และเห็ดกระด้าง เปรียบเทียบกับเทมเป้จากเชื้อรา *R. oligosporus* พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักถั่วเหลืองด้วยเส้นใยเห็ดนางรม มีลักษณะปรากฏคือความหนาแน่นของเส้นใยและการเกาะรวมตัวกันมีความใกล้เคียงกับเทมเป้จากถั่วเหลืองที่หมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* มีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณใกล้เคียงกัน ส่วนคุณภาพผลิตภัณฑ์ ในด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม เทมเป้ถั่วเหลืองหมักด้วยเชื้อรา *R. oligosporus* มีระดับคะแนนเป็นที่ยอมรับสูงสุดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองหมักด้วยเส้นใยเห็ดนางรม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชฎาพร บัวชุม ชนาภา เฉลิมสินสุวรรณ และ วรางคณา นกแก้ว, 2545, กระบวนการผลิตเทมเป้แนวทางใหม่สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก, โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิ่มอนงค์ คงพล รัฐพล ศรประเสริฐ และ กรุณา เกษร์สุวรรณ, 2540, ผลิตภัณฑ์อาหารหมักเส้นใยเห็ดนางรม, โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, กรุงเทพมหานคร, หน้า 582-588.

Nout, M.J.R. and Kiers J.L., 2005, A Review Tempe Fermentation Innovation and Functionality: Update into the Third Millennium, Journal of Applied Microbiology, 98: 798-805.

Tanaka, N., Guggisberg, S.K., Meske, J.A. and Doyle, M.P., 1985, Evaluation of the Microbiological Safety of Tempeh Made from Unaciddified Soybeans, Journal of Food Protection, 48: 411-438.

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสาร พฤกษเคมีในข้าวและธัญพืช 4 ชนิด

Comparative study of Phytochemical compounds from rice and 4 cereal grains

อิงฟ้า คำแพง[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Khampang, E.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Rice, wheat, corn, and bean grains consist of various phytochemical compounds both primary metabolites; carbohydrate, protein, and fat, and secondary metabolites; vitamin, phenolics. This work was measured phytochemical compounds from seven varieties of rice included Leangpratew 123, Supanburi 60, Chainat 1, red brown rice, black waxy rice, waxy rice, and Khaw Dawk Mali 105, and four cereals; corn cv. Suwan 1, soybean cv SJ 2, mung bean cv U-tong 1, and red bean or kidney bean cv. Luang red bean. Vitamin B 1, gamma amino butyric acid (GABA), total phenolics, and phytic acid were analysed. It was found that kidney bean consisted maximum vitamin B 1 and total phenolics at 3.64 mg/100g and 1.48 mg/100g respectively. GABA was found the most in rice cv Khaw Dawk Mali 105 at 10.32 mg/100g and phytic acid were greatest from corn at 634.12 mg/100g.

Keywords: phytochemical, gamma amino butyric acid (GABA), total phenolic, phytic acid

บทคัดย่อ

เมล็ดข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด และ ถั่วต่างๆ ประกอบด้วยสารพฤกษเคมี (phytochemical compounds) ทั้งที่เป็นสารปฐมภูมิ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมัน และสารทุติยภูมิ ได้แก่ วิตามิน สารฟีนอลิก (phenolics) งานวิจัยนี้จึงศึกษาเปรียบเทียบสารพฤษเคมีโดยเฉพาะข้าวกล้อง 7 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เหลืองประทิว 123, สุพรรณบุรี 60, ชัยนาท 1, ข้าวมันปู, ข้าวเหนียวดำ, ข้าวเหนียว และ ขาวดอกมะลิ 105 ส่วนธัญพืช 4 ชนิด คือ ข้าวโพดพันธุ์ สุวรรณ 1 ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 ถั่วเขียวพันธุ์อู่ทอง 1 และถั่วแดงพันธุ์ถั่วแดงหลวง ผลการวิเคราะห์สารสำคัญ ได้แก่ วิตามินบี 1, gamma amino butyric acid (GABA), total phenolic และ phytic acid พบว่า ถั่วแดงมีปริมาณวิตามินบี 1 และ total phenolics มากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.64 mg/100g และ 1.48 mg/100g ตามลำดับ ส่วนสาร GABA พบมากที่สุดในข้าวโดยเฉพาะในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.32 mg/100g และ phytic acid พบสูงสุดในข้าวโพด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 634.12 mg/100g

คำสำคัญ: สารพฤกษเคมี แกมมาอะมิโนบิวทาริค ฟีนอลิกทั้งหมด กรดไฟติค

คำนำ

เมล็ดพืชโดยเฉพาะธัญพืช (ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด และ ถั่วต่างๆ) ได้นำมาใช้เป็นอาหารหลักของประชากรในหลายประเทศมานานมากกว่า 10,000 ปี ธัญพืชประกอบไปด้วย คัพภะ (germ) เยื้อหุ้มเมล็ด (bran) และ endosperm (Bergaman และคณะ,2000) ในธัญพืชประกอบด้วยสารพฤกษเคมี (phytochemical compositions) ทั้งที่เป็นสารปฐมภูมิ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมัน ส่วนสารทุติยภูมิ ได้แก่ วิตามิน สารฟีนอลิก (phenolics) รวมทั้งสาร antioxidants ต่างๆ เช่น ferulic acid, caffeic acid, tocopherols, phytosterol, carotenoids, saponins, oryzanols, และ isoflavones (Miller และคณะ, 2000) ซึ่งส่วนใหญ่พบมากในคัพภะ มีรายงานการวิจัยที่สรุปว่าสาร antioxidants ในธัญพืชมีประสิทธิภาพในการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็ง และเบาหวาน เป็นต้น (Denisov และ Afanasev, 2005) สำหรับธัญพืชที่นิยมปลูกในประเทศไทย เช่น ข้าว พันธุ์ที่นิยมปลูกได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105, ข้าวโพด ธัญพืชทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 ถั่วเขียวพันธุ์อู่ทอง1 และถั่วแดงพันธุ์ถั่วแดงหลวง

ในคัพภะ ของธัญพืชเหล่านี้มีสารอาหารอยู่มาก เช่น โปรตีน แร่ธาตุ และสาร phytochemical ซึ่งในส่วนของคัพภะมีสารอาหารสูงกว่าส่วนอื่นๆ ของเมล็ด ดังนั้นการวิจัยนี้ จึงศึกษาปริมาณสารสำคัญซึ่งได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8, Teintalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

บี 1, GABA, total phenolic และ phytic acid ในข้าวพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ เหลืองประทิว 123 สุพรรณ ชัยนาท1 ข้าวกล้องมันปู ข้าวเหนียวดำ ข้าวกล้องเหนียว และ หอมมะลิ105 ธัญพืช 4 ชนิดได้แก่ ข้าวโพด ถั่วเหลือง และถั่วเขียว เพื่อที่จะนำมาพัฒนาเป็นประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1.ข้าวพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ เหลืองประทิว 123 สุพรรณ ชัยนาท1 ข้าวกล้องมันปู ข้าวเหนียวดำ ข้าวกล้องเหนียว และ หอมมะลิ 105 มาบดละเอียด จากนั้นนำไปอบเพื่อลดความชื้นและนำไปเก็บในโหลดูดความชื้น

2.ธัญพืชทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 ถั่วเขียวพันธุ์อู่ทอง1 และถั่วแดงพันธุ์ถั่วแดงหลวง บดละเอียด จากนั้นนำไปอบเพื่อลดความชื้นและนำไปเก็บในโถดูดความชื้น

3.จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ ได้แก่

3.1 โปรตีนโดยใช้วิธีวิเคราะห์ Kjeldahl's method โดยชั่งตัวอย่างมา 0.5 กรัม นำไปย่อยจนให้ได้สารละลายสีฟ้าใส แล้วกลั่นโปรตีนโดยใช้ชุดกลั่นโปรตีน ดูด boric acid 10 ml หยด indicator 4 หยด นำไปวางใต้เครื่องกลั่น รอจนสารละลาย boric เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน แล้วนำไปไตเตรท จนเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน จากนั้นนำไปคำนวณร้อยละโปรตีน

3.2 ไขมันโดยวิธี Gravimetric solvent extraction (AOAC,1990) โดยชั่งตัวอย่างมา 10 กรัม ใส่ในกระดาษกรองนำไปใส่ในชุดสกัดไขมัน ตวงปิโตรเลียมอีเทอร์ 150 ml หลังจากสกัดเสร็จ แยกปิโตรเลียมอีเทอร์ออก นำส่วนที่เป็นไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 30 นาที ชั่งน้ำหนักและคำนวณร้อยละไขมัน

3.3 GABA ดัดแปลงตามวิธีของ Kitaoka และ Nakano (1967) โดยชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ละลายใน 80%ethanol เขย่าเป็นเนื้อเดียวกัน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์1 ตั้งทิ้งไว้จน ethanol ระเหย เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร เติม buffer และ phenol เขย่าให้เข้ากัน เติม NaOCl เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้ม 10 นาที ทำให้เย็นทันที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง

3.4 Vitamin B1ดัดแปลงตามวิธีของ Liu และคณะ (2002) ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นเติม Triton X และ phenol red เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง

3.5 Total phenolic วิธีที่ใช้คือ Folin-Ciocalteu's reagent โดยเตรียมสารละลายตัวอย่างความเข้มข้น 0.1 mg/ml จากนั้นเติม Folin-Ciocalteu's reagent และ sodium carbonate ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง

3.6 phytic acid ดัดแปลงตามวิธีของ Haug และ Lantzsch (1983) ชั่งตัวอย่าง 1 กรัมละลายในกรดไฮโดรคลอริก ปิเปตแต่ส่วนใส เติม ferric solution แล้วนำไปต้ม 30 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำแข็ง 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณไขมัน โปรตีน เยื่อใย และ คาร์โบไฮเดรตในข้าวทั้ง 7 พันธุ์ มีโปรตีน ไขมัน และสารสำคัญสูง Table1 พบว่าข้าวกล้องขาวดอกมะลิ105 มีไขมัน โปรตีน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณสูงกว่าข้าวอีก 6 พันธุ์ โดยมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 1.8, 21.4, 1.8, 69.68 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ งามชื่น (2539) และ Juliano (1985) อย่างไรก็ตาม ปริมาณสาร phytochemical ได้แก่ วิตามินบี 1, GABA, phenolic และ phytic acid ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าเท่ากับ 2.85, 10.32, 0.29 และ 483.12 mg/100g ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ ข้าวเหนียวดำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.14, 12.12, 623.91 และ 0.43 mg/100g ข้าวกล้องมันปู มีค่าเท่ากับ 2.42, 11.12, 584.41 และ 0.41 mg/100g และ ข้าวกล้องเหนียว มีค่าเท่ากับ 2.57, 10.98, 614.98 และ 0.51 mg/100g ซึ่งมีปริมาณสาร GABA พบปริมาณต่างกัน เนื่องจาก ความแตกต่าง ของสายพันธุ์ของข้าวแต่ละชนิด (Saikusa และคณะ, 1994) และ วิตามินบี1 มีปริมาณมากกว่าข้าวเจ้าเหลืองประทิว 123 สุพรรณบุรี 60 และชัยนาท 1 สำหรับ phytic acid เป็นสารที่อยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ดและบริเวณจมูกข้าว โดยสาร phytic aid จะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำและรวมตัวกับแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น Ca, Fe, mg และ Zn ดังนั้นหากในอาหารที่เรารับประทานมี phytic aid มากจะทำให้ร่างกายขาดแคลนแร่ธาตุที่จำเป็น (Chavan และ Kadam,1989) ซึ่งพบว่า ปริมาณสาร phytic มีปริมาณมากที่สุดในข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และ สุพรรณบุรี 60 สำหรับในธัญพืช พบว่า ถั่วแดง มีปริมาณสาร phytochemical ได้แก่ วิตามินบี 1, GABA และ phenolic มากที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.64, 8.49 และ 1.48 mg/100g ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และข้าวโพด สำหรับ phytic acid พบว่า ข้าวโพด มีปริมาณมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 634.12 mg/100g รองลงมาได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วแดง ตามลำดับ Table 2

Table 1 Nutritional values from seven varieties of rice.

พันธุ์	ไขมัน (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	เยื่อใย (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	วิตามินบี1 (mg/100g)	GABA (mg/100g)	Phytic acid (mg/100g)	Phenolic (mg/100g)
เหลืองประทิว 123	2.1	20.16	0.2	68.48	1.57	10.23	650.13	0.47
สุพรรณบุรี 60	1.3	20.57	0.4	68.27	2.57	10.46	530.12	0.58
ชัยนาท 1	2.2	20.91	0.8	68.15	2.14	10.09	612.4	0.64
กล้องมันปู	1.6	20.91	1.3	69.23	2.42	11.12	584.41	0.41
ข้าวเหนียวดำ	2.1	20.49	0.8	68.25	2.14	12.12	623.91	0.43
ข้าวกล้องเหนียว	1.9	21.9	0.4	69.58	2.57	10.98	614.98	0.51
หอมมะลิ 105	1.8	21.4	1.8	69.68	2.85	10.32	483.12	0.29

Table 2 Nutritional values from four cereals.

	ไขมัน (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	เยื่อใย (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	วิตามินบี1 (mg/100g)	GABA (mg/100g)	Phytic acid (mg/100g)	Phenolic (mg/100g)
ข้าวโพด	2.1	19.15	0.7	75.16	2.21	6.32	634.12	0.58
ถั่วเหลือง	2.2	19.6	1	76.78	2.92	3.38	632.56	0.16
ถั่วเขียว	2.6	19.5	0.2	76.78	2.35	6.24	589.98	0.28
ถั่วแดง	2.5	19.85	0.3	77.16	3.64	8.49	587.92	1.48

สรุปผล

ปริมาณวิตามินบี 1 และ GABA พบมากในข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และพบว่ามีปริมาณ phenolic และ phytic acid ต่ำที่สุด และพบอีกว่า ข้าวเหนียวดำและข้าวกล้องมันปูมีปริมาณ GABA สูงที่สุด สำหรับในธัญพืชทั้ง 4 ชนิด พบว่า ในถั่วแดงมีปริมาณ วิตามินบี1และ GABA สูงที่สุด รองลงมาคือ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และข้าวโพด ตามลำดับปริมาณสารอาหารที่พบในข้าวทั้ง 7 พันธุ์พบว่า ปริมาณไขมันพบมากที่สุดในข้าวพันธุ์ ชัยนาท 1 เหลืองประทิว 123 และข้าวเหนียวดำ ปริมาณโปรตีนพบมากใน ข้าวกล้องเหนียวและ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในธัญพืช ส่วนถั่วเขียวมีปริมาณไขมันสูงที่สุด ปริมาณโปรตีน เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรต พบมากในถั่วแดง จากการทดลองพบว่าข้าวและธัญพืชพบสารอาหารที่สำคัญหลายชนิด และถ้าหากสามารถเพิ่มปริมาณสารสำคัญเพิ่มมากขึ้น น่าจะเป็นผลดีและเป็นประโยชน์ต่อไป ดังนั้นจึงควรมีการนำธัญพืชมาพัฒนาเพื่อเพิ่มปริมาณสารสำคัญด้วยกระบวนการต่างๆและวิเคราะห์หาสารสำคัญชนิดอื่น เพื่อที่จะนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆต่อไป

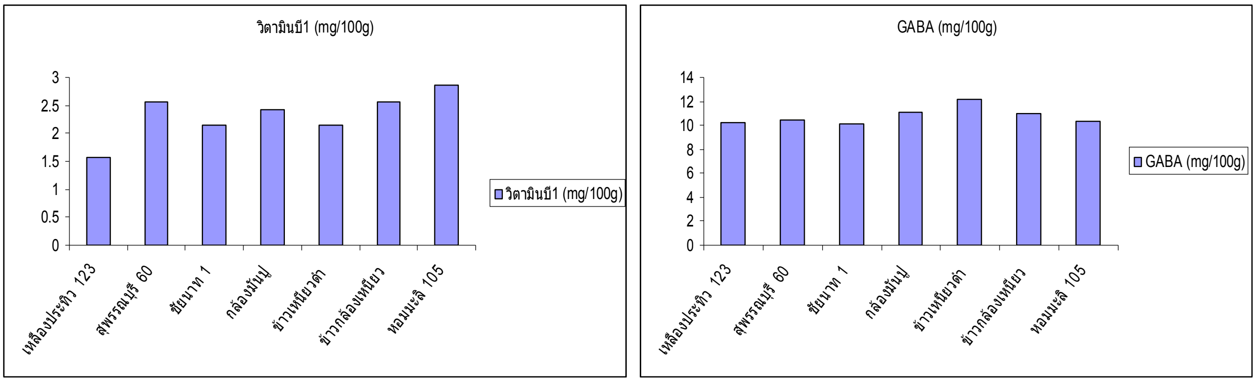
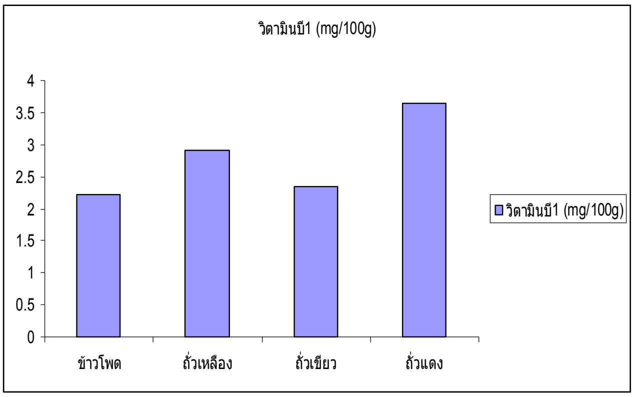


Figure 1 Vitamin B1 and GABA from seven varieties of rice.



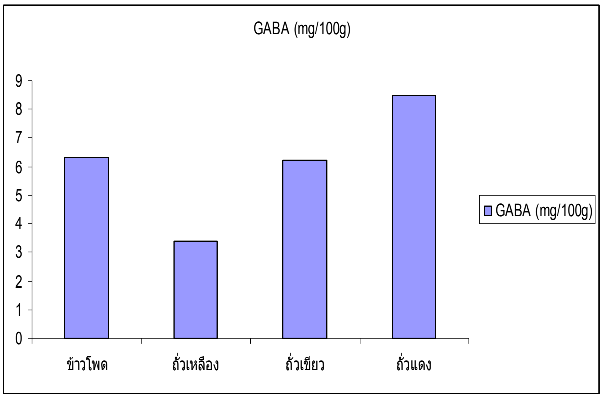


Figure 2 Vitamin B1 and GABA from four cereals.

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัยทุน สกว.-อุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี, 2539, คุณภาพข้าวสารและข้าวสุก, เอกสารประกอบการบรรยายในการสัมมนาเรื่องข้าวกับคนของสมาคมโรงสีข้าวไทย ณ โรงแรมรีเจ้นท์ ชะอำ จังหวัดเพชรบุรี วันที่ 24 สิงหาคม 2539, 23 หน้า.

AOAC., 1990, Official Method of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemistry, Washington, D.C., 1298 p.

Bergaman, C.J., Delgado, J.T., Bryant, R., Grimm, C., Cadwallader, K.R. and Webb, B.D., 2000, Rapid Gas Chromatographic Technique for Quantifying 2-acetyl-1-pyrrolide and Hexanal in Rice (Oryza sativa,L.), Cereal Chemistry, 77: 454-458.

Chavan,J.K. and Kadam, S.S., 1989, Nutritional Improvement of Cereals by Sprouting, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 28: 401-437.

Denisov, E.T, and Afanasev, I.B., 2005, Oxidantion and Antioxidant in Organic Chemistry and Biology, Baton: Taylor and Francis Group

Hang, W., and Lantzcsh, H.J., 1983, Sensitive Method for the Rapid Determination of Phytate in Cereal Products, Journal of the Science of Food and Agriculture, 34: 1423-1426.

Juliano, B.O., 1985, The Rice Grain and Its Gross Composition, In Rice Chemistry and Technology, St Paul, Minnessota, USA, 774 p.

Kitaoka, S. and Nakano, Y., 1969, Colorimetric Determination of ω-amino acid, The Journal of Biochemistry, 66: 89-94.

Liu, S., Zhang, Z., Liu, Q. Luo, H. and Zheng, W., 2002, Spectrophotometric Determination of Vitamin B1 in a Pharmaceutical Formulation Using Triphenylmethane Acid, Journal of Pharamaceutical and Biomedical Analysis, 30: 685-694.

การใช้เปลือกมังคุดเป็นแหล่งใยอาหารในโดนัทเค้ก

Utilization of Mangosteen Rind as a Source of Dietary Fiber in Cake-Type Doughnut

กุลนรี ศาสตร์ประสิทธิ์[1] และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1]
Sartprasit, K.[1] and Limroongreungrat, K.[1]

Abstract

The effect of usage of mangosteen rind power as a source of dietary fiber on doughnut quality was investigated. Mangosteen rind powder was prepared by soaking inner mangosteen rind in 10% brine to reduce astringency, drying and grinding. The mangosteen rind powder was added to wheat flour at substitution levels of 0, 3, 5 and 7% (flour basis). The qualities of doughnuts including crust and crumb color, specific volume, texture and sensory attributes were evaluated. As the amount of mangosteen rind powder increased, specific volume and firmness of doughnuts were not significantly different ($p \geq 0.05$); however, springiness significantly decreased ($p<0.05$). The hue angle of doughnut crust and crumb also significantly decreased, which indicated the more redness of doughnut color. The taste, texture and overall acceptability scores of doughnut substituted with 0% and 3% mangosteen rind powder were not significantly different. The total dietary fiber, insoluble dietary fiber and soluble dietary fiber of doughnut substituted with 3% mangosteen rind powder increased 20.59, 19.86 and 50.56%, respectively, as compared to doughnut without mangosteen rind powder. Moreover, mangosteen rind doughnut also contained anthocyanin and tannin, the antioxidant phytochemical.

Keywords: mangosteen rind, dietary fiber, cake-type doughnut

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการใช้เปลือกมังคุดเป็นแหล่งใยอาหารต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดนัทเค้ก โดยใช้เปลือกมังคุดผงที่เตรียมจากเปลือกมังคุดชั้นในที่ผ่านการแช่น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 10 นำไปอบแห้ง และบดละเอียด แปรปริมาณเปลือกมังคุดผงที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในสูตรโดนัทเค้กร้อยละ 0, 3, 5 และ 7 (โดยน้ำหนักแป้ง) ประเมินคุณภาพของโดนัทจากสีเปลือกและสีเนื้อโดนัท ปริมาตรจำเพาะ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อใช้ปริมาณเปลือกมังคุดผงเพิ่มขึ้น โดนัทมีปริมาตรจำเพาะและค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่มีค่าความยืดหยุ่นลดลง ($p<0.05$) และมีค่ามุมเฉดสีของเปลือกและเนื้อโดนัทลดลงด้วยซึ่งแสดงให้เห็นว่าโดนัทมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น โดนัทเค้กที่เติมเปลือกมังคุดผงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 3 ได้คะแนนด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างจากโดนัทเค้กที่ไม่เติมเปลือกมังคุดผง และมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.59, 19.86 และ 50.56 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับโดนัทเค้กที่ไม่เติมเปลือกมังคุดผง นอกจากนี้ โดนัทที่เติมเปลือกมังคุดยังประกอบด้วยแอนโทไซยานินและแทนนินซึ่งเป็นสารพฤกษเคมีที่มีสมบัติต้านออกซิเดชันอีกด้วย

คำสำคัญ: เปลือกมังคุด ใยอาหาร โดนัทเค้ก

คำนำ

มังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) เป็นผลไม้ที่ความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยและมีความต้องการสูงมากทั้งทางตลาดภายในและส่งออก โดยมีมูลค่าการตลาดภายในและภายนอกโดยรวมปีละหลายพันล้านบาท ตลาดส่งออกที่สำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น ไต้หวัน จีน มาเลเซีย ฮ่องกง และ สิงคโปร์ จากการบริโภคและการแปรรูปมังคุด จะมีเปลือกมังคุดเป็นวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก โดยเปลือกมังคุดคิดเป็น 50% ของน้ำหนักมังคุดทั้งผล ปลือกมังคุดมีปริมาณใยอาหารสูงถึงร้อยละ 68.95 โดยน้ำหนักแห้ง (Trisiriroj และคณะ, n.d.) มีรายงานว่าใยอาหารมีบทบาทสำคัญในการป้องกันและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคอ้วน โรคหัวใจ ไขมันในเลือดสูง มะเร็งลำไส้ใหญ่ เป็นต้น (รุจน์, 2542) นอกจากนี้เปลือกมังคุดยังเป็นแหล่งของสารพฤกษ

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131
[1]Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsean, Chonburi 20131

เคมีที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ แอนโทไซยานิน และแทนนิน เป็นต้น แม้ว่าจะมีการนำเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง แต่งานวิจัยที่ศึกษาถึงการใช้เปลือกมังคุดเป็นแหล่งใยอาหารยังมีน้อย ในงานวิจัยนี้จึงเลือกเสริมใยอาหารในโดนัทซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ได้รับความนิยมทั่วโลก ตัวอย่างตลาดโดนัทที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2551 มีมูลค่าสูงถึง 628,407,200 ดอลลาร์ หรือประมาณ 21,365 ล้านบาท (AIB, 2009) อย่างไรก็ตาม อาจมีข้อจำกัดในการใช้เปลือกมังคุดในอาหาร เนื่องจากเปลือกมังคุดมีความฝาดขม การใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์จะช่วยกำจัดสารที่ให้กลิ่นรสที่ไม่ต้องการในเปลือกมังคุดได้ (Morton, 1987) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเตรียมวัตถุดิบโดยการแช่เปลือกมังคุดในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 10 เพื่อลดความฝาดขม และมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณเปลือกมังคุดผงที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นแหล่งใยอาหารในผลิตภัณฑ์โดนัทเค้ก โดยประเมินคุณลักษณะทางกายภาพ ประสาทสัมผัส และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโดนัทเค้กที่เติมเปลือกมังคุดผง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเปลือกมังคุดผง

นำเปลือกมังคุดสดมาปอกเปลือกชั้นนอกออก นำเปลือกมังคุดชั้นในมาล้างน้ำให้สะอาด นำไปหั่นให้เป็นแผ่นบางให้มีความหนา 1 มิลลิเมตรด้วยเครื่องสไลด์ (Halldle Vegetable Preparation Machine, RG-350, Sweden) แช่ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ในอัตราส่วนเปลือกมังคุดต่อน้ำเกลือเป็น 1:5 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำเปลือกมังคุดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C จนมีความชื้นประมาณร้อยละ 10 นำไปบดด้วยเครื่องบด Coarse beater mill และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช เก็บในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน และปิดผนึกด้วยความร้อน

ศึกษาปริมาณของเปลือกมังคุดผงที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์โดนัท

นำเปลือกมังคุดผงที่เตรียมได้มาเติมในผลิตภัณฑ์โดนัทเค้กโดยใช้เปลือกมังคุดผงทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0, 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนักแป้ง เตรียมโดนัทโดยใช้สูตรซึ่งประกอบด้วย แป้งสาลี มาร์การีน น้ำตาล ไข่ไก่ นมข้นจืด ผงฟู และวานิลา ร้อยละ (โดยน้ำหนักแป้ง) 100.0, 80.0, 91.0, 72.0, 80.0, 4.0 และ 1.2 ตามลำดับ ทำโดนัทโดยผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน และใช้เครื่องอบโดนัท (Homemate Doughnut maker, HOM-DONUT, China) แทนการทอด นำผลิตภัณฑ์โดนัทเค้กที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1. วิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โดนัทเค้ก

- ปริมาตรจำเพาะ (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) วัดปริมาตรโดยใช้วิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา
- ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, TA-XT2, UK) และใช้หัววัด รูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (p/35) กดลงบนโดนัทเค้กในระยะร้อยละ 25 ของความสูง รายงานค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness)
- ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter colorimeter วัดค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) และคำนวณค่ามุมเฉดสี ($h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$)

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำโดนัทเค้กมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ scoring test ประเมินผลในด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 10 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พิจารณาเลือกปริมาณเปลือกมังคุดผงที่เหมาะสมจากคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด และมีค่าความแน่นเนื้อ ความยืดหยุ่น ปริมาตรจำเพาะใกล้เคียงโดนัทเค้กจากแป้งสาลี

3. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โดนัทเค้ก

นำโดนัทที่ไม่เติมเปลือกมังคุดผงและโดนัทที่เติมเปลือกมังคุดผงทดแทนแป้งสาลีที่เลือกได้จากข้อ 2. มาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำ ตามวิธีของ AOAC (1990) ปริมาณแอนโทไซยานิน ตามวิธีของ อรุษา และอรัญญา (2550) และแทนนินตามวิธีของ Hagerman และ Butler (1978)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เปลือกมังคุดผงที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นผงละเอียดและมีสีน้ำตาลแดงอิฐ โดยมีปริมาณผลผลิตร้อยละ 27.49 เมื่อเทียบกับน้ำหนักเปลือกมังคุดสด เปลือกมังคุดผงประกอบด้วยปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ละลายน้ำ และแทนนินร้อยละ 45.13, 39.58, 5.55 และ 0.71 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และมีปริมาณแอนโทไซยานิน 2.84 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของโดนัทเค้ก พบว่า เมื่อปริมาณเปลือกมังคุดผงเพิ่มขึ้น โดนัทมีปริมาตรจำเพาะและค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$, Table 1) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเติมใยอาหารในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ปริมาณกลูเตนในส่วนผสมลดลง (Chen และคณะ, 1988) นอกจากนี้ยังมีผลทำให้โดนัทมีค่าความสว่าง และค่ามุมเฉดสีของเปลือกนอกและเนื้อในลดลง (Table 2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโดนัทมีเฉดสีแดงมากขึ้น

Table 1 Physical attributes of cake-type doughnut as affected by different levels of mangosteen rind powder.

Mangosteen rind powder (%)	Specific volume[ns] (ml/g)	Firmness[ns] (N)	Springiness (%)
0	1.09 ±0.03	8.48 ±0.12	58.99± 0.22[a]
3	1.09± 0.00	8.58± 0.11	58.99± 0.39[a]
5	1.07± 0.01	8.44± 0.07	58.44 ±0.08[b]
7	1.07 ±0.01	8.60 ±0.19	56.29± 0.04[c]

[ns] Means within a column are non significantly different ($p \geq 0.05$)

[a,b,c] Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Table 2 Crust and crumb color of cake-type doughnut as affected by different levels of mangosteen rind powder.

Mangosteen rind powder (%)	Crust color		Crumb color	
	Lightness	Hue angle	Lightness	Hue angle
0	55.52±0.63[a]	68.21±0.24[a]	67.25±1.80[a]	78.89±0.53[a]
3	43.67±1.57[b]	62.30±1.42[b]	49.60±1.63[b]	69.06±0.46[b]
5	41.82±1.33[bc]	61.48±0.26[bc]	44.39±2.03[c]	64.60±0.29[c]
7	39.63±1.10[c]	59.51±1.76[c]	41.67±0.77[c]	62.14±0.63[d]

[a,b,c,...] Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดนัทเค้ก พบว่าเมื่อปริมาณเปลือกมังคุดผงเพิ่มขึ้น คะแนนคุณลักษณะของโดนัททุกด้านมีแนวโน้มลดลง โดนัทมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น มีกลิ่นรสแปลกปลอมโดยมีความฝาดขมเพิ่มขึ้น และมีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น แต่โดนัทเค้กที่เติมเปลือกมังคุดผงร้อยละ 3 ได้คะแนนด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างจากโดนัทเค้กที่ไม่เติมเปลือกมังคุดผง (Table 3)

Table 3 Sensory scores of cake-type doughnut as affected by different levels of mangosteen rind powder.

Mangosteen rind powder (%)	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
0	5.00± 0.00[a]	5.00± 0.00[a]	5.00± 0.00[a]	5.00± 0.00[a]	5.00± 0.00[a]
3	3.90 ±0.92[b]	4.10± 0.32[b]	4.60 ±0.48[a]	4.60 ±0.52[a]	4.60 ±0.52[a]
5	2.80± 0.42[c]	3.60 ±0.52[b]	3.90 ±0.84[b]	3.90± 0.74[b]	3.60 ±0.70[b]
7	2.10± 0.74[d]	3.70 ±0.82[b]	2.90 ±1.05[c]	3.70 ±0.82[b]	3.10 ±0.92[c]

[a,b,c,...] Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Color: 5=Light brown, 1=Dark brown; Odor: 5= Good flavor, 1=Off-flavor; Taste: 5=Good taste, 1= Off-taste; Texture: 5= Soft, 1=Tough; Overall acceptability: 5= Most acceptable, 1= Not acceptable

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดนัทเค้ก พบว่าโดนัทเค้กที่เติมเปลือกมังคุดผงปริมาณร้อยละ 3 มีปริมาณเถ้าและโปรตีนใกล้เคียงกับโดนัทเค้กที่ไม่ได้เติมเปลือกมังคุดผง และมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.59, 19.86 และ 50.56 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีปริมาณแอนโทไซยานิน 0.30 มิลลิกรัม/100 กรัม และแทนนินร้อยละ 0.06 (Table 4) ในขณะที่โดนัทเค้กที่ไม่ได้เติมเปลือกมังคุดผงไม่มีปริมาณแอนโทไซยานินและแทนนิน ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกมังคุดเป็นแหล่งของแอนโทไซยานินและแทนนิน แม้ว่าการเติมเปลือกมังคุดผงในผลิตภัณฑ์โดนัทเค้กทำให้มีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น แต่ในการใช้มีข้อจำกัดเนื่องจากความฝาดขมของแทนนิน ทำให้ไม่สามารถใช้ในปริมาณที่สูงได้ ดังนั้นหากมีการนำเปลือกมังคุดไปสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพแล้ว เปลือกมังคุดส่วนที่เหลือจากการสกัดอาจนำมาใช้เป็นแหล่งใยอาหารได้

Table 4 Chemical compositions of cake-type doughnut .

Chemical compositions	Cake-type doughnut without mangosteen rind powder	Cake-type doughnut with 3% mangosteen rind powder
Moisture (%)	24.51±0.06	24.82±0.82
Ash (% dry weight)	1.89±0.01	2.12±0.01
Protein (% dry weight)	6.24±0.01	6.95±0.07
Total dietary fiber (% dry weight)	10.49±0.08	12.65±0.08
Insoluble dietary fiber (%dry weight)	10.32±0.08	12.37±0.09
Soluble dietary fiber (% dry weight)	0.18±0.01	0.28±0.01
Anthocyanin (mg/100 g dry weight)	ND	0.30±0.05
Tannin (% dry weight)	ND	0.06±0.01

ND: Not determine

สรุปผล

ปริมาณของเปลือกมังคุดผงที่เหมาะสมที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์โดนัทเค้กคือ ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักแป้ง โดยโดนัทเค้กที่ได้มีลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกับโดนัทเค้กที่ไม่ได้เติมเปลือกมังคุดผง

เอกสารอ้างอิง

รุจน์ รมณีย์, 2542, ใยอาหารป้องกันโรค, [สืบค้น], http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet4/feb18/fiber5.htm [5/ July/ 07]

อรุษา เชาวนลิขิต และอรัญญา มิ่งเมือง, 2550, ปริมาณแอนโธไซยานินและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของมังคุดและน้ำมังคุด, วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 23: 68-78.

American Institute of Baking (AIB), 2009, Doughnut Statistics and Trends [Online], Available: https://www.aibonline.org/resources/statistics/doughnut.html [August 13, 2009].

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990, Official Methods of Analysis, (15^{th}ed), Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC.

Chen, H., Rubenthaler, G.L., Leung, H.K. and Baranowski, J.D., 1988, Chemical, Physical and Baking Properties of Apple Fiber Compared with Wheat and Oat Bran, Cereal Chemistry, 63: 244-247.

Hagerman, A.E. and Butler, L.G., 1978, Protein Precipitation Method for the Quantitative Determination of Tannins, Journal of Agricultural Food Chemistry, 26: 809-812.

Morton, J., 1987, Mangosteen, [Online], Available: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/mangosteen.html [July 10, 2007].

Trisiriroj, A., Poorpantuma, C. and Wattanasrirungkul, S., n.d., Analysis of Quantity and Quality of Dietary Fiber From Agricultural Wastes, [Online], Available: http://www.thaiscience.info/Article for ThaiScience/Article/1/Ts-1 analysis of quantity and quality of dietary fiber from agricultural wastes.pdf [August 13, 2009].

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 101-104 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 101-104 (2552)

คุณสมบัติของการย่อยสลายเห็ดด้วยเอนไซม์โบรมิเลนสำหรับใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส

Enzymatic Hydrolysis of Mushroom by Bromelain and Its Properties Use as Flavoring Agent

แพรวไพลิน ตันติบุตร[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ปนิดา บรรจงสินศิริ[2]
Tontibout, P.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Banjonsinsiri, P.[2]

Abstract

Mushroom protein hydrolysates (MPHs) from oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer.) and shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) were hydrolyzed by bromelain. Each mushroom was varied at 5 different concentrations of enzyme: 0, 5, 10, 15 and 20 % (%w/w) and 4 different hydrolysis times: 6, 12, 18 and 24 hours under pH and temperature controlled at 6 and 50°C. The results found that the best condition to produce mushroom protein hydrolysates by bromelain was at 10% and 15% bromelain and 24 hours hydrolysis with the highest degree of hydrolysis 79.45% and 80.14% and %salt at 2.90% and 3.40% respectively. MPHs from oyster mushroom was light brown color which L*, a* and b* values were 40.6, -1.1 and +7.4. MPHs from shiitake mushroom was dark brown color which L*, a* and b* values were 39.9, -0.4 and +9.2. Using Dynamic headspace gas chromatography-mass spectrometry (DHS GC-MS) analysis, 7 major volatile compounds were identified in MPHs as benzaldehyde, 2-heptenal, 1, 2, 4-trithiolane, 3-octanone, 2-undecenal, 2-dodecenal, and pentanoic acid respectively.

Keywords: mushroom protein hydrolysate, bromelain, flavoring agent

บทคัดย่อ

โปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ดเตรียมได้จากการย่อยสลายเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer.) และ เห็ดหอม (*Lentinula edodes*) ด้วยเอนไซม์โบรมิเลน โดยแปรปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 (%w/w ของเห็ดอบแห้ง) และเวลาการย่อยสลาย 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ที่ pH 6 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดนางรมและเห็ดหอมคือ ใช้เอนไซม์ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 15 (%w/w) เวลาในการย่อยสลาย 24 ชั่วโมง โดยมีค่าระดับการย่อยสลายร้อยละ 79.45 และ 80.14 มีปริมาณเกลือร้อยละ 2.90 และ 3.40 ตามลำดับ โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากเห็ดนางรมมีสีน้ำตาลอ่อน มีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 40.6, -1.1 และ +7.4 ส่วนโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากเห็ดหอมมีสีน้ำตาลเข้ม มีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 39.9, -0.4 และ +9.2 เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยให้กลิ่นในโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากสภาวะที่ดีที่สุดจากเห็ดทั้งสองชนิดด้วยวิธี Dynamic headspace gas chromatography-mass spectrometry (DHS GC-MS) พบสารหอมระเหยที่สำคัญในโปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ด 7 ชนิด คือ benzaldehyde, 2-heptenal, 1, 2, 4-trithiolane, 3-octanone, 2-undecenal, 2-dodecenal, และ pentanoic acid ตามลำดับ

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ด โบรมิเลน สารปรุงแต่งกลิ่นรส

คำนำ

โปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืชถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม เช่น ใช้เป็นสารอิมัลชั่น เครื่องสำอาง อาหารเสริมโปรตีนและสารปรุงแต่งกลิ่นรส การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทได้จากการย่อยสลาย (hydrolysis) โปรตีนจากพืช เช่น ถั่วเหลือง ข้าวสาลี ข้าวโพด นอกจากนี้ เห็ดยังเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งโดยเห็ดบางชนิด เช่นเห็ดหอม และเห็ดนางรมมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 17 และ 19 (ของน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ โดยทั่วไปการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทนิยมใช้กรดเข้มข้นย่อยสลาย แต่วิธีการนี้ทำให้เกิดสารพิษ 3-MCPD ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง จึงได้มีการนำเอนไซม์มาใช้ในการย่อยสลายแทน โดยเอนไซม์ที่นิยมใช้ได้แก่ Flavorzyme®, Neutrase® และ Alcalase® ซึ่งเป็นเอนไซม์ทางการค้า ส่วนใหญ่มีราคาแพงและ

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 3 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut University of Technology Thonburi 83 Moo 8 Tha-kam, Bangkhuntien, Bangkok 10150
[2]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ถ.เลียบคลองห้า ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
[2]Thailand Institue of Sciencific and Technological Research (TISTR) 35 Moo 3 Technopolis, Klongha, Klongluang, Pathumthani 12120

ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ การเลือกใช้เอนไซม์อื่นซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีในประเทศทดแทนจึงเป็นการลดต้นทุนการผลิต ได้แก่ การใช้เอนไซม์โบรมิเลนซึ่งเป็นเอนไซม์ที่อยู่ในกลุ่มของซิสเตอีนโปรติเอส (cysteine protease) มีจุดตัดกว้าง จำเพาะกับตำแหน่งกรดอะมิโน ไลซีน ไกลซีน ไทโรซีน และอลานีน ซึ่งให้เปปไทด์ที่มีกลิ่นรสไม่ขม เป็นที่ยอมรับ (Cadwallader และ Wu, 2002) เช่น ในปี 1998 Galeazzi และ Netto ได้ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากถั่วเหลืองเพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสเนื้อโดยใช้เอนไซม์โบรมิเลนเปรียบเทียบกับการใช้เอนไซม์ทางการค้า พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้ มีกลิ่นรสที่ดี และมีระดับการย่อยสลายสูงเทียบเท่ากับการใช้เอนไซม์ทางการค้า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดนางรม และเห็ดหอม โดยการใช้เอนไซม์โบรมิเลนในการย่อยสลาย

อุปกรณ์และวิธีการ

วิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลน (บริษัท หงม่าว จำกัด) โดยใช้ casein เป็นสับสเตรท มีค่ากิจกรรมเท่ากับ 136,000 Unit/g_{enzyme} โดย 1 ยูนิตของกิจกรรมเอนไซม์ คือ ความสามารถของเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายโปรตีนได้กรดอะมิโนไทโรซีน 1 ไมโครกรัม ที่อุณหภูมิ 50 °C ที่ pH 6 ในเวลา 1 นาที

นำเห็ดนางรมและเห็ดหอมผงอบแห้งใส่ลงในขวดก้นกลม จากนั้นเติมน้ำที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อในอัตราส่วน 1:20 แล้วนำมาย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน ที่อุณหภูมิ 50°C pH 6 โดยแปรความเข้มข้นเอนไซม์ร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 (base on activity) และเวลาในการย่อยสลาย 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี–กายภาพ ดังนี้ วิเคราะห์ระดับการย่อยสลาย (%DH) โดยวิธี Trichloroacetic acid (TCA), % yield, ปริมาณเกลือ โดยใช้ salinity refractometers, ค่า pH โดยใช้ pH meter, ค่าสี (L*, a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta color reader รุ่น C-10) และเลือกภาวะที่ดีที่สุดของโปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ดหอมและเห็ดนางรมมาวิเคราะห์สารหอมระเหยให้กลิ่นรสด้วย Dynamic headspace gas chromatography-mass spectrometry (DHS GC-MS) โดยใช้ column HP-5MS (60 m x 0.32 nm x 1.00 um) อุณหภูมิของ oven ถูกตั้งโปรแกรมไว้ที่ 55°C เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเพิ่มทีละ 8°C/นาที จนถึง 180°C เป็นเวลา 5 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิอีกทีละ 8°C/นาที จนถึง 220°C เป็นเวลา 10 นาที ใช้แก๊สฮีเลียมเป็น carrier gas ที่อัตราการไหลคงที่ คือ 1.0 มล./นาที จากนั้นวิเคราะห์สารให้กลิ่นรสเทียบจาก NIST-MS และ Wiley library และคำนวณค่า Retention Indexs (R.I.) จากสาร n-alkane standard (C_6-C_{20}) วางแผนการทดลองแบบ 5 x 4 factorial in completely randomized design ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (1990)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

MPHs จากเห็ดหอมและเห็ดนางรมที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลนมีค่าระดับการย่อยสลาย (%DH) เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ %DH ยังมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาย่อยสลายที่เพิ่มขึ้นด้วย โดยมีค่าสูงสุดที่เวลา 24 ชั่วโมง (Figure 1a และ 1b) MPHs จากเห็ดหอมที่เอนไซม์เข้มข้นร้อยละ 15เวลาการย่อยสลาย 24 ชั่วโมง มี%DH สูงสุดคือ ร้อยละ 80.14 มีปริมาณเกลือร้อยละ 3.40 มีสีน้ำตาลเข้ม มีค่า L*, a*, b* เท่ากับ 39.9, -0.4 และ +9.2 ตามลำดับ (Table 1)ส่วน MPHs จากเห็ดนางรมที่เอนไซม์เข้มข้นร้อยละ 10 เวลาการย่อยสลาย 24 ชั่วโมง มี %DH สูงสุดร้อยละ 79.45 มีปริมาณเกลือร้อยละ 2.90 มีสีน้ำตาลอ่อน มีค่า L*, a*, b* เท่ากับ 40.6, -1.1 และ +7.4 ตามลำดับ (Table 1) โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดทั้งสองชนิดมี %yield และเกลือที่เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) ซึ่งค่า %DH ที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับ %yield และปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้นด้วย ส่วนค่า pH หลังการย่อยสลายมีค่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากกรดอะมิโนที่มีประจุเป็นบวก ถูกตัดจากสายเปปไทด์ให้เป็นอิสระมากขึ้น (Imm และ Lee, 2009) แม้ว่า pH ลดลงแต่ยังคงอยู่ในช่วงที่เอนไซม์สามารถทำงานได้จึงไม่มีผลต่อค่าระดับการย่อยสลาย และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมมีสีเข้มกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดนางรมเล็กน้อย เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยให้กลิ่นในโปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ดทั้งสองชนิดจากสภาวะที่มี %DH สูงสุด พบว่ามีสารหอมระเหยให้กลิ่นชนิดเดียวกันคือ benzaldehyde, 2-heptenal, 1, 2, 4-trithiolane, 3-octanone, 2-undecenal, 2-dodecenal, และ pentanoic acid โดย MPHs ของเห็ดหอมมี % relative peak area เท่ากับ 62.21, 3.25, 18.14, 3.27, 1.49, 6.60 และ 5.02 ตามลำดับ ส่วน MPHs ของเห็ดนางรมมี % relative peak area เท่ากับ 75.84, 5.97, 2.67, 1.81, 8.19 และ 5.50 ตามลำดับ (Table 2) ยกเว้น 1, 2, 4-trithiolane ที่พบเฉพาะในเห็ดหอมเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับ Caglarirmak และคณะ (2007) รายงานว่า 1, 2, 4-trithiolane เป็นสารให้กลิ่นรสที่สำคัญพบเฉพาะในเห็ดหอม

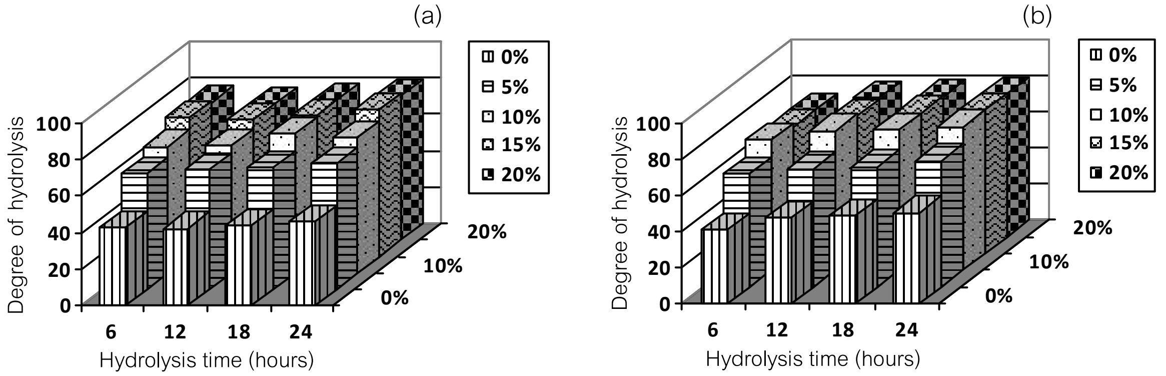


Figure 1 %Degree of hydrolysis (%DH) of shiitake (a) and oyster (b) mushroom protein hydrolysate at concentration of enzyme: 0, 5, 10, 15 and 20% (%w/w) and hydrolysis time at 6, 12, 18 and 24 hours.

Table 1 %yield, %NaCl, pH and color value of shiitake and oyster mushroom protein hydrolysate at concentration of enzyme: 0, 5, 10, 15 and 20% (%w/w) and hydrolysis time at 6, 12, 18 and 24 hours.

Condition		Shiitake mushroom						Oyster mushroom					
		Yield (%)	NaCl (%)	pH	Color value			Yield (%)	NaCl (%)	pH	Color value		
					L*	a*	b*				L*	a*	b*
0%	6 h.	73.99^{i}	2.20^{f}	5.87	39.9	-0.8	8.4^{cd}	72.42^{f}	2.10^{g}	5.12	40.3	-1.4	6.5^{g}
	12 h.	74.27^{fgh}	2.20^{f}	5.85	40.2	-0.7	8.4^{cd}	72.36^{f}	2.30^{ef}	5.20	40.5	-1.3	6.6^{efg}
	18 h.	74.55^{fgh}	2.20^{f}	6.07	40.1	-0.8	8.3^{d}	72.11^{f}	2.20^{f}	5.30	40.4	-1.4	6.5^{g}
	24 h.	75.11^{fg}	2.40^{e}	5.89	40.3	-0.8	8.5^{cd}	72.48^{f}	2.40^{e}	5.20	40.2	-1.5	6.6^{efg}
5%	6 h.	74.98^{fg}	2.30^{e}	5.85	40.0	-0.6	8.5^{cd}	73.23^{e}	2.40^{e}	5.31	40.3	-1.4	6.8^{e}
	12 h.	75.33^{f}	2.40^{e}	5.80	40.3	-0.7	8.6^{c}	73.38^{e}	2.40^{e}	5.19	40.2	-1.2	6.7^{ef}
	18 h.	75.87^{f}	2.60^{d}	6.01	40.1	-0.7	8.4^{cd}	73.50^{e}	2.30^{ef}	5.08	40.3	-1.2	6.8^{e}
	24 h.	75.36^{f}	2.60^{d}	5.87	40.2	-0.6	8.5^{c}	74.04^{e}	2.60^{d}	5.22	40.5	-1.3	6.9^{d}
10%	6 h.	76.22^{de}	2.60^{d}	5.81	40.1	-0.5	8.8^{b}	77.97^{abc}	2.60^{d}	5.18	40.6	-1.2	7.3^{ab}
	12 h.	76.31^{de}	3.00^{c}	5.80	40.3	-0.6	8.8^{b}	78.73^{ab}	2.60^{d}	5.20	40.5	-1.3	7.2^{abc}
	18 h.	76.45^{de}	3.00^{c}	6.02	40.2	-0.5	8.6^{c}	78.47^{abc}	3.00^{c}	5.31	40.5	-1.2	7.3^{ab}
	24 h.	76.99^{cd}	3.00^{c}	5.86	40.0	-0.6	8.9^{b}	79.00^{a}	2.90^{bc}	5.15	40.6	-1.1	7.4^{a}
15%	6 h.	76.96^{cd}	3.20^{b}	5.83	40.1	-0.4	9.0^{ab}	77.44^{cd}	3.00^{c}	5.24	40.6	-1.1	7.2^{abc}
	12 h.	78.32^{ab}	3.20^{b}	5.74	40.2	-0.4	9.0^{ab}	78.50^{abc}	3.20^{b}	5.10	40.5	-1.2	7.2^{abc}
	18 h.	78.62^{ab}	3.20^{b}	5.96	40.1	-0.5	9.2^{a}	78.58^{bc}	3.20^{b}	5.08	40.6	-1.2	7.0^{cd}
	24 h.	79.05^{a}	3.40^{a}	5.83	39.9	-0.4	9.2^{a}	78.60^{ab}	3.40^{a}	5.07	40.5	-1.3	7.3^{ab}
20%	6 h.	78.51^{ab}	3.20^{b}	5.72	40.2	-0.4	9.0^{ab}	77.98^{d}	3.30^{ab}	5.34	40.6	-1.2	7.1^{abc}
	12 h.	77.95^{ab}	3.40^{a}	5.72	40.1	-0.5	9.1^{ab}	77.85^{cd}	3.40^{a}	5.27	40.4	-1.3	7.0^{cd}
	18 h.	78.74^{ab}	3.40^{a}	5.92	40.0	-0.4	8.9^{b}	78.76^{ab}	3.40^{a}	5.24	40.4	-1.4	7.3^{ab}
	24 h.	77.76^{bc}	3.40^{a}	5.84	40.2	-0.5	8.8^{b}	78.96^{ab}	3.40^{a}	5.25	40.2	-1.3	7.2^{abc}
F-test		*	*	NS	NS	NS	*	*	*	NS	NS	NS	*
(%)C.V.		0.700	1.67	0.51	0.26	-27.5	0.87	0.40	1.59	0.73	1.58	-9.44	1.39

NS mean in the same column are not significant difference ($p > 0.05$)

* mean the letters in the same column are significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 2 Volatile compounds in oyster and shiitake mushroom protein hydrolysate at concentration of enzyme 10 and15 % (%w/w), respectively and hydrolysis time at 24 hours.

Peak	Volatile compound	R.I.	Relative peak area (%)		Odor description
			shiitake	oyster	
1	benzaldehyde	915	62.21	75.84	almond
2	2-heptenal	1061	3.25	5.97	green
3	1,2,4-trithiolane	1118	18.14	-	-
4	3-octanone	1372	3.27	2.67	mushroom, oily
5	2-undecenal	1455	1.49	1.81	sweet
6	2-dodecenal	1556	6.60	8.19	oily
7	pentanoic acid	1594	5.02	5.52	green, fresh

R.I.- relative index

สรุปผล

การย่อยสลายเห็ดนางรมและเห็ดหอมด้วยเอนไซม์โบรมิเลนเข้มข้นร้อยละ 10 และ ร้อยละ 15 (%w/w) ตามลำดับ ที่เวลา 24 ชั่วโมง เป็นภาวะที่ดีที่สุด โดยโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดทั้งสองชนิดมี % DH, % NaCl ค่าสี สารหอมระเหยให้กลิ่นรสแบบ almond, green, mushroom, oily, sweet และ fresh และสามารถนำไปพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ โครงการสร้างภาคีบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Cadwallader, K.R. and Wu, G., 2002, Characterization of the Aroma of a Meatlike Process Flavoring from Soybean Based Enzyme-Hydrolyzed Vegetable Protein, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 2900-2907.

Caglarirmak, N., 2007, The Nutrient of Exotic Mushroom (*Lentinula edodes* and *Pleurotus* species) and an Estimated Approach to the Volatile Compounds, Food Chemistry, 105: 1188-1194.

Galeazzi, M. and Netto, M., 1998, Production and Characterization of Enzymatic Hydrolysate from Soy Protein Isolate, Lebensm Technol, 31: 624-631.

Imm, J.Y. and Lee, C.M., 2009, Production of Seafood from Red Hake (*Urophycis chuss*) by Enzymatic Hydrolysis, Journal of Agricultural and Food chemistry, 47: 2360-2366.

คุณสมบัติของข้าวเกรียบ 3 สูตรที่มีส่วนผสมของผงใบหม่อน ผงลูกหม่อน (*Morus alba* L.) หรือผงดักแด้ไหม

Properties of 3 Crispy Crackers with Containing Mulberry Leaves Powder, Mulberry Fruits (*Morus alba* L.) Powder or Pupae Powder

สุชญา โคตรวงษ์[1] จิราภา บุติมาลย์[1] อารียา สุฉันทบุตร[1] อภิญญา แก้วใส[1] และ ศิริพรรณ พลเสน[2]
Khotawong, S.[1], Butiman, C.[1], Suchantabud, A.[1], Kaewsi, A.[1] and Ponsen, S.[2]

Abstract

This research was aimed to study (1) the crispy crackers production which contained of mulberry leaf powder, mulberry fruit powder, and pupae powder (2) color change of crispy crackers sheets at before and after drying or after frying processes (3) nutrient values and (4) satisfactory of 3 formulae crispy crackers. The results found that the color of 3 formulae of crispy crackers at before and after drying processes of mulberry leaves powder were dark green (L = 34 ,a* = 1, b* =16-17), mulberry fruits powder were dark purple (L = 24 , a* = 7, b* =1-4), and pupae powder dark orange (L = 45, a* = 5-6, b* = 21-23). While the sheets of crispy crackers after frying process of mulberry leaves powder was pale green (L = 49, a* = -0.70, b* = 17), mulberry fruits powder was bright purple (L = 39, a* = 7, b* = 8), and pupae powder were bright orange (L = 60, a* = 1, b* = 13), respectively. The nutrient values found in crispy cracker which contained of pupae powder higher than those other formulae which protein, lipid and ash were 2.40%, 0.54%, 1.14%,respectively. With the consumers satisfied of color, odor, size, thickness, form of sheet, flavor, and crispy of all 3 formulae at fair to very satisfied level.

Keywords: mulberry leaves powder, mulberry fruits powder, pupae powder, crispy cracker sheet, nutrient value

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา (1) การผลิตข้าวเกรียบ 3 สูตรที่มีส่วนผสมของ ผงใบหม่อน ผงลูกหม่อน หรือผงดักแด้ไหม (2) สีของแผ่นข้าวเกรียบ ก่อนและหลังอบแห้ง และหลังจากที่ทอดแล้ว (3) คุณค่าทางโภชนาการ และ (4) ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตร ผลการศึกษาพบว่าสีของแผ่นข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตร ก่อนและหลังอบแห้ง มีสีเขียวคล้ำ (L = 34 ,a* = 1, b* =16-17) เมื่อนำไปทอดแผ่นข้าวเกรียบมีสีเขียวอ่อน (L = 49, a* = -0.70, b* = 17) ข้าวเกรียบลูกหม่อนมีสีม่วงเข้ม (L = 24 , a* = 7, b* =1-4) เมื่อทอดมีสีม่วงสว่าง (L = 39, a* = 7, b* = 8) และสีของข้าวเกรียบดักแด้ไหมมีสีเหลืองอิฐ (L = 45, a* = 5-6, b* = 21-23) เมื่อทอดมีสีส้มสว่าง (L = 60, a* = 1, b* = 13) คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบที่มีส่วนผสมของดักแด้ประกอบด้วยเยื่อใย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 0.23%, 2.40%, 0.54%, 1.14% ตามลำดับ สูงกว่าข้าวเกรียบใบหม่อนและลูกหม่อน ยกเว้นความชื้น (5.38%) และค่าความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อลักษณะทางกายภาพต่างๆ ของข้าวเกรียบ ได้แก่ สี กลิ่น ขนาด ความหนา รูปแบบของแผ่น กลิ่น และความกรอบ พบว่ามีความพึงพอใจในระดับปานกลางถึงมากที่สุด

คำสำคัญ: ผงใบหม่อน ผงลูกหม่อน ผงดักแด้ไหม แผ่นข้าวเกรียบ คุณค่าทางโภชนาการ

[1]ศูนย์นวัตกรรมไหม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150
[1]Silk Innovation Center, Maha Sarakham University, Tambol Khamrieng, Amphor Kantarawichai, Maha Sarakham 44150 THAILAND
[2]โครงการจัดตั้งคณะสัตวแพทย์และสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000
[2]Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science Mahasarakham University, Maha Sarakham 44000 THAILAND

บทนำ

หม่อน (*Morus alba* L.) สามารถใช้ประโยชน์ได้เกือบทุกส่วน เช่น ใบใช้เลี้ยงไหม หรือเป็นผักสำหรับมนุษย์ กิ่งอ่อนใช้ทำดอกไม้ประดิษฐ์ เปลือกรากมีคุณสมบัติลดการสร้างสีผิว (ศูนย์นวัตกรรมไหม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2549) ใบหม่อนจึงถือเป็นพืชสมุนไพรหนึ่งที่มีการนำมาทำเป็นชา เพราะใบหม่อนมีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด ช่วยยับยั้งการย่อยแป้งในอาหาร สามารถใช้เป็นเป็นยาสมุนไพรรักษาผู้ป่วยเบาหวาน หรือใช้สำหรับควบคุมน้ำหนัก จากการสกัดใบหม่อนด้วยเอทานอลพบว่ามีความสามารถในการลดความดันโลหิตได้ เพราะในใบหม่อนมีสารสำคัญ เช่น Gamma amino butyric acid (GABA) ที่ช่วยลดความดันเลือดและลดการอักเสบของสมอง และสาร deoxynojirimycin (DNJ) ที่ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด (สถาบันวิจัยหม่อนไหม, 2543) และมีสารอื่นๆ เช่น ฟลาโวนอยด์ ไฟโตสเตียรอล ไตรเทอร์ปีน อัลคาลอยด์ เซราไมด์ และน้ำมันหอมระเหย วิตามินบี และซี (กองบรรณาธิการ, 2549) และมีองค์ประกอบทางโภชนาการดังนี้ คาร์โบไฮเดรต 42.22% โปรตีน 22.60% ไขมัน 4.57% ความชื้น 6.55% และเส้นใยและเถ้า 24.03% (วิโรจน์, 2540) ลูกหม่อนเป็นผลผลิตที่ได้จากการตัดต่ำมีคุณสมบัติลดปริมาตรสมองขาดเลือด ลดความบกพร่องทางการเรียนรู้และความจำ (เทิดไทย และคณะ, 2551) นอกจากนี้ลูกหม่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันโรคสมองเสื่อม (จินตนาภรณ์ และคณะ, 2551) ในต่างปะเทศมีการนำลูกหม่อนมาใช้อย่างกว้างขวาง เช่น ทำเป็นไซรัปเพื่อเพิ่มกลิ่นและสีให้น่ารับประทาน ใส่ในยาระบาย ขับเสมหะ และใช้กลั้วคอลดการอักเสบ ซึ่งในระยะต่างของการสุกของลูกหม่อน จะมีปริมาณเควอซิตินในปริมาณสูง ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดี (วสันต์, 2546)

นอกจากหม่อนแล้วดักแด้ไหมก็มีประโยชน์เช่นกันรายงานของ Mishra และคณะ (2003) พบว่าไหมหม่อน (*Bombyx mori*) มีโปรตีนอยู่ระหว่าง 12-16% ไขมัน 11-20% คาร์โบไฮเดรต 1.2-1.8% ความชื้น 65-70% และเถ้า 0.8-11.4% ตามลำดับ ดักแด้ไหม ประกอบไปด้วย กรดไขมันอิ่มตัว 32.70% และกรดไขมันไม่อิ่มตัว 67.30% ในส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวนี้ มีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย คือกรดไลโนเลอิค (linoleic acid, C18:2) 6.94% และกรดไลโนเลนิค (linolenic acid, C18:3) 28.48% โดยกรดไลโนเลอิคนั้นร่างกายสามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดอะราชิโดนิค (arachidonic acid, C20:4) ด้วยรูปลักษณ์ของดักแด้ที่แปลกตาคล้ายหนอนจึงทำคนส่วนใหญ่ไม่นิยมรับประทาน อย่างไรก็ตามคุณประโยชน์ต่างๆ ของใบหม่อน ลูกหม่อน หรือดักแด้ ทำให้คณะผู้วิจัยนำมาแปรรูปวัตถุดิบดังกล่าวเป็นข้าวเกรียบเป็นขนมที่คนไทยนิยมรับประทานเป็นอาหารว่างมาเป็นเวลาช้านาน เพื่อให้เกษตรกรมีจุดมุ่งหมายอื่นจากกิจกรรมการปลูกหม่อนเลี้ยงไหม นอกเหนือจากการผลิตเป็นผืนผ้าเพื่อจำหน่ายเพียงอย่างเดียว โดย (1) ศึกษาสีของแผ่นข้าวเกรียบ ก่อนและหลังอบแห้งและหลังการนำไปทอด (2) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ และ (3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางกายภาพต่างๆ ของข้าวเกรียบ

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลิตข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตร ได้แก่ ผงใบหม่อน ผงลูกหม่อน หรือผงดักแด้ไหม (วัตถุดิบหม่อนไหม) โดยเลือกใช้วัตถุดิบละ 1 สูตร มีกระบวนการผลิตดังนี้คือ เตรียมส่วนผสมของข้าวเกรียบได้แก่ แป้งมัน เกลือ พริกไทยดำ กระเทียม น้ำผึ้ง ซอสปรุงรส และน้ำร้อน นำส่วนประกอบทั้งหมดคุลกเคล้าให้ผสมกัน และนวดด้วยน้ำร้อนประมาณ 75-80 องศาเซลเซียส นาน 20 - 30 นาที จากนั้นนำไปขึ้นรูปให้เป็นแท่งกลม (แป้งโด) แล้วนำไปนึ่งด้วยหม้อนึ่ง อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส นาน 1.30 - 2 ชั่วโมง แล้วพักแป้งโดให้เย็นโดยการแช่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 5 – 6 ชั่วโมง นำแป้งโดมาหั่นให้เป็นชิ้นบางๆ แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส นาน 20-30 นาที บรรจุหรือเก็บในภาชนะที่แห้งสนิท นำแผ่นข้าวเกรียบไปทอดด้วยน้ำมันพืช ทิ้งให้สะเด็ดน้ำมัน บรรจุในภาชนะพลาสติกปิดฝาขวดให้มิดชิดเพื่อนำไปศึกษาด้านอื่นๆ

นำแผ่นข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตร ที่หั่นเป็นแผ่นบางๆ ก่อนอบหลังอบแห้ง และทอดด้วยน้ำมันพืชไปวัดเทียบสีด้วย เครื่องวัดสี Konica Minolta CR-10 และศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เยื่อใยและเถ้า (AOAC, 1996)

ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตร ต่อคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น ขนาดของแผ่นข้าวเกรียบ ความหนาของแผ่นข้าวเกรียบ ขนาดของแผ่นข้าวเกรียบ รูปแบบของแผ่นข้าวเกรียบ ความกลมกล่อม และความกรอบของแผ่นข้าวเกรียบ โดยสุ่มแบบสะดวกจากกลุ่มตัวอย่าง นิสิต บุคลากร ในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม และชาวบ้านรอบๆ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 100 คน โดยมี ระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ จากน้อยไปหามาก (1=น้อยมาก, 2 น้อย, 3=ปานกลาง, 4=มาก, 5=มากที่สุด และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window เวอร์ชัน 11

ผลการทดลอง

สีของแผ่นข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตร ก่อนและหลังอบแห้ง มีสีเข้มกว่าหลังจากทอด โดยข้าวเกรียบผงใบหม่อน มีสีเขียว ผงลูกหม่อนมีสีม่วง และผงดักแด้ไหมมีสีส้ม คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบที่มีส่วนผสมของผงดักแด้ไหม มีความชื้นต่ำที่สุด คือ 5.38±0.11% อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของเยื่อใย (0.23±0.14%) คาร์โบไฮเดรต (90.54 ±0.46%) โปรตีน (2.40±0.13%) ไขมัน (0.54±0.14%) และเถ้า (1.15±0.41%) มีค่าสูงกว่าข้าวเกรียบผงใบหม่อน และผงลูกหม่อน เมื่อทดทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อลักษณะของข้าวเกรียบ โดยรวมทั้ง 3 สูตร ผงใบหม่อน ผงลูกหม่อน และผงดักแด้ไหม พบว่า โดยรวมผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อ กลิ่น ขนาด ความหนา รูปร่าง รสชาติต่างๆ และความกรอบมากกว่า 70% ยกเว้นสีของข้าวเกรียบที่ผู้บริโภคมีความพึงพอใจ ที่ 64.85%

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

สีของข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตร ก่อนและหลังอบมีสีเข้มออกคล้ำไม่สดใส ความสว่างที่แสดงออกมาจะน้อยกว่าหลังจากการทอดทุกสูตร ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อทอดแผ่นข้าวเกรียบจะขยายขนาดและพองขึ้นประมาณ 1.5-2 เท่า ความกรอบเพิ่มขึ้นทำให้สีของแผ่นข้าวเกรียบมีสีอ่อนลงจากก่อนอบและหลังอบแห้ง เมื่อเทียบกับข้าวเกรียบที่ผสมสารเคมีในท้องตลาด โดยทั่วไปมีข้าวเกรียบมากมายหลายชนิดที่ได้รับความสนใจจากผู้บริโภค ได้แก่ ข้าวเกรียบจากพืช เช่น ข้าวเกรียบงาดำ ข้าวเกรียบเปลือกส้มโอ ข้าวเกรียบมะละกอ และข้าวเกรียบสาหร่ายสไปรูไลนา และข้าวเกรียบจากสัตว์ เช่น ข้าวเกรียบปลา ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบเหล่านี้ล้วนเป็นพืชหรือสัตว์ที่มีคุณค่าทางโภชนะ แต่การใช้วัตถุดิบจากหม่อนไหม สามารถสร้างจุดดึงดูดด้วยสีของวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบ นอกจากจะทำให้ข้าวเกรียบน่ารับประทานแล้วยังปลอดภัยต่อผู้บริโภค และยังมีคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตรนี้แตกต่างกัน ทั้งนี้ด้วยองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดนี้มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน โดยธรรมชาติดักแด้ไหมมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าใบหม่อน และลูกหม่อน โดยดักแด้สดจะมีพลังงาน 152 กิโลแคลลอรี ความชื้น 70% โปรตีน 14.7% ไขมัน 8.3 และคาร์โบไฮเดรต 4.7% ตามลำดับ (นันทยา และคณะ, 2549) ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในคุณลักษณะต่างๆ ทั้งกายภาพของข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตรโดยรวมในระดับดีถึงดีมาก ทั้งนี้การใช้วัตถุดิบใบหม่อน ลูกหม่อน และดักแด้ไหมจึงทำให้ข้าวเกรียบมีความหลากหลายทั้งสีสัน รสชาติ และคุณค่าทางอาหารแตกต่างกัน จึงเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคที่มีปัญหาเรื่องการควบคุมน้ำหนัก หรือผู้ที่มีปัญหาเรื่องความดันเลือด หรือเบาหวาน สามารถเลือกรับประทานข้าวเกรียบที่มีส่วนผสมของใบหม่อน ลูกหม่อน เพื่อควบคุมปัจจัยเสี่ยงจากโรคได้

เอกสารอ้างอิง

กองบรรณาธิการ, 2549, Herbal Plant of the Year 2006: Mulberry, สมุนไพรเพื่อสุขภาพ, 6(69): 90-93.

จินตนาภรณ์ วัฒนธร วิภาวี บุญกว้าง สุภาพร มัชฌิมะปุระ วิโรจน์ แก้วเรือง สถาพร วงศ์เจริญวนกิจ และธเนศ จันทน์เทศ, 2551, ศักยภาพของผลหม่อนในการป้องกันและลดการทำลายของเซลล์ประสาทและความบกพร่องของความจำใน Alzheimer's Disease, รายงานประจำปี 2551, สถาบันหม่อนไหมแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติฯ, สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เทิดไทย ทองอุ่น ปรัชญา แก้วแก่น จินตนาภรณ์ วัฒนธร สุภาพร มัชฌิมะปุระ วิภาวี บุญกว้าง วิโรจน์ แก้วเรือง ธเนศ จันทน์เทศ และสถาพร วงศ์เจริญวนกิจ, 2551, ศักยภาพของผลหม่อนในการป้องกันการตายของเซลล์ประสาทที่เหนี่ยวนำโดยภาวะสมองขาดเลือดในโรคหลอดเลือดสมอง, รายงานประจำปี 2551, สถาบันหม่อนไหมแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติฯ, สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นันทยา จงใจเทศ พิมพร วัชรางค์กุล ปิยนันท์ เผ่ามวง เพ็ญโพยม ประภาศิริ, 2549, คุณภาพโปรตีนและไขมันของแมลงกินที่กินได้, กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข [สืบค้น], http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/view. php?group=&id=120.

วสันต์ นุ้ยภิรมย์, 2546, หม่อนรับประทานผลและการแปรรูป, สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิโรจน์ แก้วเรือง, 2540, หม่อน และไหม พืชและสัตว์สารพัดประโยชน์, สถาบันวิจัยหม่อนไหมกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สถาบันวิจัยหม่อนไหม, 2543, ชาหม่อน, สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ศูนย์นวัตกรรมไหม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2549, การวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากโปรตีนไหม, รายงานฉบับสมบูรณ์ งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2549 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

AOAC., 1996, Official Methods of Analysis, 16^{th} Edition, Association of Analytical Chemists Washington, DC., 1588 p.

Mishra, N., Hazarika, C., Narain., and Mahanta, J., 2003, Nutritive Value of Non-mulberry and Mulberry Silkworm Pupae and Consumption Pattern in Assam, India, Nutrition Research, 23: 1303-1311.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 109-112 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 109-112 (2552)

การศึกษาเทคนิคทำแห้งต่อคุณสมบัติฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน

The Study of Drying Technique on Properties of Chitosan Rice Starch Film

จุฑาลักษณ์ จารุจุฑารัตน์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] รัชฎาวรรณ นิ่มนวล[1] และ สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง[3]

Jarujutarat, J.[1], Kerdchoechuen, O.[2], Laohakunjit, N.[2], Nimnaul, R.[1] and Pratheepthinthong, S.[3]

Abstract

This research was aimed to studying drying technique on chitosan rice starch film by using water bath and hot air oven at 60, 75 and 90°C. Physical properties of rice film; tensile strength (TS), elongation (E), moisture content (MC), water solubility index: (WSI) and water vapor transmission rate: (WVTR) were monitored. Results showed that low temperature at 60°C by water bath affected on the highest TS, MC and WSI at 252.57 kPa, 11.67, and 11.55, respectively. These properties decreased when film was subject by water bath at the high temperature at 75°C and 90°C. However E value of the film was greatest when it was subjected by water bath at 75°C (12.38%). It was also found that TS, MC, and WSI of the film dried by hot air oven at 60°C resulted in the highest values at 183.95 kPa, 10.938 and 18.59, ,respectively. The E value of film subject by hot air oven at 75°C had the highest value at 16.69%.

Keywords: drying technique, rice starch, tensile strength (TS), elongation (E)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาเทคนิคการทำแห้งที่ส่งผลต่อคุณสมบัติฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน โดยเทคนิคการทำแห้งเป็นการใช้ water bath และ hot air oven อุณหภูมิ 60°C, 75°C และ 90°C และศึกษาสมบัติของแผ่นฟิล์ม ได้แก่ แรงต้านทานการดึงขาด (tensile strength: TS) การยืดตัว (elongation: E) ปริมาณความชื้น (moisture content: MC) การละลายน้ำ (water solubility index: WSI) และอัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmittion rate: WVTR) ผลการศึกษา พบว่าการใช้ water bath อุณหภูมิ 60°C ในการทำแห้งทำให้ค่า TS, MC และ WSI สูงสุด เท่ากับ 252.57 kPa, 11.67, และ 11.55 ตามลำดับ และค่าเหล่านี้ลดลงเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น (75°C และ 90°C) สำหรับค่า E มีค่าสูงที่สุดเมื่อทำแห้งโดยใช้ water bath ที่อุณหภูมิ 75°C (12.38%) ส่วนการทำแห้งโดยใช้ hot air oven อุณหภูมิ 60°C พบว่าค่า TS, MC และ WSI สูงสุด คือ 183.95 kPa 10.94 และ 18.59 ตามลำดับ แต่ค่า E สูงสุดเมื่อใช้อุณหภูมิ 75°C เท่ากับ 16.69%

คำสำคัญ: เทคนิคการทำแห้ง ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า แรงต้านทานการดึงขาด ค่าการยืดตัว

คำนำ

ปัจจุบันการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านบรรจุภัณฑ์อาหารได้มีการพัฒนาเพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์สามารถยืดอายุการเก็บรักษา และห่อหุ้มอาหารให้ปลอดจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งบรรจุภัณฑ์อาหารที่มีการนำมาใช้อย่างมาก คือ ฟิล์มพลาสติก แต่ฟิล์มพลาสติกส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ผู้บริโภคจึงต้องการบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการใช้แป้งในการทำฟิล์มบริโภคได้และสามารถย่อยสลายได้เอง เพื่อรักษาสมดุลของสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะความพยายามผลิตให้คล้ายพลาสติก ซึ่งมีความยืดหยุ่นได้เพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ห่ออาหาร ผู้วิจัยจึงมีการศึกษาฟิล์มบริโภคได้จากสตาร์ซเป็นวัตถุดิบหลัก คือ แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า เนื่องจากมีคุณสมบัติในการทำให้เกิดฟิล์มได้ดี ซึ่งส่วนสำคัญในการเกิดฟิล์มเกิดจากโมเลกุลของอะมิโลสและโมเลกุลของอะมิโลเพคทินในแป้งทำให้เกิดโครงสร้างของฟิล์มที่ดี เกิดเป็นโคร่งร่างตาข่ายเชื่อม

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กทม. 10140

[1]Department of Printing and Packaging Technology, Faculty of Industrial Technology Education, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha U-tit Rd., Bangmod, Thungkru, Bangkok 10140

[2]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150

[2]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8 Tientalya Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

[3]ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900

[3]Packaging Center of Thailand, Science and Technology Research Institute of Thailand, Jatujak, Bangkok 10900

โมเลกุลแป้งเข้าด้วยกันและต่อเนื่องกัน ทำให้เกิดฟิล์มมีความแข็งแรงมากขึ้น จากการศึกษาพบว่าทั้งแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้ามีคุณสมบัติในการเกิดฟิล์มได้ แต่การใช้แป้งเพียงอย่างเดียวทำให้ฟิล์มที่ได้เปราะ ขาดความคงทนในการเก็บรักษาและมีการทนทานน้ำไม่ดี (Wu และ Zhang, 2002) ทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานจึงมีการปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของฟิล์มโดยเติมพลาสติไซเซอร์เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นยืดหยุ่น (Rindlav-Wrestling และคณะ, 1998) หรือผสมแป้งกับสารอื่น เช่น ไคโตแซน (Bangyekan และคณะ, 2006)

การขึ้นรูปฟิล์มบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ (biodegradable packaging) ต้องอาศัยกระบวนการทำแห้ง (drying processes) โดยวิธีที่นิยมใช้กัน คือ การใช้ไอน้ำร้อนจากอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิคงที่ 65°C ใช้เวลา 11–13 ชั่วโมง วิธีการดังกล่าวนี้นอกจากใช้เวลามากแล้วยังผลิตได้ครั้งละไม่มากในการขึ้นรูปฟิล์ม (กนกกร, 2550) ดังนั้น จึงมีการเปรียบเทียบเทคนิคการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน (hot air dryer) ซึ่งการศึกษานี้มุ่งเน้นพัฒนากระบวนการทำแห้ง (drying processes) ในบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาจากฟิล์มแป้งผสมไคโตซาน (ประยุกต์โดย กนกกร, 2550) สำหรับผลไม้ (สด) พร้อมบริโภคเพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมฟิล์มแป้งข้าวเจ้า (rice starch) ผสมไคโตแซน โดยการนำแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (แป้ง 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร) ต้มแป้งจนสุกบน hot plate ให้มีลักษณะเหนียวข้นและมีความหนืด ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 10 นาที เติมสารละลายซอร์บิทอลร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ลงไปในเจลแป้ง (Laohakunjit และ Noomhorm, 2004) เพื่อทำหน้าที่เป็นสารพลาสติไซเซอร์ กวนสารให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันและนำไปไล่ฟองอากาศออกด้วยเครื่อง sonicator จากนั้นผสมกับสารละลายไคโตแซนเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v) ที่ละลายในกรด acetic ในอัตราส่วนแป้งต่อไคโตแซน 1:1 กวนให้เข้ากัน ขึ้นรูปฟิล์มโดยเทลงบน acrylic plates ที่ปรับระดับความหนาของแผ่นฟิล์ม 1 มิลลิเมตร ใช้เทคนิคการทำแห้งโดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 60°C, 75°C และ 90°C เป็นเวลา 6, 5, 4 ชั่วโมง ตามลำดับ และตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60°C, 75°C และ 90°C เป็นเวลา 3, 2, 1 ชั่วโมงวิเคราะห์สมบัติทางกลของฟิล์มแป้งข้าวเจ้า ได้แก่ ความชื้น (moisture content) (moisture analyzer) ความหนา (thickness) การต้านทานแรงดึงขาด (tensile Strength) และการยืดตัว (elongation) (ASTM, 1989) การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission) (ASTM E96-80, 1995) การละลายน้ำ (WSI) (AACC method 56-20) โดยวางแผนการทดลองแบบ 2×3 factorial in RCBD (randomized complete block design) ทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ SAS Program (1997)

ผลการทดลอง

การศึกษาฟิล์มแป้งข้าวเจ้าที่ขึ้นรูปฟิล์มด้วยเทคนิคการทำแห้ง water bath และ hot air oven ใช้อุณหภูมิที่ต่ำที่สุด คือ 60°C ในการขึ้นรูปฟิล์ม ทำให้มีค่าแรงต้านทานการดึงขาดสูงที่สุด คือ 252.57 และ 183.95 kPa ตามลำดับ เมื่อใช้อุณหภูมิที่ 75°C ทำให้มีค่าการยืดตัวสูงที่สุด คือ ร้อยละ 12.28 และ 16.69 ตามลำดับ เมื่อใช้อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดในการทำแห้งแผ่นฟิล์มจะมีค่าสูงที่สุด คือ ร้อยละ 11.67 และ 10.94 ตามลำดับ และส่วนค่าการละลายน้ำที่ใช้เทคนิค water bath ที่ 60°C มีค่าสูงที่สุด คือ 11.55 และเทคนิค hot air oven ที่ 90°C มีค่า 18.66 % ตามลำดับ ส่วนแผ่นฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยเทคนิค water bath จะมีค่าค่าการซึมผ่านของไอน้ำแผ่นฟิล์มสูงกว่าแผ่นฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยเทคนิค hot air oven (รายละเอียดตาม Table 1 และ Figure 1)

Table 1 Effect of drying technique on tensile strength, elongation, moisture content, water solubility index, water vapor transmission rate of cassava starch and rice starch film.

Type	Drying Technique	Temperature (°C)	Tensile strength (kPa)	Elongation (%)	Moisture Content (% L)	Water solubility index (WSI)	WVTR
Rice	Water bath	60	252.57[a]	8.55[cd]	11.67[a]	11.55[c]	4.20[a]
		75	151.39[c]	12.38[b]	9.03[bc]	7.83[d]	4.32[a]
		90	133.43[d]	10.38[bc]	7.88[c]	7.09[d]	4.32[a]
	Oven	60	183.95[b]	6.90[c]	10.94[ab]	18.59[a]	3.33[c]
		75	177.20[b]	16.69[a]	7.94[c]	14.52[b]	3.79[b]
		90	156.09[c]	9.82[c]	7.06[c]	18.66[a]	3.65[bc]
F-test			**	**	**	**	**
C.V.(%)			5.48	15.51	17.94	11.89	5.98
LSD			14.32	2.49	2.42	2.30	0.35

[a, b, c] Different superscripts in the same column indicated that means were significantly different ($p<0.05$)

60°C 75 °C 90°C 60 °C 75 °C 90°C

(a) Rice starch + Water bath (b) Rice starch + Oven

Figure 1 Appearance of rice starch film at different temperatures and drying techniques.

วิจารณ์ผล

แผ่นฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีความขุ่น โปร่งแสง และมีด้านหนึ่งเรียบมันวาว ส่วนอีกด้านหนึ่งไม่มันวาว เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้าที่มีรูปแบบการพองตัว 2 ขั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่ต่างกัน คือ พันธะบริเวณผลึกและบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้ง มีกำลังการพองตัวและการละลายต่ำ เนื่องจากมีปริมาณอะมิโลสสูง ซึ่งอะมิโลสทำให้โครงสร้างที่เป็นร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้การพองตัวได้ต่ำ (Arvanitoyannis และคณะ, 1999) ดังนั้นฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีการละลายน้ำร้อยละ 16 (Laohakunjit และ Noomhorm, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Laohakunjit (2004) พบว่าฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีผิวหน้าที่ไม่เรียบ เมื่อเติม plasticizer มีผลให้ฟิล์มมีผิวเรียบ ยืดหยุ่น และละลายน้ำเพิ่มขึ้น เพราะ plasticizer แทรกตัวและยึดจับกับโมเลกุลของแป้ง เป็นผลทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของ พลาสติไซเซอร์กับสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้เคียงกันอ่อนตัวลงจนเกิดโครงสร้างของโมเลกุลที่ยืดหยุ่น ลดความเปราะและเพิ่มการซึมผ่านของฟิล์ม การเติมไคโตแซนความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่ละลายในกรด acetic ทำให้ฟิล์มแป้งมีการต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวสูง เนื่องจากไคโตแซนที่ใช้กรด acetic เป็นตัวทำละลายเกิดปฏิกิริยาระหว่างกันทำให้โครงสร้างของฟิล์มมีความแข็งแรงมากกว่าการใช้กรดชนิดอื่น (Rhim และคณะ, 1998; Khan และคณะ, 2000; Park และคณะ, 2002; Nadarajah, 2005) ซึ่งการต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวของฟิล์มมีค่าผกผันกัน เมื่อการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มเพิ่มขึ้น การยืดตัวของฟิล์มมีค่าลดลง (Laohakunjit และ Noomhorm, 2004;) และทำให้มีคุณสมบัติด้านการซึมผ่านไอน้ำต่ำ เนื่องจากไคโตแซนมีสมบัติในการซึมผ่านไอน้ำต่ำ และปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของแป้งและไคโตแซนมีผลทำให้ฟิล์มมีการซึมผ่านไอน้ำลดลง (Xu และคณะ, 2005; Bangyekan และคณะ, 2006) คุณสมบัติด้านการละลายน้ำนั้น ฟิล์มแป้งที่ได้จากพืชหัวและส่วนรากพืช ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่งละลายน้ำได้ดีกว่าฟิล์มจากแป้งธัญชาติ เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด (Whistler และคณะ, 1984)

สรุปผล

จากการศึกษาเทคนิคทำแห้งต่อคุณสมบัติฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน พบว่าแผ่นฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิที่ต่ำ ทำให้การต้านทานการดึงขาดและค่าการยืดตัวสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากเกินไปทำให้การต้านทานการดึงขาดและการยืดตัวลดลง ส่วนปริมาณความชื้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูง ทำให้มีความชื้นในแผ่นฟิล์มลดลง ฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีอัตราการละลายน้ำสูงตามคุณสมบัติของแป้ง โดยที่แผ่นฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยเทคนิค hot air oven ที่อุณหภูมิ 60°C มีค่าแรงต้านทานการดึงขาด ค่าปริมาณความชื้นของฟิล์มและการละลายน้ำสูงที่สุด แต่มีค่าการยืดตัวต่ำที่สุด และแผ่นฟิล์มจากแป้งข้าวเจ้าที่ขึ้นรูปด้วยเทคนิค water bath ที่อุณหภูมิ 60°C มีค่าแรงต้านทานการดึงขาดและค่าปริมาณความชื้นของฟิล์มสูงที่สุด แต่ค่าการยืดตัวและการละลายน้ำอยู่ในระดับปานกลาง และฟิล์มแป้งข้าวเจ้าที่ขึ้นรูปด้วยเทคนิค water bath ทุกอุณหภูมิที่ทำการทดลองมีค่าสมบัติทางกลมากกว่าการขึ้นรูปด้วยเทคนิค hot air oven

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ในโครงการการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอกระหว่างสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) กับสถาบันการศึกษา ที่สนับสนุนทุนการวิจัยวิทยานิพนธ์

เอกสารอ้างอิง

กนกกร ศรีอนันต์, 2550, การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่บริโภคได้จากแป้งผสมไคโตแซนสำหรับทุเรียนพร้อมบริโภค, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 203 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.

Bangyekan, C., Aht-Ong, D., and Srikulkit, K., 2006, Preparation and Properties Evaluation of Chitosan-coated Cassava Starch Films. Carbohydrate Polymers, 63(1): 61-71.

Khan, T. A., Peh, K. K. and Cheng, H. S., 2000, Mechanical Bioadhesive Strength and Biological Evaluations of Chitosan Films for Wound Dressing, Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 3(3): 303-11.

Laohakunjit, N. and Noomhorm, A., 2004, Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch film, Starch/Starke, 56(8): 348-356.

Nadarajah, K., 2005, Development and Characterization of Antimicrobial Edible Films from Crawfish Chitosan, A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, 152 p.

Park, S. Y., Marsh, K. S. and Rhim, J. W., 2002, Characteristics of Different Molecular Weight Chitosan Films Affected by the Type of Organic Solvents, Journal of Food Science, 67(1): 194-7.

Rhim, J. W., Weller, C. L. and Ham, K. S., 1998, Characteristics of Chitosan Films as Affected by Type of Solvent Acid, Journal of Food Science and Biotechnology, 7(4): 263-8.

Rindlav-Westling, A., Stading, M., Hermansson, A.M., and Gatenholm, P., 1998, Structure, Mechanical and Barrier Properties of Amylose and Amylopectin Films. Carbohydrate Polymers, 36(2): 217–224.

Whistler, R.L., Bemiller, J.N. and Paschall, 1984, History and Future Expectation of Starch Use, Starch Chemistry and Technology, Academic Press, San Francisco, p. 1–9.

Wu, Y., Weller, L.C., Hamouz, F., Cuppett, S.L. and Schnepf, M., 2002, Multicomponent Edible Coatings and Films, In Advances in Food and Nutrition Research, Taylor, S.L. (Ed.), Academic Press an Elsevier Science Imprint, 449p.

Xu, Y.X., Kim, K.M., Hanna, M.A. and Nag, D., 2005, Chitosan-starch Composite Film: Preparation and Characterization, Industrial Crops and Products, 21(2): 185-192.

การพัฒนาโฟมจากแป้งมันสำปะหลังโดยการเติมสารเติมแต่ง
Development of Cassava Starch Based Foam by Adding the Agent

ณัติฐพล ไข่แสงศรี[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง[2]
Kaisangsri, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Pratheepthinthong, S.[2]

Abstract

This study was conducted in order to improve quality of foam developed from cassava starch. Additives were used to improve tensile strength, elongation and water resistant property by adding vegetable oil at 0, 10, 20, 30% or polyvinyl alcohol at 0, 5, 10, 15% by starch weight. The additives were blended with starch gel which prepared by heating 80 gm of cassava starch with 100 ml distilled water and mixed with 16 gm of craft fiber. Foam was heated by baking in hot mold technique using baking machine controlled at 250°C for 3 min. Physical properties of starch foam, tensile strength (TS), elongation (E), water absorption index (WAI), and water solubility index (WSI) were monitored. Results showed that oil did not affect on TS and E but its concentration of 20 and 10% resulted in the lowest WAI and WSI at 5.50 and 5.47, respectively. It was also found that polyvinyl alcohol did not effect on E value but it could enhance TS value and decrease WAI and WSI. The WAI and WSI was lowest when starch foam was added with 10% polyvinyl alcohol but WAI and WSI was greater than the usage of additive from vegetable oil.
Keywords: water absorption index (WAI), water solubility index (WSI), kraft fiber, starch based foam

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของโฟมจากแป้งมันสำปะหลังโดยการเติมสารเติมแต่ง (additives) เพื่อเพิ่มความแข็งแรง การยืดหยุ่น และต้านทานน้ำ สารเติมแต่งที่ใช้ คือ น้ำมันพืชร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ polyvinyl alcohol ร้อยละ 0, 5, 10, 15 ของน้ำหนักแป้ง ผสมลงในสารละลายเจลแป้งที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลัง 80 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และผสมเยื่อคราฟท์ร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้ง (หรือ 16 กรัม) จากนั้นขึ้นรูปโดยใช้เทคนิค baking in hot mold ด้วยเครื่อง baking machine ที่อุณหภูมิ 250°C เป็นเวลา 3 นาที วิเคราะห์สมบัติทางกลของโฟมแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ แรงต้านทานการดึงขาด (tensile strength: TS) การยืดตัว (elongation: E) การดูดซึมน้ำ (water absorption index: WAI) และการละลายน้ำ (water solubility index: WSI) ผลการศึกษา พบว่า การเติมน้ำมันไม่มีผลต่อ TS และ E แต่การเติมน้ำมัน โดยเฉพาะน้ำมันร้อยละ 20 และ 10 ส่งผลให้ WAI และ WSI ต่ำสุด เท่ากับ 5.50 และ 5.47 ตามลำดับ สำหรับการเติม polyvinyl alcohol พบว่าไม่มีผลต่อค่า E แต่ทำให้ค่า TS เพิ่มขึ้น และค่า WAI และ WSI ลดลง โดยการเติม polyvinyl alcohol ร้อยละ 10 ค่า WAI และ WSI ต่ำที่สุด แต่ยังมีค่ามากกว่าการเติมสารเติมแต่งที่เป็นน้ำมันพืช
คำสำคัญ: การดูดซึมน้ำ การละลายน้ำ เยื่อคราฟท์ โฟมแป้ง

คำนำ

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่อาหารมักเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วทิ้ง (single-use packaging) ส่วนใหญ่ผลิตมาจาก expanded polystyrene (EPS) ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ทำลายสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันมีการพัฒนาวัสดุสำหรับทดแทน EPS จากวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ (renewable resources) (Shogren และคณะ, 2002) รวมทั้งผู้บริโภคมีความต้องการบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ เช่น ฟิล์มที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติที่ผลิตมาจาก lactic acid และ โฟมที่สามารถมารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติจากแป้ง (Davis และ Song, 2005; Shogren และคณะ, 2002) โฟมที่ผลิตจากแป้งสามารถผลิตได้โดยใช้กระบวนการให้ความร้อน ได้แก่ 1) การอบ 2) extrusion และ 3) การใช้ microwave (Svagan, 2006) แต่โฟมที่ผลิตจากแป้งที่ได้มีคุณสมบัติเปราะ ไม่ต้านทานน้ำ (Carr และคณะ, 2006)

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150
[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8 Tientalya Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2]ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900
[2]Packaging Center of Thailand, Science and Technology Research Institute of Thailand, Jatujak, Bangkok 10900

ได้มีรายงานการปรับปรุงคุณสมบัติของโฟมแป้งข้าวโพดที่ผสมเส้นใยจาก aspen fiber พบว่าการเติม aspen fiber ร้อยละ 10-20 สามารถทำให้ความแข็งแรงสูงขึ้น (Shogren และคณะ, 2002) ในปี 2005 Cinelli และคณะได้ศึกษาการเติม polyvinyl alcohol ร่วมกับเส้นใยลงในโฟมแป้งมันฝรั่งพบว่าสามารถลดการดูดซึมน้ำของโฟมแป้งมันฝรั่งได้ Shey และคณะ (2005) ได้รายงานว่าการเติมน้ำยางลาเทกซ์ลงในโฟมจากแป้งสาลีสามารถทำให้ความยืดหยุ่นของโฟมแป้งเพิ่มขึ้น รวมทั้งสามารถป้องกันน้ำได้ดีขึ้น และการเติมโปรตีนจากทานตะวันในถาดโฟมที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังและเส้นใยพบว่าถาดที่ได้การดูดซึมน้ำได้น้อยลง โดยไม่ทำให้แรงต้านทานการดึงขาดและการเปลี่ยนรูปของถาดโฟมเปลี่ยนแปลง (Salgado และคณะ, 2007) แต่การเติมสารเติมแต่งเหล่านี้มีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีการเติมสารเติมแต่ง (additives) ได้แก่ เส้นใย (fiber) น้ำมัน (oil) หรือ polyvinyl alcohol เพื่อเพิ่มความแข็งแรง การยืดหยุ่นและต้านทานน้ำของโฟมแป้งมันสำปะหลัง

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารละลายเจลแป้ง โดยนำแป้งมันสำปะหลัง 80 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และผสมเยื่อคราฟท์ร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้ง (หรือ 16 กรัม) เติมสารเติมแต่งได้แก่ น้ำมันพืชร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ polyvinyl alcohol ร้อยละ 0, 5, 10, 15 ของน้ำหนักแป้ง จากนั้นนำส่วนผสมมาทำให้เข้ากันด้วยเครื่อง homogenizer ด้วยความเร็ว 13,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำส่วนผสม 60 ml ขึ้นรูปโดยใช้เทคนิค baking in hot mold ด้วยเครื่อง baking machine (รุ่น zu-1, Taiwan) ที่อุณหภูมิ 250°C เป็นเวลา 3 นาที วิเคราะห์สมบัติทางกลของโฟมแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ แรงต้านทานการดึงขาด (tensile strength) และการยืดตัว (elongation) (ASTM, 1989) การดูดซึมน้ำ (water absorption index) และการละลายน้ำ (water solubility index) (AACC method 56-20) โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ SAS Program (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาเบื้องต้นการเติมไฟเบอร์ร้อยละ 20 ลงในโฟมแป้งมันสำปะหลังทำให้โฟมแป้งความแข็งแรงสูงที่สุดแต่โฟมแป้งมันสำปะหลังที่ได้มีการต้านทานน้ำต่ำ และจากทดลองการเติมสารเติมแต่งลงในโฟมแป้งมันสำปะหลังพบว่าการเติมน้ำมันลงในโฟมแป้งมันสำปะหลังที่ผสมไฟเบอร์จากเยื่อคราฟท์ร้อยละ 20 มีค่าการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำลดลง โดยการเติมน้ำมันร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 11.86, 6.91, 5.50 และ 5.65 มีค่าการละลายน้ำเท่ากับ 13.03, 5.47, 9.17 และ 9.97 ตามลำดับ (Table 1) ส่วนแรงต้านทานการดึงขาดและการยืดตัวของโฟมแป้งมันสำปะหลังที่ผสมไฟเบอร์จากเยื่อคราฟท์ร้อยละ 20 และเติมน้ำมันพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Shogren และคณะ (2002) ที่พบว่าการเติมน้ำมันพืชสามารถช่วยปรับปรุงการคุณสมบัติทางด้านการต้านทานน้ำของโฟมแป้งได้

การศึกษาการเติม polyvinyl alcohol ลงในโฟมแป้งมันสำปะหลังที่ผสมไฟเบอร์จากเยื่อคราฟท์ร้อยละ 20 มีค่าการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำลดลง ซึ่งการเติม polyvinyl alcohol ร้อยละ 10 มีค่าการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำต่ำที่สุดและเพิ่มขึ้นเมื่อเติม polyvinyl alcohol มากกว่าร้อยละ 10 โดยที่การเติม polyvinyl alcohol ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 11.86, 10.12, 7.29 และ 8.02 มีค่าการละลายน้ำเท่ากับ 13.03, 5.50, 4.07 และ 5.03 ตามลำดับ (Table 2)

สำหรับแรงต้านทานการดึงขาดของโฟมแป้งมันสำปะหลังที่ผสมไฟเบอร์จากเยื่อคราฟท์ร้อยละ 20 และเติม polyvinyl alcohol พบว่ามีค่าแรงต้านทานการดึงขาดเพิ่มขึ้นแต่การยืดตัวไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Cinelli และคณะ (2005) ที่พบว่าการเติม polyvinyl alcohol ร่วมกับเส้นใยลงในโฟมแป้งมันฝรั่งสามารถลดการการดูดซึมน้ำได้

สรุปผล

จากการศึกษาการเติมสารเติมแต่งลงในโฟมแป้งมันสำปะหลังพบว่าการเติมน้ำมันและ polyvinyl alcohol ร้อยละ 10 ลงในโฟมแป้งมันสำปะหลังที่ผสมไฟเบอร์จากเยื่อคราฟท์ร้อยละ 20 มีค่าการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำลดลงต่ำสุด โดยที่ไม่ทำให้แรงต้านท้านการดึงขาดและการยืดตัวลดลง แต่โฟมแป้งมันสำปะหลังมีค่าการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำสูงกว่าโฟมที่ผลิต polystyrene

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท กระดาษสหไทย จำกัด (มหาชน) ที่อนุเคราะห์เยื่อคราฟท์และขอบคุณโครงการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอก ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

AACC method 56-20, 1983. Hydration Capacity of Pregelatinized Cereal Products, In: American Association of Cereal Chemists Approved Methods, Eighth ed, The Association St. Paul, MN, USA.

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, p. 182–189.

Carr, L.G., Parra, D.F., Ponce, P., Lugao, A.B. and Buchler, P.M., 2006, Influence of Fibers on the Mechanical Properties of Cassava Starch Foams, Journal of Environmental Polymer Degradation, 14(2): 179-183.

Cinelli, P., Chiellini, E., Lawton, J.W. and Imam, S.H., 2005, Foamed Articles Based on Potato Starch, Corn Fibers and Polyvinyl Alcohol, Polymer Degradation and Stability, 91(5): 1147-1155.

Davis, G. and Song, J.H., 2005, Biodegradable Packaging Based on Raw Materials from Crops and Their Impact on Waste Management, Industrial Crops and Products, 23(2): 147–161.

Salgado, P.R., Schmidt, V.C., Ortiz, S.E.M., Mauri, A.N. and Laurindo, J.B., 2007, Biodegradable Foams Based on Cassava Starch, Sunflower Proteins and Cellulose Fibers Obtained by a Baking Process, Journal of Food Engineering, 85(3): 435-443.

Shey, J., Imam, S.H., Glenn, G.M. and Orts, W.J., 2005, Properties of Baked Starch Foam with Natural Rubber Latex, Industrial crops and Products, 24(1): 34-40.

Shogren, R.L., Lawton, J.W. and Tiefenbacher, K.F., 2002, Baked Starch Foams: Starch Modifications and Additives Improve Process Parameters, Structure and Properties, Industrial Crops and Products, 16(1): 69-79.

Svagan, A., 2006, Bio-inspired Polysaccharide Nanocomposites and Foams, Master's Degree Thesis, Department of Fiber and Polymer Technology, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Table 1 Effect of oil content on density, tensile strength, elongation, water absorption index and water solubility index of cassava starch foam.

Oil content (%)	Tensile strength (kPa)	Elongation (%)	Water absorption index (WAI)	Water solubility index (WSI)
0	796.35	1.59	11.86^{a}	13.03^{a}
10	823.18	1.53	6.91^{b}	5.47^{d}
20	803.69	1.51	5.50^{c}	9.17^{c}
30	784.71	1.54	5.65^{c}	9.97^{b}
F-test	ns	ns	**	**
C.V. (%)	7.86	19.14	2.34	3.46
LSD	118.72	0.56	0.33	0.61

$^{a, b, c}$ Different superscripts in the same column indicated that means were significantly different ($p<0.05$)

ns mean in the same column are not significant difference ($p > 0.05$)

Table 2 Effect of PVOH content on density, tensile strength, elongation, water absorption index and water solubility index of cassava starch foam.

PVOH content (%)	Tensile strength (kPa)	Elongation (%)	Water absorption index (WAI)	Water solubility index (WSI)
0	796.35^{b}	1.59	11.86^{a}	13.03^{a}
5	814.00^{b}	1.51	10.12^{b}	5.50^{b}
10	868.16^{b}	1.47	7.29^{d}	4.07^{c}
15	985.81^{a}	1.45	8.02^{c}	5.03^{b}
F-test	**	ns	**	**
C.V. (%)	5.74	15.88	2.84	4.40
LSD	93.58	0.45	0.50	0.57

$^{a, b, c}$ Different superscripts in the same column indicated that means were significantly different ($p<0.05$)

ns mean in the same column are not significant difference ($p > 0.05$)

อิทธิพลของน้ำตาลซูโครสต่อการซึมผ่านไอน้ำและคุณสมบัติทางเชิงกลของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง

Effect of sucrose on Water vapor permeability and Mechanical properties of cassava starch film

ภูริสา ทัศวิล[1] **อรพิน เกิดชูชื่น**[1] **และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์**[1]

Tassavil, P.[1], Kerdchoechen, O.[1], and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

The objective of this paper was to study the effect of sucrose on mechanical properties and water vapor permeability of chitosan cassava starch film. Film concentrations of sucrose (0, 10, 20, 30 and 50% by weight of starch), mixed with sorbitol at 0 and 30% (by weight of starch) were used. Films were prepared in order to determination. Results showed that increasing the plasticizer concentration increases the cassava starch films' elongation at break, decreases the tensile strength and the water vapor permeability. Sucrose addition can increase elongation at break up to 2.0 – 7.0 folds but decrease tensile strength resistance down to 16.1 – 65.6%, when compared to the control film (no plasticizer). However, the water vapor permeability of cassava starch film added sucrose was characterized by relatively lower water vapor permeability than starch films added with sorbitol, which the cassava starch film blended with 30% sucrose had the lowest water vapor permeability at 0.0053 g/cm^2/day.

Keywords: edible film, water vapor permeability, mechanical properties, cassava starch

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำตาลซูโครสต่อคุณสมบัติทางเชิงกล และการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซน โดยใช้น้ำตาลซูโครส 5 ความเข้มข้น (0, 10, 20, 30 และ 50% ของน้ำหนักแป้ง) กับซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 0 และ 30% ของน้ำหนักของแป้ง ผลการศึกษาพบว่าฟิล์มแป้งที่เติมพลาสติไซเซอร์ทั้ง 2 ชนิด มีค่าการยืดตัวเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการต้านทานแรงดึงขาดและการซึมผ่านไอน้ำลดลง โดยฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมน้ำตาลซูโครสมีค่าการยืดตัวเพิ่มขึ้นประมาณ 2.0 - 7.0 เท่า และค่าการต้านทานแรงดึงขาดลดลงประมาณ 16.1 – 65.6% เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์ม control (ไม่เติมพลาสติไซเซอร์) สำหรับอัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังลดลงเมื่อเติม พลาสติไซเซอร์ทั้ง 2 ชนิด อย่างไรก็ตามการเติมน้ำตาลซูโครสมีผลทำให้ฟิล์มมีคุณสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีกว่าการเติมซอร์บิทอล ซึ่งฟิล์มแป้งมันสำปะหลังเติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 30% มีการซึมผ่านไอน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 0.0053 g/cm^2/day

คำสำคัญ: ฟิล์มที่บริโภคได้ การซึมผ่านของไอน้ำ คุณสมบัติทางเชิงกล แป้งมันสำปะหลัง

คำนำ

การศึกษาฟิล์มที่บริโภคได้ (edible films) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร กำลังเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากฟิล์มที่บริโภคได้สามารถควบคุมการซึมผ่านของก๊าซและความชื้น เป็นประโยชน์ต่อการดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere) ในผลิตภัณฑ์อาหาร และช่วยในการนำพาวัตถุเจือปนอาหาร เช่น สารต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial) สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) สี (color) กลิ่นรส (flavor) และสารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (nutraceutical) วัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ผลิตฟิล์มได้แก่ ลิปิด โปรตีน และโพลิแซคคาไรด์ เป็นต้น แป้งมันสำปะหลัง (cassava starch) มีสารโพลิเมอร์ธรรมชาติ (natural polymer) สำหรับผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ได้ (Krochta และ Johnston, 1997) รวมทั้งยังมีราคาถูก สามารถผลิตขึ้นได้ใหม่และย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตามฟิล์มแป้งมันสำปะหลังก็มีข้อจำกัดเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มจากปิโตรเลียม เนื่องจากมีคุณสมบัติทางเชิงกลต่ำ (Martin และคณะ, 2001) ทำให้มีต้องปรับปรุงข้อด้อยนี้โดยเติมวัตถุเจือปนอาหาร (Coupland และคณะ, 2000) เช่น น้ำตาลซูโครส (sucrose) เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพ (Arvanito-yannis และคณะ, 1996) การเติมน้ำตาลซูโครสลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังช่วยเพิ่มความยืดตัวของฟิล์มแป้งผสมกัมแซนแทน (Veiga-Santos และคณะ, 2005) และเจลลาติน (Veiga-Santos และคณะ, 2007) สำหรับไคโตแซน (chitosan) เป็นโพลิแซคคาไรด์ได้มาจาก

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

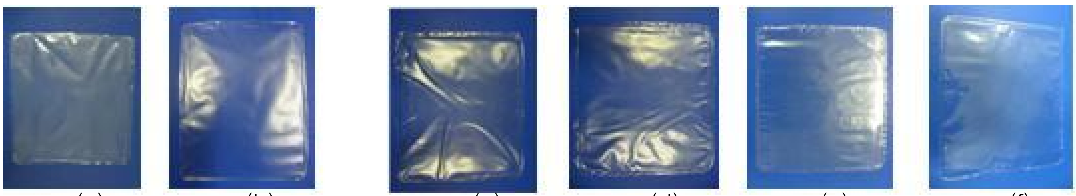
ไคติน (chitin) มีโครงสร้างที่ประกอบด้วย 2-amino-2-deoxy-β-D-glucopyranose เรียงตัวหลายโมเลกุล ไคโตแซนมีคุณสมบัติเป็นสารต้านจุลินทรีย์และสามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ (Khan และคณะ, 2000; No และคณะ, 2007) สารพลาสติไซเซอร์ที่เติมลงในฟิล์ม hydrocolloid ช่วยเพิ่มคุณสมบัติของฟิล์มให้ดีขึ้น รวมทั้งปรับปรุงให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่น (Sothornvit และ Krochta, 2001) งานทดลองนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของพลาสติไซเซอร์ (น้ำตาลซูโครส) ต่อการซึมผ่านของไอน้ำและคุณสมบัติทางเชิงกลของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมฟิล์มที่บริโภคได้: ฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 5% โดยน้ำหนัก ละลายในน้ำ แล้วให้ความร้อน เติมพลาสติไซเซอร์ได้แก่ สารซอร์บิทอล 0 และ 30% และน้ำตาลซูโครส (0, 10, 20, 30 และ 50% โดยน้ำหนักของแป้ง) แล้วผสมไคโตแซน 2% โดยน้ำหนัก (ละลายในสารละลายกรดอะซิตริก 1%) นำสารละลายฟิล์มในอัตราส่วนสารละลายแป้งผสมพลาสติไซเซอร์ต่อสารละลายไคโตแซนเท่ากับ 1:1 จากนั้นขึ้นรูปฟิล์ม และนำแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซนมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังนี้ คือ ความหนาของฟิล์ม โดยใช้ micrometer (Fisher Scienific, Pittsburgh, PA) การต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength: TS) และ การยืดตัว (elongation: E) ทดสอบโดยเครื่อง Instron Universal Testing Machine Model 1000 (ASTM standard D-882, 1964) การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability: WVTR) โดยใช้ ASTM E96-80 (1990)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซนที่เติมซอร์บิทอล 0 และ 30% และเติมน้ำตาลซูโครส 0, 10, 20, 30 และ 50% ที่ขึ้นรูปเป็นแผ่นมีความใส โปร่งแสง เป็นมันวาว เรียบเป็นเนื้อเดียวกัน มีความยืดหยุ่นสามารถโค้งงอได้ (Figure 1) โดยแผ่นฟิล์มแป้งผสมไคโตแซนทั้ง 6 ชนิด มีความหนาใกล้เคียงกันโดยเฉลี่ยประมาณ 0.072 – 0.076 (± 0.001) มิลลิเมตร (Table 1)



(a) (b) (c) (d) (e) (f)

Figure 1 Illustrative picture of cassava starch-chitosan films blend with various plasticizers: (a) no-plasticizer, (b) 30% sorbitol, (c) 10% sucrose, (d) 20% sucrose, (e) 30% sucrose and (f) 50% sucrose

เมื่อนำแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซนที่เติมซอร์บิทอลและน้ำตาลซูโครส มาวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลคือ การต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวของฟิล์มแป้งผสมไคโตแซนพบว่า การต้านทานแรงดึงขาดลดลง ส่วนการยืดตัวเพิ่มขึ้น เมื่อเติมสารพลาสติไซเซอร์ (ซอร์บิทอล และน้ำตาลซูโครส) ลงในส่วนผสมของฟิล์มแป้งจาก Table 1 ฟิล์มแป้งที่ไม่เติมพลาสติไซเซอร์มีค่าการต้านทานแรงดึงขาด และการยืดตัวเท่ากับ 425.86 kgf/cm^2 และ 5.98% ตามลำดับ เนื่องมาจากอะมิโลส (amylose) ที่มีคุณสมบัติและมีความสามารถในการขึ้นรูปฟิล์มได้ของฟิล์มแป้ง เมื่อไม่มีพลาสติไซเซอร์ ฟิล์มที่ได้จากแป้งหรืออะมิโลสจะแตกเปราะได้ง่าย (Koskinen และคณะ, 1996) ในการเติมสารพลาสติไซเซอร์ลงในฟิล์มที่บริโภคได้เป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อทำให้ฟิล์มมีคุณสมบัติที่ไม่แตกเปราะที่เกิดจากแรงยึดเกาะกันภายในโมเลกุล โดยพลาสติไซเซอร์เข้าไปลดแรงยึดเกาะกันภายในโมเลกุลลง ด้วยวิธีนี้จึงช่วยปรับปรุงคุณภาพของฟิล์มให้มีความสามารถในการโค้งงอและยืดตัวได้ (Forssell และคณะ, 2002; Gontard และคณะ, 1993; Koskinen และคณะ, 1996) เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในปริมาณต่างๆ (10, 20, 30 และ 50%) พบว่าการเติมน้ำตาลซูโครสในความเข้มข้นที่สูงขึ้น จะส่งผลทำให้ฟิล์มมีการยืดตัวเพิ่มขึ้น (11.74, 15.58, 21.92 และ 36.18% ตามลำดับ) โดยเฉพาะที่น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 50% ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซนมีอัตราการยืดตัวเพิ่มขึ้นถึง 7.0 เท่า เมื่อเทียบกับฟิล์ม control (ไม่เติมพลาสติไซเซอร์) เช่นเดียวกับการทดลอง Veiga-Santos และคณะ (2007) ที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นพลาสติไซเซอร์ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเจลลาติน พบว่าการเติมน้ำตาลซูโครสสามารถเพิ่มการยืดตัวของฟิล์มได้ถึง 2,794% เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์ม control สอดคล้องกับ Coupland และคณะ (2000) ที่กล่าวว่าสารพลาสติไซเซอร์ลดแรงยึดเกาะภายในโมเลกุล และเพิ่มการเปลี่ยนแปลงสายโพลิเมอร์ ส่งผลให้ฟิล์มยืดหยุ่นและโค้งงอได้ ดังนั้นจากผลการทดลองสามารถชี้ให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของพลาสติไซเซอร์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การ

ยืดตัวของฟิล์มแป้งเพิ่มขึ้น ดังนั้นน้ำตาลซูโครสจึงแสดงคุณสมบัติการเป็น plasticizing ต่อฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง แต่ฟิล์มแป้งที่เติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นต่างๆ กัน ทำให้ค่าการยืดตัวต่ำกว่าฟิล์มแป้งเติมซอร์บิทอล (45.68%) ส่วนการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มลดลง เมื่อเติมน้ำตาลซูโครสในปริมาณที่เพิ่มขึ้น (Table 1) โดยฟิล์มแป้งเติมน้ำตาลซูโครส 50% มีค่าแรงต้านทานแรงดึงขาดต่ำที่สุด (146.14 kfg/cm^2) สอดคล้องกับ Coupland และคณะ (2000) เมื่อปริมาณพลาสติไซเซอร์เพิ่มขึ้นเป็นผลให้แรงต้านทานการดึงขาดต่ำลง ซึ่งใช้สามารถอธิบายการลดลงการต้านทางแรงดึงขาด เมื่อเติมน้ำตาลซูโครส (Arvanitoyannis และคณะ, 1996) โพรพีลีนไกลคอล (propylene glycol) (Kim และคณะ, 2002) และน้ำมันถั่วเหลือง (Garcia และคณะ, 2000) และเมื่อนำฟิล์มแป้งเติมพลาสติไซเซอร์ทั้ง 2 ชนิดมาเปรียบเทียบกัน พบว่าฟิล์มแป้งเติมซอร์บิทอลมีความต้านทานแรงดึงขาดน้อยกว่าฟิล์มแป้งที่เติมน้ำตาลซูโครส

Table 1 Thickness, tensile strength, elongation and water vapor transmission rate of cassava starch-chitosan with or without plasticizer films

Plasticizer	Thickness (mm)	Tensile strength (kgf/cm^2)	Elongation (%)	Water vapor transmission rate (g/cm^2/day)
No plasticizer	0.072 ± 0.002	425.86 ± 5.00	5.98 ± 0.25	0.0272 ± 0.0008
10% sucrose	0.074 ± 0.002	356.84 ± 2.66	11.74 ± 1.15	0.0090 ± 0.0001
20% sucrose	0.074 ± 0.001	284.54 ± 2.96	15.58 ± 0.17	0.0080 ± 0.0011
30% sucrose	0.075 ± 0.004	235.92 ± 4.08	21.92 ± 2.09	0.0053 ± 0.0005
50% sucrose	0.076 ± 0.002	146.14 ± 3.56	36.18 ± 0.83	0.0074 ± 0.0003
30% sorbitol	0.073 ± 0.003	87.81 ± 1.56	45.68 ± 2.06	0.0134 ± 0.0003

ส่วนอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มผสมที่เติมซอร์บิทอลและน้ำตาลซูโครส (Table1) พบว่าฟิล์มแป้งที่เติมพลาสติไซเซอร์จะมีอัตราการซึมผ่านน้อยกว่าฟิล์ม control (ไม่เติมพลาสติไซเซอร์) สอดคล้องกับ Olivas และ Barbosa-Canovas (2008) ที่เติมซอร์บิทอล และน้ำตาลฟรุคโตส (fructose) ลงในฟิล์มที่บริโภคได้ ปรากฏว่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำต่ำกว่าฟิล์มที่ไม่เติมพลาสติไซเซอร์ เป็นผลมาจากการเติมพลาสติไซเซอร์ลงในฟิล์มช่วยเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของฟิล์ม โดยการลดและเปลี่ยนแปลงพันธะภายในโมเลกุลระหว่างสายโพลิเมอร์ ที่เป็นสาเหตุทำให้การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้น (Guilbert และ Biquet, 1996) และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างฟิล์มแป้งที่เติมพลาสติไซเซอร์ พบว่าฟิล์มแป้งเติมน้ำตาลซูโครสมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำต่ำกว่าฟิล์มแป้งเติมซอร์บิทอล (0.0134 g/cm^2/day) โดยฟิล์มแป้งที่เติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 30% มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 0.0053 g/cm^2/day เช่นเดียวกับการทดลองของ Parra และคณะ (2004) ที่เติมกลีเซอรอล (glycerol) ลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พบว่าปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำลดลง แต่ถ้าเติมพลาสติไซเซอร์ในความเข้มข้นที่สูงเกินไปก็จะส่งผลทำให้การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้นได้ เช่นเดียวกับการทดลองนี้คือฟิล์มแป้งเติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 50%มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำสูงกว่าฟิล์มแป้งเติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 30% ถึง 0.0021 g/cm^2/day

สรุปผล

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเติมซอร์บิทอล และน้ำตาลซูโครสเป็นพลาสติไซเซอร์ เป็นผลทำให้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซนมีการยืดตัวเพิ่มขึ้น ส่วนการต้านทานแรงดึงขาดลดลง อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่สูงขึ้นจะส่งผลดีต่อคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์ม สำหรับอัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มแป้งลดลงเมื่อเติมพลาสติไซเซอร์ โดยฟิล์มแป้งเติมน้ำตาลซูโครสมีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านไอน้ำดีกว่าฟิล์มแป้งเติมซอร์บิทอล แต่ถ้าเติมในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลทำให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้นได้

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.

Arvanitoyannis, I., Psomiadou, E., and Nakayama, A., 1996, Edible Films Made from Sodium Caseinate, Starches, Sugar or Glycerol, Part 1, Carbohydrate Polymers, 31(2): 179-192.

Coupland, J.N., Shaw, N. B., Monahan, F. J., O'riordan, E.D., and O'sullivan, M., 2000, Modeling the Effect of Glycerol on the Moisture Sorption behavior of Whey Protein Edible Films, Journal of Food Engineering, 43(1): 25-30.

Forssell, P., Lahtinen, R., Lahelin, M., and Myllärinen, P., 2002, Oxygen Permeability of Amylase and Amylopectin Films. Carbohydrate Polymers, 47: 125-129.

Garcia, M.A., Martino, M.N, and Zaritzki, N.E., 2000, Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Starch-based Films and Coatings, Food Chemistry and Toxicology, 65(6): 914-947.

Gontard, N., Guilbert, S., and Cuq, J.L., 1993, Water and Glycerol as Plasticizers affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of an Edible Wheat Gluten Film, Journal of Food Science, 58(1): 206-211.

Guilbert, S. and Biquet, B., 1996, Edible Films and Coatings, In Food Packaging Technology, New York, VCH Publishers, Inc.

Khan, T.A., Peh, K.K., and Ch'ng, H.S., 2000, Mechanical, Bioadhesive Strength and Biological Evaluations of Chitosan Films for Wound Dressing, The Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 3(3): 303-311.

Kim, K.W., Ko, C.J., and Park, H.J., 2002, Mechanical Properties, Water Vapor Permeabilities and Solubilities of highly Carboxymethylated Starch-based Edible Films, Journal of Food Science, 67(1):218-222.

Koskinen, M., Suortti, T., Autio, K., Myllärinen, P., and Poutanen, K., 1996, Effect of Pretreatment on the Film forming Properties of Potato and Barley Starch Dispersions. Industrial Crop and Products, 5: 23-34.

Krochta, J.M. and Johnston, C.D., 1997, Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and opportunities, Food Technology, 51(2): 60-74.

Martin, O., Schwach, E., Averous, L., and Couturier, Y., 2001, Properties of Biodegradable Multilayer Films Based on Plasticized Wheat Starch, Starch/Stärke, 53:372-380.

No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkui, W., and Xu, Z., 2007, Applications of Chitosan for Improvement of Quality and Shelf life of Food: A review, Journal of Food Science, 72: 87-100.

Olivas G.I. and Barbosa-Cánovas, G.V., 2008, Alginate-calcium Films: Water Vapor Permeability and Mechanical Properties as Affected by Plasticizernand Relative Humidity, Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 41: 359-366.

Parra, D.F., Tadini, C.C., Ponce, P., and Lugao, A.B., 2004, Mechanical Properties and Water Vapor Transmission in Some Blends of Cassava Starch Edible Films, Carbohydrate Polymers, 58: 475-481.

Sothornvit, R., and Krochta, J.M., 2001, Plasticizer effect on Mechanical Properties of Lactoglobulin Films, Journal of Food Engineering, 50: 149-155.

Veiga-Santos, P., Oliveira, L.M., Cereda, M.P., Alves, A.J., and Scamparini, A.R.P., 2005, Mechanical Properties, Hydrophilicity and Water Activity of Starch-gum Films: Effect of Additives and Deacetylated Xanthan gum, Food Hydrocolloids, 19(2): 341-439.

Veiga-Santos, P., Oliveira, L.M., Cereda, M.P., and Scamparini, A.R.P., 2007, Sucrose and Inverted Sugar as Plasticizer: Effect on Cassava Starch-gelatin Film Mechanical Properties, Hydrophilicity and Water Activity, Food Chemistry, 103: 255-262.

บรรจุภัณฑ์นวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมสำหรับผลพีชสดโครงการหลวง

Eco-innovative Retail Package Design for the Royal Project's Fresh Peaches

ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป[1] บุษกร ประดิษฐนิยกูล[1] และ ทิพสุคนธ์ บุญรอด[1]
Tungsangprateep, S.[1], Praditaniyakul, B.[1] and Boonrod, T.[1]

Abstract

The retail packages for the Royal Project's fresh peaches were designed in accordance with style and dimension of the current transport plastic crates. The concept of eco-package design was utilized in order to reduce packaging materials, stimulate reuse and promote recycling. In parallel, the concept of universal package design was applied to obtain the finish package style which easy to fill, easy to hold, easy to open, easy to take out and finally easy to dispose. In addition, all of basic package functions e.g. containing, protection, information and sale promotion were maintained. The developed packages were die-cut boxes made from cardboard with kraft facing (RV 295) with 88x76x86 mm outside projection dimension. Both structural and graphic designs clearly create natural look. Furthermore, with special design structure to minimize waste during manufacturing, light weigh package were successfully obtained. Graphic design was very simple using perforated design and embossing instead of printing to promote recycling after end of life and the logo of the Royal Project Foundation was placed on clearly visible site to indicate the produce origin.
Keywords: eco-innovative packages, packaging, fresh peaches

บทคัดย่อ

บรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายผลพีชสดของมูลนิธิโครงการหลวง ได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับรูปแบบและมิติของลังพลาสติกขนส่งที่ใช้อยู่ในปัจจุบันบนพื้นฐานการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม (eco-package design) และหลักการออกแบบเพื่อมวลชน (universal package design) มุ่งเน้นการลดวัสดุบรรจุภัณฑ์ (reduce) การนำกลับมาใช้ซ้ำ (reuse) การนำกลับมาเข้ากระบวนการผลิตใหม่ (recycle) ตลอดจนให้ความสะดวกในการบรรจุ การหิ้วถือ การเปิดบรรจุภัณฑ์ การนำผลิตผลออกจากบรรจุภัณฑ์ และการจัดการหลังการใช้งาน โดยยังคงสมบัติพื้นฐานของบรรจุภัณฑ์ไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ได้แก่ การบรรจุ การให้ความคุ้มครอง การให้ข้อมูล และการส่งเสริมการขาย ผลลัพธ์การพัฒนาได้กล่องไดคัทจากกระดาษแข็งปะด้วยกระดาษคราฟท์ (RV 295) มีมิติสูงสุดภายนอก (outside projection dimension) 88x76x86 มิลลิเมตร ที่มีน้ำหนักเบา มีรูปลักษณ์ของความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ง่ายต่อการจดจำ ใช้เทคนิคการเจาะฉลุและปั๊มนูนในการแสดงกราฟิกทดแทนการพิมพ์ช่วยส่งเสริมการนำกลับไปแปรใช้ใหม่ และสื่อถึงที่มาของผลิตภัณฑ์ด้วยโลโก้ของมูลนิธิโครงการหลวง
คำสำคัญ: บรรจุภัณฑ์นวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม การบรรจุภัณฑ์ ผลพีชสด

คำนำ

สภาวะการแข่งขันทางการค้าอย่างรุนแรง และเทคโนโลยีพร้อมใช้ที่มีความก้าวหน้าจากการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดการพัฒนาอย่างก้าวกระโดด ไม่เว้นแม้แต่บรรจุภัณฑ์ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งของผลิตภัณฑ์ก็ได้รับการพัฒนาให้สอดรับกับเทคโนโลยี วิถีชีวิตและพฤติกรรมของผู้บริโภคตลอดจนระบบการลำเลียงขนส่งและจัดจำหน่าย รวมทั้งความต้องการทางด้านกฎหมาย โดยเฉพาะผลิตผลสดซึ่งมีอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายสั้น บอบช้ำได้ง่าย เกิดการสูญเสียระหว่างการขนส่งสูงเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตผลสดจึงมุ่งเน้นการลดข้อจำกัดเหล่านั้น อาทิ การศึกษาวิจัยบรรจุภัณฑ์ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด เช่น Kirad และคณะ (2007) ศึกษาผลของชนิดวัสดุ บรรจุภัณฑ์ร่วมกับการใช้สารเคมีเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาสตรอเบอรี่ Singh และคณะ (2005) รายงานว่าการบรรจุพีชในถุงพอลิเอทธิลีนเจาะรูร้อยละ 2.5 ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการเก็บโดยไม่ใช้บรรจุภัณฑ์เป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

[1]ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย (ศบท.), สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 196 พหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1]Thai packaging Centre (TPC), Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) (TISTR) 196 Phaholyothin Rd., Ladyao Chatuchak Bangkok 10900

การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการวางจำหน่ายและเพื่อการขนส่งที่เหมาะสมสำหรับผลิตผลสดที่น่าสนใจ เช่น การออกแบบบรรจุภัณฑ์ขึ้นใหม่เพื่อการวางจำหน่ายมะเขือเทศจากการปลูกโดยไม่ใช้ดินในเรือนกระจก โดยมุ่งเน้นการสื่อสารกับผู้บริโภค ณ จุดขาย มากกว่าการให้ความสำคัญกับผลิตผล ทำให้ได้บรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ที่มีจุดเด่นตรงที่มีการบรรจุมะเขือเทศที่มีความสุกต่างกันภายในบรรจุภัณฑ์เดียวกัน ผู้บริโภคจึงไม่ต้องบริโภคมะเขือเทศให้หมดพร้อมกันในครั้งเดียว ทำให้สามารถเก็บมะเขือเทศไว้บริโภคได้นานขึ้น (Griffis และ Brizmohun, 2006) การศึกษาผลกระทบของแรงสั่นสะเทือน (Vibration) ที่มีต่อความเสียหายเชิงกายภาพที่เกิดจากการเสียดสีและการกดทับของกีวีฟรุ๊ต ในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ (Lallu และคณะ, 1999) แสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ที่มีการบรรจุผลผลิตแบบแยกผลและการบรรจุให้ผลผลิตอยู่นิ่งกับที่ช่วย ลดความเสียหายเชิงกายภาพระหว่างการขนส่งได้ Codex (2004) จัดทำข้อแนะนำสำหรับบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งออกผักและผลไม้ แสดงให้เห็นถึงการให้ความสำคัญกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์มาอย่างต่อเนื่องโดยตลอด เนื่องด้วยสินค้าที่สามารถอยู่รอดในเวทีการค้าที่มีการแข่งขันอย่างสูงในปัจจุบันจำเป็นต้องมีคุณภาพซึ่งมิใช่เพียงคุณภาพของสินค้าเท่านั้น หากแต่ครอบคลุมถึงคุณภาพของบรรจุภัณฑ์อีกด้วย บรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสมย่อมหมายถึงความพ่ายแพ้ตั้งแต่ก้าวแรกในการนำสินค้าเข้าสู่ตลาด (Griffin และคณะ, 1985) นอกจากนี้ความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเป็นประเด็นสำคัญอีกประการหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นลำดับแรกๆ ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งออก เนื่องจากมีกฎระเบียบเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์และการกำจัดขยะบรรจุภัณฑ์ในหลายประเทศที่ผู้ส่งออกต้องปฏิบัติตามโดยเคร่งครัด ตัวอย่างเช่น ในสหภาพยุโรป (EU) ซึ่งได้ชื่อว่ามีกฎระเบียบที่เข้มงวดมาก กำหนดให้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถวางจำหน่ายใน EU ได้ อย่างน้อยต้องมีคุณสมบัติ 3 ประการ ได้แก่ 1) บรรจุภัณฑ์จะต้องมีปริมาตรและน้ำหนักน้อยที่สุด แต่เพียงพอสำหรับความสะอาดปลอดภัยและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค 2) บรรจุภัณฑ์ต้องเหมาะสมสำหรับการนำกลับมาแปรใช้ใหม่ (recycling) การนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ (energy recovery) การหมักปุ๋ย (composting) และการนำกลับมาใช้ใหม่ (reuse) หากมีการระบุว่าสามารถ reuse ได้ และ 3) ปริมาณสารพิษต้องอยู่ในระดับต่ำสุดตามเกณฑ์ที่กำหนด สำหรับประเทศสิงคโปร์แม้ว่ายังไม่มีกฎหมายบังคับเกี่ยวกับการใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อมุ่งเน้นการรักษาสิ่งแวดล้อม (environmental-friendly packaging) และผู้นำเข้าส่วนใหญ่ยังไม่ได้ให้ความสำคัญกับเรื่องดังกล่าวเท่าใดนัก แต่มีบางส่วนมีแนวโน้มให้ความสำคัญมากขึ้น โดยผู้นำเข้าต้องการบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่ทำจากกระดาษ ซึ่งหลังการใช้สามารถนำเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่ได้ และไม่ต้องการบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุหลายชั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหายุ่งยากในการนำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่ นอกจากนั้นการใช้กาวปิดกล่องและคลิปโลหะต้องไม่เป็นอันตรายและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตลอดจนไม่ก่อความเสียหายกับผลิตผล ดังนั้นการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ขายปลีกผลพืชสดในการศึกษาวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ โดยอาศัยหลักการของ Eco-Package design เป็นหลัก

อุปกรณ์และวิธีการ

1. จัดทำข้อสรุปความต้องการบรรจุภัณฑ์ (Packaging requirement) และแนวคิดหลักสำหรับการออกแบบ (Design concept) จากผลการวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการผลพืชสดของมูลนิธิโครงการหลวงหลังการเก็บเกี่ยวจากแปลงปลูกถึงฝ่ายคัดบรรจุ กรุงเทพฯ
2. ออกแบบโครงสร้างตามความต้องการบรรจุภัณฑ์และแนวคิดหลักในการออกแบบ
   2.1 จัดทำต้นแบบสามมิติ (Mock up) ขั้นต้นสำหรับการปรับปรุงแบบ
   2.2 ปรับปรุงแบบขั้นสุดท้าย
3. ออกแบบกราฟิก
4. จัดทำต้นแบบจากกระดาษแข็งปะหน้าด้วยกระดาษคราฟท์ (RV295)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความต้องการบรรจุภัณฑ์และแนวคิดหลัก

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นตอนการจัดการผลพืชสดของมูลนิธิโครงการหลวงหลังการเก็บเกี่ยวจากแปลงปลูกถึงฝ่ายคัดบรรจุ กรุงเทพฯ สามารถสรุปได้ว่าบรรจุภัณฑ์ที่จะออกแบบขึ้น ควรมีคุณสมบัติหลัก ดังต่อไปนี้

- มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการขนส่งจากแปลงปลูกถึงมือผู้บริโภคสุดท้าย
- ให้ความสะดวกในการบรรจุและใช้งาน
- มีมิติสอดคล้องกับมิติภายในของลังพลาสติกขนส่งขนาด 538x342x288 มิลลิเมตร ที่ทางมูลนิธิฯใช้อยู่ในปัจจุบัน

- มีขนาดบรรจุ 1 ผล สำหรับผลพืชสดเกรด extra ซึ่งพอเหมาะสำหรับปริมาณการซื้อในแต่ละครั้ง
- สามารถเรียงซ้อนได้
- มีความเป็นไปได้ในการผลิต
- ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์อย่างประหยัดในขณะที่เหลือเศษในการผลิตน้อย
- ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและให้ภาพลักษณ์ของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน
- มีกราฟิกเรียบง่ายสื่อถึงธรรมชาติ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตลอดจนผลิตผลคุณภาพจากมูลนิธิโครงการหลวง

การออกแบบโครงสร้างและกราฟิก

บรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น ได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับรูปแบบและมิติของลังพลาสติกขนส่งที่ทางมูลนิธิฯ ใช้อยู่ในปัจจุบันบนพื้นฐานการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม (eco-package design) และหลักการออกแบบเพื่อมวลชน (universal package design) มุ่งเน้นการลดวัสดุบรรจุภัณฑ์ (reduce) การนำกลับมาใช้ซ้ำ (reuse) การนำกลับมาเข้ากระบวนการผลิตใหม่ (recycle) ตลอดจนให้ความสะดวกในการบรรจุ การหิ้วถือ การเปิดบรรจุภัณฑ์และการนำผลิตผลออกจากบรรจุภัณฑ์และการจัดการหลังการใช้งาน โดยยังคงสมบัติพื้นฐานของบรรจุภัณฑ์ไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ได้แก่ การบรรจุ การให้ความคุ้มครอง การให้ข้อมูล และการส่งเสริมการขาย โดยต้นแบบขั้นต้นและต้นแบบขั้นสุดท้าย แสดงดัง Figure 1

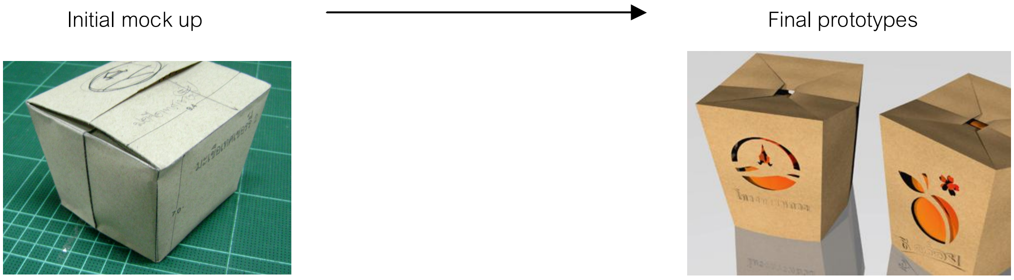


Figure 1 The initially and finally developed boxes.

สรุปผล

ผลการพัฒนาบรรจุภัณฑ์การขายปลีกเพื่อการส่งออกผลพืชสดได้ต้นแบบบรรจุภัณฑ์นวัตกรรมรูปแบบใหม่ จากการใช้กระดาษแข็งปะหน้าด้วยกระดาษคราฟท์ (RV295) เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ทดแทนกระดาษลูกฟูกลอนอีซึ่งนิยมใช้สำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ต้องรับน้ำหนักและแรงกดระหว่างการจัดเก็บและลำเลียงขนส่ง เช่น บรรจุภัณฑ์ผลไม้สด ร่วมกับการออกแบบ และการขึ้นรูปแนวใหม่ทำให้บรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีความคงรูปเพียงพอสำหรับการบรรจุผลพืชสดและ มีความแข็งแรงพอสำหรับการเรียงซ้อนในลังพลาสติกขนส่งได้ ส่งผลให้สามารถใช้บรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นในการขนส่งผลพืชสดจากแปลงปลูกถึงมือผู้บริโภคสุดท้ายโดยไม่ต้องทำการบรรจุใหม่ และลดน้ำหนักวัสดุบรรจุภัณฑ์ลงได้อย่างน้อยร้อยละ 50 ให้รูปลักษณ์เรียบง่ายด้วยสีธรรมชาติและรูปแบบเฉพาะตัวที่แตกต่างจากบรรจุภัณฑ์ทั่วไปในท้องตลาด ร่วมกับการออกแบบกราฟิกที่ตอกย้ำความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยการเจาะฉลุและดุนนูนแทนการพิมพ์ พร้อมเสริมความโดดเด่นด้วยโลโก้ที่เห็นได้ชัดเจนเพื่อสื่อถึงผลิตผลคุณภาพจากมูลนิธิโครงการหลวง

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่ได้ให้งบประมาณสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจน รศ.ดร. อุณารุจ บุญประกอบ เจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัย ฝ่ายคัดบรรจุ และฝ่ายตลาด มูลนิธิโครงการหลวงทุกท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์คำปรึกษา ข้อคิดเห็นและเสนอแนะ รวมทั้งการอำนวยความสะดวกและประสานงาน จนการวิจัยนี้สามารถดำเนินการได้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

Codex, 2004, Recommended International Code of Practice for Packaging and Transport of Fresh Fruit and Vegetables [Online], Available: http://www.codexalimentarius.net/download/standards/322/CXP_044.e.pdf.

Griffin, R.C., Jr., Sacharow, S., and Brody, A.L., 1985, Principal of Package Development, The AVI Publishing Company, Inc. USA., 378 pp.

Griffis, J.L. and Brizmohun, R, 2006, Postharvest Handling, Packaging, and Marketing of Hydroponically-Grown Greenhouse Tomatoes in Mauritius, Acta Horticulturae. (ISHS), 710: 507-510.

Kirad, K.S., Barche, S., Dash, A. and Sharma, R.K., 2007, Response of Different Packaging Materials and Chemicals on the Shelf Life of Strawberry (*Fragaria Ananassa* Duch.) and Correlation Between Different Traits, Acta Horticulturae. (ISHS), 746: 89-96.

Lallu, N., Rose, K., Wiklund, C. and Burdon, J., 1999, Vibration Induced Physical Damage in Packed Hayward Kiwifruit, Acta Horticulturae. (ISHS), 498: 307-312.

Singh, D., Mandal, G. and Jain, R.K., 2005, Effect of Ventilation on Shelf Life and Quality of Peaches, Acta Horticulturae. (ISHS), 696: 519-522.

ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค: ตอนที่ 1 ผลของแคลเซียมคลอไรด์และการใช้ความร้อนต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของฝรั่ง

Fresh-Cut Guava: Part I Effects of Calcium Chloride and Heat Treatment on Physical and Chemical Properties of Guava

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1] มณฑิรา นพรัตน์[2] พัชยา วิริยะประกอบ[1] และ ริสสา ดิษฐ์น้อย[1]

Vongsawasdi, P.[1], Nopharatana, M.[2], Viriyaprakob, P.[1] and Ditnoi, R.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the effects of calcium chloride (concentration of 0.1%, 0.5% and 1.0% (w/v), heat treatment (50, 60 and 70°C) and dipping time of 1,3 and 5 minutes) on physical and chemical properties of fresh-cut guava. The results revealed that calcium chloride concentration, soaking time and temperature significantly affected ($p \leq 0.05$) physical and chemical properties of fresh-cut guava. Increasing calcium chloride concentration and dipping time resulted in an increase of firmness. However, polyphenol oxidase activity of the fresh-cut samples decreased. Soaking temperature also showed significant effects on qualities of the samples ($p \leq 0.05$). Firmness, vitamin C content and polyphenol oxidase activity but not browning index of fresh-cut guava decreased as temperature increased. The suitable pretreatment of fresh-cut guava was dipping in 1% (w/v) calcium chloride solution for 1 minute at 50°C. The firmness, vitamin C content, polyphenol oxidase activity and browning index of fresh-cut guava were 2.15±0.20 N/g, 0.95±0.05 mg/g, 0.41±0.18 unit and 0.32±0.03 unit, respectively.

Keywords: fresh-cut guava, heat treatment, calcium chloride solution, polyphenol oxidase, firmness

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้แคลเซียมคลอไรด์ (0.1%, 0.5% และ 1% (w/v)) และความร้อน (50, 60 และ 70°C) เป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที ต่อคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ ระยะเวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือการเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์และระยะเวลาในการแช่มีผลให้ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ในขณะที่มีกิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดสลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิในการแช่มีผลต่อคุณภาพของตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้อุณหภูมิในการแช่สูงขึ้นจะทำให้ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าความแน่นเนื้อ ปริมาณวิตามินซีและค่ากิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดสลดลง และทำให้มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค คือ สภาวะที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1% (w/v) ที่ 50°C เป็นเวลา 1 นาที โดยฝรั่งตัดแต่งที่ได้มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 2.15±0.20 N/g มีปริมาณวิตามินซี เท่ากับ 0.95±0.05 mg/g มีกิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 0.41±0.18 หน่วย และมีค่า Browning Index เท่ากับ 0.32±0.03 หน่วย

คำสำคัญ: ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค การใช้ความร้อน สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ พอลิฟีนอลออกซิเดส ความแน่นเนื้อ

คำนำ

ฝรั่งเป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีศักยภาพในการพัฒนาให้เป็นไม้ผลที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย พันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากคือพันธุ์กลมสาลี่ ฝรั่งมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะวิตามินซี นอกจากนี้ยังมีวิตามินเอ บี1 บี2 บี6 ธาตุเหล็ก และแคลเซียม (Shewfelt, 1987) ในปัจจุบันการดำรงชีวิตประจำวันของผู้คนในสังคมเมืองใหญ่ มีการใช้ชีวิตที่ต้องการความสะดวกสบายมากขึ้น

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

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

[2]ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

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

ประกอบกับผู้คนเหล่านี้มีกำลังซื้อเพิ่มมากขึ้นและมักเป็นกลุ่มที่เล็งเห็นคุณค่าทางอาหารของผักและผลไม้ที่ช่วยในการดูแลสุขภาพ ดังนั้นจึงส่งผลให้ผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคเป็นที่ต้องการมากขึ้น การแปรรูปพร้อมบริโภคมีข้อดีหลายประการ อาทิ เป็นการลดขนาดผลิตผลที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงทำให้สะดวกต่อการขนส่ง ประหยัดพื้นที่ในการเก็บรักษา และสะดวกต่อการบริโภค เป็นต้น อย่างไรก็ตามฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมักประสบปัญหาการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด และมีเนื้อสัมผัสนิ่มลงในระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สำหรับการเกิดสีน้ำตาลบนผิวฝรั่งตัดแต่งมีสาเหตุจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกโดยมีพอลิฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Lichter และคณะ, 2000) ในขณะที่การอ่อนตัวของเนื้อสัมผัสเป็นผลจากการย่อยสลายเพคตินด้วย เพคติเนสที่มีอยู่ในเนื้อผลไม้ (Whitaker, 1996) จากการสืบค้นข้อมูลพบว่ามีงานวิจัยที่นำเทคนิคต่าง ๆ เช่น การใช้ความร้อน และการใช้สารประกอบแคลเซียมมาช่วยรักษาคุณภาพในผลไม้หลายชนิด เช่นอะโวกาโด (Florissen และคณะ, 1996) แคนตาลูป (Lamikanra และ Watson, 2007) และกีวี (Beirão-da-Costa และคณะ, 2008) เป็นต้น อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานวิจัยใดที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของทั้ง 2 ปัจจัยนี้ต่อคุณภาพของฝรั่ง ของฝรั่ง โดยคาดหวังว่าผลที่ได้จะสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

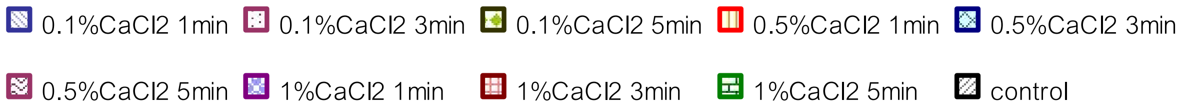
นำฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ (อายุ 5 เดือนนับจากดอกบาน มีน้ำหนักประมาณ 300 กรัม/ผล) มาล้างด้วยน้ำสะอาดและตัดเป็นชิ้นให้มีขนาด 20±1 กรัม จากนั้นนำมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ในการทดลองนี้ได้วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล ซึ่งทดลองแปรค่าความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0.1, 0.5 และ 1 % (w/v)) ช่วงระยะเวลาในการแช่ (1, 3 และ 5 นาที) และอุณหภูมิ (50 ± 2, 60 ± 2 และ $70 \pm 2^{\circ}C$) โดยใช้ฝรั่งสดเป็นตัวอย่างควบคุม สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดังนี้ เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องTexture analyzer (Stable Micro System, TA-XT2i, UK) ปริมาณวิตามินซี (AOAC, 1995) กิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) (Filiz และคณะ, 2007) และ Browning Index (Cohen และคณะ, 1998)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Figure 1 พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่จะทำให้ฝรั่งมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เมื่อแคลเซียมคลอไรด์ละลายน้ำจะแตกตัวเป็น Ca^{2+} โดย Ca^{2+} จะทำหน้าที่ดึงหมู่คาร์บอกซิลบนสาย polygalacturonide สายหนึ่งให้จับกับหมู่คาร์บอกซิลของสาย polygalacturonide อีกสายหนึ่ง เกิดโครงสร้าง egg-box model ของสารประกอบแคลเซียมเพคเตท ซึ่งไม่ละลายน้ำมีผลทำให้เนื้อเยื่อของผลไม้มีความแข็งแรง และทนต่อการย่อยของเอนไซม์ที่หลั่งออกมาจากเนื้อเยื่อที่เสียหายจากการตัดแต่ง (Grant และคณะ, 1973) โดยการใช้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นและระยะเวลาในการแช่นานขึ้นจะทำให้ฝรั่งมีค่าความแน่นของเนื้อมากขึ้น จากการทดลองยังพบว่าฝรั่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่อุณหภูมิ $50^{\circ}C$ มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าที่อุณหภูมิอื่น ๆ ทุกความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ที่ใช้ทดสอบ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเพคตินเอสเทอเรสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีอยู่ในฝรั่งจะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ $50^{\circ}C$ ดังนั้นการแช่ฝรั่งที่อุณหภูมินี้จะทำให้เพคตินในเนื้อฝรั่งเกิดปฏิกิริยา de-esterification ได้มากขึ้น ส่งผลให้ Ca^{2+} เข้าไปทำปฏิกิริยาได้มากขึ้นด้วย (Garcia และ Barrett, 2002) ส่วนการแช่ฝรั่งที่อุณหภูมิ $60\text{-}70^{\circ}C$ กลับส่งผลให้ฝรั่งมีค่าเนื้อสัมผัสลดลงนั้นนอกจากจะมีสาเหตุจากการเสียสภาพธรรมชาติของเอนไซม์แล้วยังอาจเนื่องมาจากความร้อนที่ใช้ โดยความร้อนจะทำลายเนื้อเยื่อของผลไม้ ส่งผลให้ผลไม้มีเนื้อสัมผัสนิ่มลง (Luna-Gutzman และคณะ, 1999)

สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีพบว่าการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้ฝรั่งมีปริมาณวิตามินซีต่ำลงกว่าผลสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Figure 2) ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะทำให้วิตามินซีเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและทำให้เสียสภาพไป (Monsalve-Gonzales และคณะ, 1993) อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์กลับมีผลต่อปริมาณวิตามินซีอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากระดับความเข้มข้นที่ใช้ค่อนข้างต่ำ จากผลการทดลองยังพบว่าการใช้ระยะเวลาในการแช่นานขึ้นและ/หรืออุณหภูมิที่ใช้แช่สูงขึ้นจะส่งผลให้ฝรั่งมีปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างมีสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากวิตามินซีเป็นสารที่เสียสภาพได้ง่ายด้วยความร้อน (นิธิยา, 2545) ดังนั้นการแช่ตัวอย่างในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน จึงทำให้วิตามินซีสลายตัวไปอย่างรวดเร็ว

ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ ระยะเวลาและอุณหภูมิในการแช่มีผลต่อกิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดสที่มีอยู่ในฝรั่งอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ($p \leq 0.05$) (Figure 3) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการแช่ฝรั่งในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะทำให้เซลล์ของผลไม้มีความแข็งแรงมากขึ้น ส่งผลให้พอลิฟีนอลออกซิเดสทำปฏิกิริยากับสารประกอบ



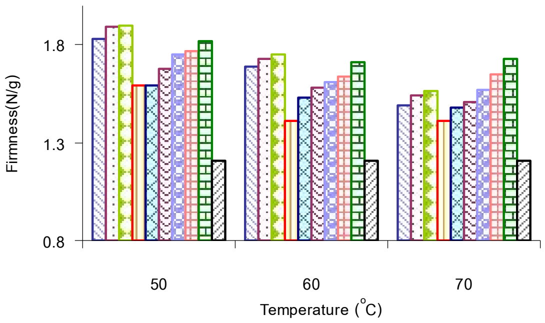


Figure 1 Firmness of fresh-cut guava soaked in calcium chloride at concentrations of 0.1-1% for 1-5 min. at 50-70°C

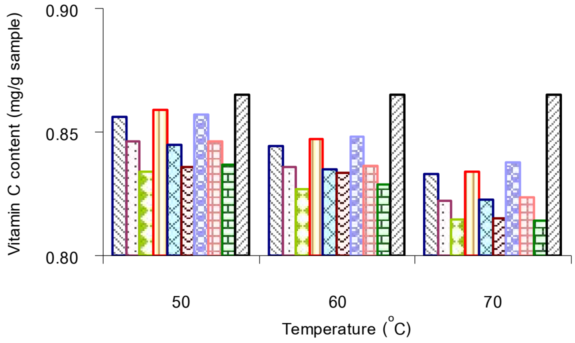


Figure 2 Vitamin C content of fresh-cut guava soaked in calcium chloride at concentrations of 0.1-1% for 1-5 min. at 50-70°C

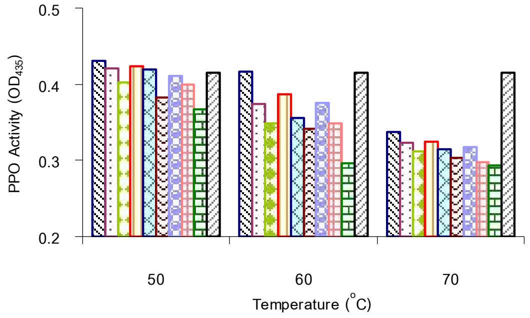


Figure 3 Polyphenol oxidase (PPO) activity of fresh-cut guava soaked in calcium chloride at concentrations of 0.1-1% for 1-5 min. at 50-70°C

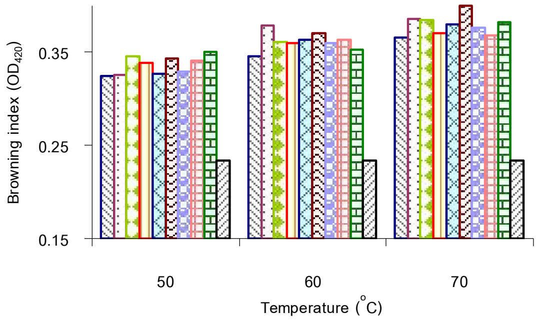


Figure 4 Browning index of fresh-cut guava soaked in calcium chloride at concentrations of 0.1-1% for 1-5 min. at 50-70°C

ฟีนอลที่เป็นสารตั้งต้นได้ช้าลง (Grant และคณะ, 1973) แคลเซียมคลอไรด์ยังทำให้เอนไซม์เสียสภาพธรรมชาติจนไม่สามารถเข้าจับกับสารตั้งต้นได้โดย Cl^- ที่เกิดจากการแตกตัวของแคลเซียมคลอไรด์จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ Cu^{2+} ที่อยู่บริเวณ active site ของพอลิฟีนอลออกซิเดส ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ (Garcia และ Barrett, 2002) นอกจากนี้ยังช่วยชะลอเมตาบอลิสม (metabolism) ของเซลล์ผลไม้โดยทำให้ชิ้นผลไม้ตัดแต่งมีอัตราการหายใจต่ำลง (Luna-Gutzman และคณะ, 1999) สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่สามารถช่วยลดกิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดสได้ เนื่องมาจากความร้อนจะทำให้พอลิฟีนอลออกซิเดสเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเสียสภาพธรรมชาติ ทำให้ไม่อยู่ในสภาพที่ทำงานได้ (Vamos-Vigyazo และคณะ, 1995) ส่วนการเพิ่มระยะเวลาในการแช่ จะทำให้ผลที่เกิดจากการเพิ่มความเข้มข้นแคลเซียมคลอไรด์และอุณหภูมิปรากฏชัดเจนยิ่งขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลประเภทเมลลาร์ดด้วย เนื่องจากในการทดลองมีการใช้ความร้อนร่วมกับการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ จากผลการทดลองพบว่าตัวอย่างควบคุมมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าตัวอย่างที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างควบคุมไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน Figure 4 ยังบ่งชี้ว่าฝรั่งตัดแต่งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่อุณหภูมิ 70°C ทุกระดับความเข้มข้นมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่าฝรั่งตัดแต่งที่แช่ที่อุณหภูมิ 60°C และ 50°C ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระดับความเข้มข้นเท่ากัน การเพิ่มระยะเวลาในการแช่มีผลทำให้ฝรั่งตัดแต่งมีค่าดัชนีเกิดสีน้ำตาลสูงขึ้นซึ่งแสดงว่าทั้งอุณหภูมิและเวลาในการแช่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลในตัวอย่าง

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้จากทุกสภาวะที่ศึกษา พบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 % (w/v) เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิ 50°C มีคุณสมบัติดีที่สุด โดยถึงแม้ว่าตัวอย่างยังคงมีกิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดสสูง (0.41±0.18 หน่วย) เมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิอื่น แต่ก็มีค่าความแน่นเนื้อสูง (เท่ากับ 2.15±0.20 N/g) อันเป็นผลจากการเกิดสารประกอบแคลเซียมเพคเตท ซึ่งเมื่อผนังเซลล์ของฝรั่งมีความแข็งแรงมากขึ้นก็จะทำให้พอ

ลิฟีนอลออกซิเดสกับสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันได้ยากขึ้นด้วย (Garcia และ Barrett, 2002) นอกจากนี้ฝรั่งที่ได้จากสภาวะดังกล่าวยังมีปริมาณวิตามินซีสูง (เท่ากับ 0.95±0.05 mg/g) ในขณะที่มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำ (เท่ากับ 0.32±0.03 หน่วย) อีกด้วย

สรุปผล

ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมคือการแช่ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1 % (w/v) เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิ 50°C

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนปนนท์, 2545, ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในเคมีอาหาร สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 316-333.

AOAC, 1995, Official Methods of Analysis, 16th edition, The Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Beirão-da-Costa, S., Cardoso, A., Martins, L.L., Empis, J. and Moldão-Martins, M., 2008, The Effect of Calcium Dips Combined with Mild Heating of Whole Kiwifruit for Fruit Slices Quality Maintenance, Food Chemistry, 108: 191–197.

Cohen, E., Birk, Y., Mannheim, C.H. and Saguy, I. S.,1998, A Rapid Method to Monitor Quality of Apple Juice During Thermal Processing, Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 31: 612-616.

Filiz, I., Hasan, Y. and Taner, B., 2008, Polyphenoloxidase Deactivation Kinetics During Ohmic Heating of Grape Juice, Journal of Food Engineering, 85: 410-417.

Florissen, P., Ekman, J.S., Blumenthal, C., Mcglasson, W.B., Conroy, J. and Holford, P, 1996, The Effects of Short Heat Treatment on the Induction of Chilling Injury in Avocado Fruit, Postharvest Biology and Technology, 8: 129 – 141.

Garcia, E., and Barrett, D.M., 2002, Preservative Treatments for Fresh-cut Fruits and Vegetables, In Lamikanra, O. (ed.), Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Science, Technology and Market, CRC press, Washington D.C., pp. 274-310.

Grant, G.T.; Morris, E.R.; Rees, D.A.; Smith, P.J.C. and Thom, D., 1973, Biological Interactions Between Polysaccharides and Divalent Cations, Egg-Box Model, Federation of European Biochemical Societies Federation of European Biochemical Societies, 32: 195-198.

Lamikanra, O. and Watson, M.A., 2007, Mild Heat and Calcium Treatment Effects on Fresh-Cut Cantaloupe Melon During Storage, Food Chemistry, 102: 1383–1388.

Lichter, A., Dvir, O., Rot, I., Ackerman, M., Regev, R., Wiesblum, A., Fallik, E., Zauberman G. and Fuchus, Y, 2000, Hot Water Brushing: an Alternative Method to SO_2 Fumigation for Colour Retention of Litchi Fruits, Postharvest Biology and Technology, 18: 235–244.

Luna-Guzman, Irene, Cantwell, M. and Barrett, M.D., 1999, Fresh-cut Cantaloupe: Effect of $CaCl_2$ Dips and Heat Treatments on Firmness and Metabolic Activity, Journal of Postharvest Biology and Technology, 17: 201-213.

Monsalve-Gonzalez, A., Barbosa-Canvas, G.V. and Cavaleri, R.P., 1993, Mass Transfer and Texture Changes During Processing of Apple by Combined Methods, Journal of Food Science, 58: 1118-1124.

Shewfelt, R.L., 1987, Quality of Minimally Processed Fruits and Vegetables, Journal of Food Quality, 10: 143-150.

Vamos-Vigyazo, L., 1995, Prevention of Enzymatic Browning in Fruit and Vegetable: A Review of Principles and Practice, In: Lee, C.V. and Whitaker, J.R. (eds.), Enzymatic Browning and Its Prevention, ACS Symposium Series 600, American Chemical Society, Washington D.C., pp. 49-63.

Whitaker, J.R., 1996, Enzymes, *In* Fennema, O.R. (ed.) Food Chemistry,3rd edition, Marcel Dekker, INC.,New York, 431-530.

ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค : ตอนที่ 2 การใช้สภาพบรรยากาศดัดแปลงเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับการใช้ความร้อน

Fresh-Cut Guava: Part II Application of Modified Atmosphere for Extending Shelf-Life of Fresh-Cut Guava Undergone Calcium Chloride and Heat Treatment

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1] มณฑิรา นพรัตน์[2] พัชยา วิริยะประกอบ[1] และ ริสสา ดิษฐน้อย[1]

Vongsawasdi, P.[1], Nopharatana, M.[2], Viriyaprakob, P.[1] and Ditnoi, R.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of modified atmosphere packaging on qualities and shelf-life of fresh-cut guava. Fresh-cut guava was soaked in 1% (w/v) calcium chloride solution for 1 minute at 50°C and kept at 5$\pm$2 °C under semi active modified atmospheric conditions (5%O_2+95%N_2, 10%O_2+90%N_2 and 15%O_2+85%N_2 gas mixture). Fresh-cut guava packed under atmospheric condition was used as a control. The results revealed that oxygen content significantly affected physical, chemical and microbiological properties of the fresh-cut guava ($p \leq 0.05$). Reduction of oxygen content in the package significantly reduced weight loss ($p \leq 0.05$). However, the firmness and color difference (ΔE) were significantly increased ($p \leq 0.05$). Chemical analysis revealed that polyphenol oxidase activity was significantly decreased ($p \leq 0.05$) when oxygen content in the package decreased. The sample packed under low oxygen content had significant lower total plate count, yeast and mold than that packed under high oxygen content ($p \leq 0.05$). The suitable storage condition for fresh-cut guava was using 5% O_2+95%N_2 at 5±2°C. The fresh-cut guava was still acceptable by the panels until 18th day of storage.

Keywords: fresh-cut guava, heat treatment, calcium chloride solution, modified atmosphere, storage life

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำฝรั่งที่ผ่านการตัดแต่งแล้วมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1% (w/v) ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำมาเก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงแบบ semi active (5%O_2+95%N_2 10%O_2+90%N_2 และ15%O_2+85%N_2) ที่อุณหภูมิ 5±2 °C โดยฝรั่งตัดแต่งที่บรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติเป็นตัวอย่างควบคุม ผลการทดลองพบว่า การลดความเข้มข้นของออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพพบว่าเมื่อปริมาณออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ลดลง ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคจะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักลดลง ($p \leq 0.05$) แต่มีความแน่นเนื้อและค่าความแตกต่างของสี (ΔE) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีกิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดสลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อความเข้มข้นของออกซิเจนลดต่ำลง ส่วนผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาพบว่าตัวอย่างที่เก็บในสภาวะที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราต่ำกว่าตัวอย่างที่เก็บในสภาวะที่มีออกซิเจนสูงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคคือ 5%O_2+95%N_2 ที่อุณหภูมิ 5$\pm$2°C ซึ่งพบว่าสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้ 18 วัน โดยที่ยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ

คำสำคัญ: ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค การใช้ความร้อน สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ สภาพบรรยากาศดัดแปลง อายุการเก็บรักษา

บทนำ

ฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะวิตามินซี นอกจากนี้ยังมีวิตามินเอ บี1 บี2 บี6 ธาตุเหล็ก แคลเซียม และอื่น ๆ (Shewfelt, 1987) ในปัจจุบันผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคเป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคต้องการความ

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

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

[2] ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

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

สะดวกมากขึ้น ในขณะที่มีกำลังซื้อเพิ่มขึ้นและเล็งเห็นคุณค่าทางอาหารของผักและผลไม้สดในแง่ของผลต่อสุขภาพ การแปรรูปพร้อมบริโภคมีข้อดีหลายประการ อาทิเช่น เป็นการลดขนาดผลิตผลที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงทำให้สะดวกต่อการขนส่ง ประหยัดพื้นที่ในการเก็บรักษา และสะดวกต่อการบริโภค อย่างไรก็ตามฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมักประสบปัญหา การเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด และมีเนื้อสัมผัสนิ่มในระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สำหรับการเกิดสีน้ำตาลบนผิวฝรั่งมีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกโดยมีพอลิฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Lichter และคณะ, 2000) ในขณะที่การอ่อนตัวของเนื้อสัมผัสเป็นผลจากการย่อยสลายเพคตินด้วยเพคติเนสที่มีอยู่ในเนื้อผลไม้ (Whitaker, 1996) พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ และคณะ (2552) ทดลองใช้สารประกอบแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับความร้อนในการปรับปรุงคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค ผลพบว่าสภาวะที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1% (w/v) ที่ 50°C เป็นเวลา 1 นาทีทำให้ฝรั่งที่มีคุณภาพดีที่สุด อย่างไรก็ตามที่สภาวะดังกล่าวเมตาโบลิซึมในฝรั่งตัดแต่งยังคงดำเนินอยู่ รวมทั้งยังคงมีการหายใจ ดังนั้นจึงทำให้มีการเสื่อมคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา Schlimme และ Rooney (1994) พบว่าการใช้สภาพบรรยากาศดัดแปลงร่วมกับการลดอุณหภูมิสามารถยืดอายุการเก็บผักและผลไม้ตัดแต่งได้ โดยมีการใช้เทคนิคนี้กับแอปเปิ้ล (O'Bieme, 1990) แคนตาลูป (Bai และคณะ, 2003) และกล้วย (Bico และคณะ, 2008) เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้สภาพบรรยากาศดัดแปรต่อคุณภาพ และการยืดอายุการเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 °C

อุปกรณ์และวิธีการ

นำฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ (อายุ 5 เดือนนับจากดอกบาน มีน้ำหนักประมาณ 300 กรัม/ผล) มาล้างด้วยน้ำสะอาดและตัดเป็นชิ้นให้มีขนาด 20±1 กรัม จากนั้นนำมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1% (w/v) ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 1 นาที นำฝรั่งมาเรียงในถาดพลาสติกพอลิเอทิลีน เทอร์ฟะธาเลต (polyethylene terephthalate) ขนาด 14.5x21.0 เซนติเมตร ถาดละ 6 ชิ้น รวมน้ำหนักทั้งหมด120±6 กรัม จากนั้นนำมาบรรจุในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน (polypropylene) ในการทดลองนี้ได้วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ซึ่งใช้สภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบ semi active ที่ต่างกัน 3 ระดับได้แก่ $5\%O_2+95\%N_2$, $10\%O_2+90\%N_2$ และ$15\%O_2+85\%N_2$ โดยใช้ฝรั่งที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติเป็นตัวควบคุม (passive modified atmosphere) นำตัวอย่างทั้งหมดมาเก็บรักษาที่ 5±2 °C สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสดังนี้ วัดปริมาณก๊าซ โดยใช้เครื่อง Gas analyzer (SERVOMEX, USA) การสูญเสียน้ำหนัก เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องTexture analyzer (Stable Micro System, TA-XT2i, UK) ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) โดยใช้เครื่อง Color spectrophotometer (Hunterlab, Model Ultrascan XE\IX7, USA) กิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) (โดยวิธีของ Filiz และคณะ, 2008) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (BAM, 2009) และการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic (9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด และคะแนนต่ำสุดที่ตัดสินว่าผู้ทดสอบยังยอมรับตัวอย่างคือ 5) เพื่อหาการยอมรับในผลิตภัณฑ์โดยใช้ผู้ทดสอบที่มีความคุ้นเคยต่อผลิตภัณฑ์จำนวน 15 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Figure 1 พบว่าในช่วง 2 วันแรกออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ทุกสภาวะบรรจุมีปริมาณลดลง ในขณะที่คาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากออกซิเจนถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจของฝรั่งตัดแต่ง ทำให้ได้ผลผลิตเป็คาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากนั้นพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นก๊าซทั้งสองมีปริมาณเกือบคงที่ ซึ่งแสดงว่าอัตราการหายใจของผลิตผลสมดุลกับปริมาณการเข้าของออกซิเจนและการออกของคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านบรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่าฝรั่งตัดแต่งที่บรรจุในสภาพบรรยากาศปกติมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในบรรจุภัณฑ์มากที่สุด รองลงมาคือฝรั่งที่บรรจุในสภาวะที่ใช้ $15\%O_2+85\%N_2$, $10\%O_2+90\%N_2$ และ $5\%O_2+95\%N_2$ ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้บ่งชี้ว่าการลดปริมาณออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์จะทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจลดลง จากผลการทดลองยังพบว่าฝรั่งตัดแต่งมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (Figure 2) และปริมาณออกซิเจนที่ใช้มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของฝรั่งตัดแต่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยฝรั่งตัดแต่งที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ในขณะที่ฝรั่งตัดแต่งที่บรรจุในสภาวะ $5\%O_2+95\%N_2$ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากฝรั่งตัดแต่งที่บรรจุในสภาวะ $5\%O_2+95\%N_2$ มีอัตราการหายใจต่ำที่สุด ดังนั้นจึงมีการสูญเสียน้ำต่ำที่สุดด้วย ผลที่ได้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแน่นเนื้อของตัวอย่าง โดยฝรั่งตัดแต่งที่บรรจุในสภาวะ $5\%O_2+95\%N_2$ มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าผรั่งตัดแต่งที่บรรจุในสภาวะ $10\%O_2+90\%N_2$ $15\%O_2+85\%N_2$ และบรรยากาศปกติตามลำดับ (Figure 3) ทั้งนี้เนื่องจากฝรั่งที่มีการสูญเสียน้ำส่งผลให้มีเนื้อนิ่ม ทำให้ต้านทานต่อแรงกดของหัวทดสอบได้น้อยลง ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าสีในเทอม ΔE พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ฝรั่งตัดแต่งจากทุกสภาวะมีค่า ΔE สูงขึ้น ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกันในระหว่างสภาพบรรยากาศที่ใช้ทดลองพบว่าฝรั่งตัดแต่งที่เก็บในสภาวะบรรยากาศปกติมีค่า ΔE สูงที่สุด ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บที่สภาวะ $5\%O_2+95\%N_2$ มีค่า ΔE น้อยที่สุด (Figure 4) ซึ่งแสดงว่าปริมาณออกซิเจนอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของตัวอย่าง โดยการเปลี่ยนแปลงจะชัดเจนมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น สำหรับผลการวิเคราะห์กิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดสพบว่าเมื่อ

ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ฝรั่งตัดแต่งจากทุกสภาวะแสดงค่ากิจกรรมของเอนไซม์ลดลง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะการบรรจุพบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ในฝรั่งตัดแต่งที่บรรจุในสภาวะ 5%O_2+95%N_2 มีค่าต่ำที่สุด (Figure 5) ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tao และคณะ (2007) ที่พบว่าเห็ดที่เก็บในสภาวะ 5%O_2+3%CO_2 มีค่ากิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดสต่ำกว่าเห็ดที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ

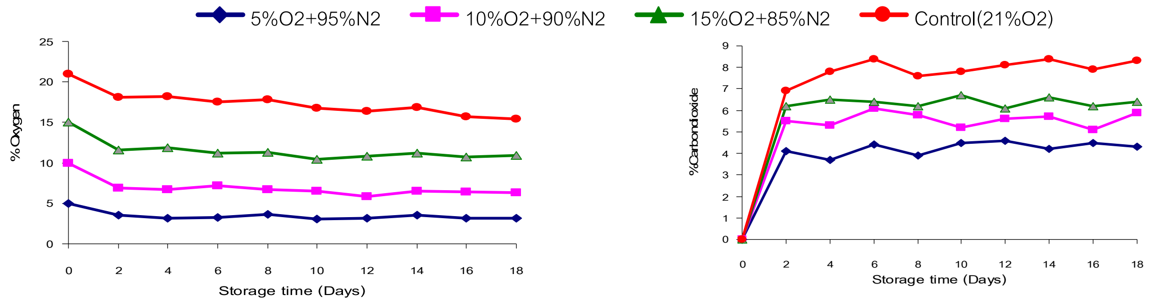


Figure 1 Oxygen and carbondioxide content in packages of fresh-cut guava stored at 5+2 °C.

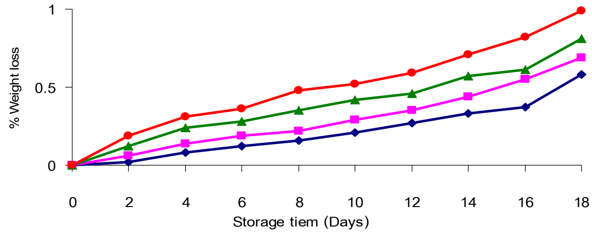


Figure 2 Weight loss of fresh-cut guava stored at 5+2°C.

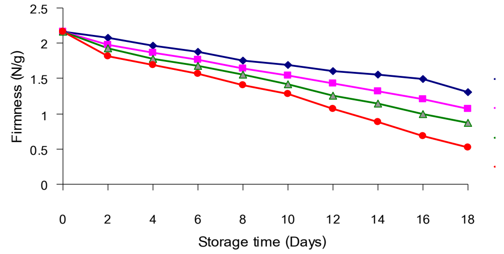


Figure 3 Firmness of fresh-cut guava stored at 5+2 °C.

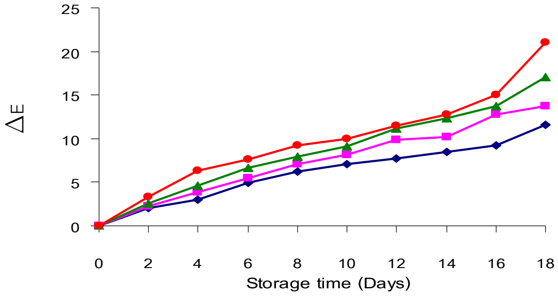


Figure 4 Δ E fresh-cut guava stored at 5+2 °C.

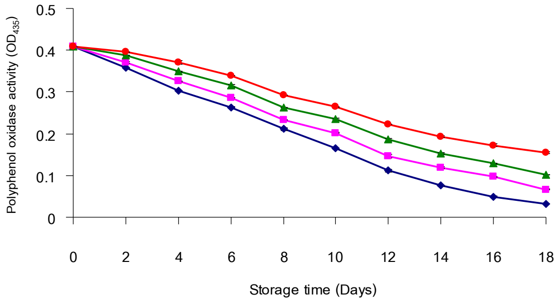


Figure 5 Polyphenol oxidase activity of fresh-cut guava stored at 5+2 °C

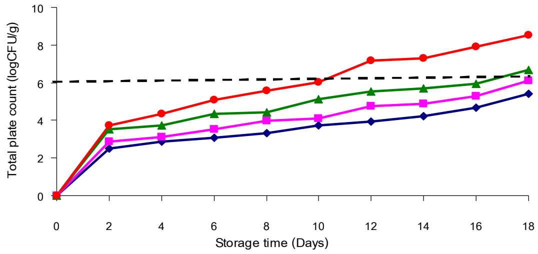


Figure 6 Total plate count of fresh-cut guava stored at 5+2 °C

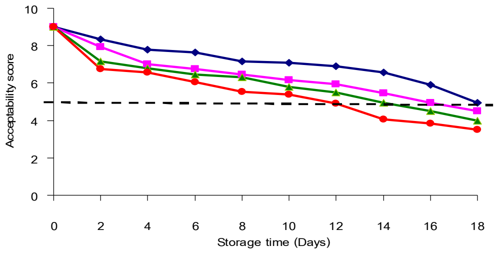


Figure 7 Acceptability score of fresh-cut guava stored at 5+2 °C

**Dash line indicates the limiting of microbial population.

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับค่า ΔE ที่ได้จากการทดลองนี้กล่าวคือฝรั่งที่บรรจุในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำมีกิจกรรมของพอลิฟีนอลออกซิเดสต่ำ ซึ่งส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เกิดขึ้นน้อย (Figure 4-5) เมื่อสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลชีววิทยาพบว่าฝรั่งตัดแต่งจากทุกสภาวะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Figure 6) และปริมาณยีสต์และราเพิ่มขึ้น (ไม่ได้แสดงผล) ในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการลดปริมาณออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ลงได้ โดยเฉพาะในกรณีของยีสต์และรานั้นไม่พบการเจริญจนกระทั่งถึงวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ทำให้ฝรั่งเสื่อมเสียส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศในการเจริญ ดังนั้นการลดปริมาณออกซิเจนจึงช่วยลด

จำนวนจุลินทรีย์ลงได้ สำหรับการเสื่อมเสียของตัวอย่างจะใช้เกณฑ์ที่กำหนดโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (ต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10^6 โคโลนี/กรัม, ยีสต์น้อยกว่า 10^4 โคโลนี/กรัม และราน้อยกว่า 500 โคโลนี/กรัม) ซึ่งพบว่าฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ 15%O_2+85%N_2, 10%O_2+90%N_2 และ 5%O_2+95%N_2 สามารถเก็บไว้ได้ 8, 14, 16 และอย่างน้อย 18 วันตามลำดับ ส่วนผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าฝรั่งตัดแต่งจากทุกสภาวะได้คะแนนการยอมรับน้อยลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (Figure 7) โดยคะแนนการยอมรับรวมของฝรั่งตัดแต่งที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติมีค่าลดลงเร็วกว่าฝรั่งตัดแต่งที่เก็บภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลง จากผลการทดลองพบว่า ฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ, 15%O_2+85%N_2, 10%O_2+90%N_2 และ 5%O_2+95%N_2 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบจนถึงวันที่ 12, 14, 16 และ 18 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำผลด้านคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยามาพิจารณาร่วมด้วยแล้วพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์คือที่ 5%O_2+95%N_2 โดยฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาที่สภาวะนี้เป็นเวลา 18 วัน มีค่าการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ค่า ΔE และกิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 0.58$\pm$0.03%, 1.31$\pm$0.07 นิวตัน/กรัม, 11.59$\pm$0.51 หน่วย และ 0.031$\pm$0.001 หน่วย ตามลำดับ

สรุปผล

ปริมาณออกซิเจนที่ใช้มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยการเก็บในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำสามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ดีกว่า สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาคือที่สภาวะ 5%O_2+95%N_2 ที่อุณหภูมิ 5$\pm$2 °C โดยพบว่าฝรั่งตัดแต่งมีคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 18 วัน

เอกสารอ้างอิง

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ มณฑิรา นพรัตน์ พัชยา วิริยะประกอบ และ ริสสา ดิษฐ์น้อย, 2552, ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค: ตอนที่ 1 ผลของแคลเซียมคลอไรด์และการใช้ความร้อนต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของฝรั่ง, การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนครั้งที่ 3, สารสกัดและน้ำมันหอมระเหยและการใช้ประโยชน์ของพืช, ระหว่างวันที่ 3-4 กันยายน 2552 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, P037: 61.

Bacteriological Analytical Manual, [Online], Available: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/Laboratory/Methods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/default.htm [May 14, 2009].

Bai, J., Saftner, R.A. and Watada, A.E., 2003, Characteristics of Fresh-Cut Honeydew (*Cucumis xmelo L.*) Available to Processors in Winter and Summer and Its Quality Maintenance by Modified Atmosphere Packaging, Postharvest Biology and Technology, 28: 349-359.

Bico, S.L.S., Raposo, M.F.J., Morais, R.M.S.C. and Morais, A.M.M.B., 2008, Combined Effects of Chemical Dip and/or Carrageenan Coating and/or Controlled Atmosphere on Quality of Fresh-Cut Banana, Journal of Food Control, 20: 508-514.

Eriksson, C., Gormley, T., Linko, P., Paulus, K. (Eds.). Processing and Quality of Foods, vol. 3, Elsevier, London, pp. 221-229.

Filiz, I., Hasan, Y. and Taner, B., 2008, Polyphenoloxidase Deactivation Kinetics During Ohmic Heating of Grape Juice, Journal of Food Engineering, 85: 410-417.

Lichter, A., Dvir, O., Rot, I., Ackerman, M., Regev, R., Wiesblum, A., Fallik, E., Zauberman G. and Fuchus, Y., 2000, Hot Water Brushing: An Alternative Method to SO_2 Fumigation for Colour Retention of Litchi Fruits, Postharvest Biology and Technology, 18: 235–244.

O'Bieme, D., 1990, Some Effects of Modified Atmosphere Packaging and Vacuum Packaging in Combination with Antioxidants on Quality and Storage life of Ready-to-Use Chilled Apples Slices, In: Zeuthen, P., Chefteol, J.,

Schlimme, D.V., Rooney, M.L., 1994, Packaging of Minimally Processed Fruits and Vegetables, In: Wiley, R.C. (Ed.) Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables, Chapman & Hall, New York, pp. 135-176.

Shewfelt, R.L., 1987, Quality of Minimally Processed Fruits and Vegetables, Journal of Food Quality. 10: 143-156.

Tao, F., Zhang, M. and Yu, H., 2007, Effect of Vacuum Cooling on Physiological Changes in the Antioxidant System of Mushroom under Different Storage Conditions, Journal of Food Engineering, 79: 1302-1309.

Whitaker, J.R., 1996, Enzymes. *In* Fennema, O.R. (ed.), Food Chemistry., 3rd edition, Marcel Dekker, INC., New York, 431-530.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 133-136 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 133-136 (2552)

ผลของระยะการสุกแก่ที่มีต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ

Effect of Capsule Maturity on Storability of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.)

อภิรดี สุวรรณชัยรบ[1] สุนันทา จันทกูล[1] วันชัย จันทร์ประเสริฐ[1] และ สุเทวี ศุขปราการ[2]
Suwannachairob, A.[1], Juntakool, S.[1], Janprasert, W.[1] and Sukprakarn, S.[2]

Abstract

The effect of capsule maturity on storability of 2 physic nut accessions was studied at National Corn and Sorghum Research Center, Pakchong, Nakhon Ratchasima Province and Seed Technology Laboratory, Department of Agronomy, Faculty of Ariculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok. The experiment was arranged in 2×3×2 factorial in completely randomized design with 4 replications. The three factors were: 1) two seed accessions (KUBP20 and KUBP65); 2) three maturity stages (70, 90 and 110 DAA) and 3) two storage conditions (ambient condition and controlled room at 20°C, 40% R.H). The determinations of seed moisture content, standard germination, field emergence and free fatty acid were conducted at 2, 4 and 6 months after storage. The results revealed that seed deterioration increased during storage and was not significantly different between KUBP20 and KUBP65. Seed harvested at 90 DAA showed higher storability than those at 70 and 110 DAA. Physic nut seeds could maintain their quality better in controlled room (20°C, 40% R.H.) than in ambient condition.

Keywords: maturity, storage, physic nut

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของระยะการสุกแก่ที่มีต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ 2 accessions ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา และห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร โดยวางแผนการทดลองแบบ factorial in completely randomized design จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือ เมล็ดพันธุ์สบู่ดำ 2 accessions ได้แก่ KUBP20 และ KUBP65 ระยะการสุกแก่ 3 ระยะ ได้แก่ 70, 90 และ 110 วันหลังผสมเกสร และ สภาพการเก็บรักษา 2 สภาพ ได้แก่ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่สภาพควบคุม (อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์) โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ทำการตรวจสอบคุณภาพโดยการตรวจสอบความชื้น ความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงปลูก และเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระ ในช่วง 2, 4 และ 6 เดือน ผลการทดลองพบว่าเมล็ดพันธุ์สบู่ดำทั้ง 2 accessions มีการเสื่อมคุณภาพเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา แต่ไม่แตกต่างกันในระหว่าง accession เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวที่ระยะสุกแก่ 90 วันหลังผสมเกสร มีความสามารถในการเก็บรักษาสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ 70 และ 110 วันหลังผสมเกสร และเมล็ดพันธุ์สบู่ดำเมื่อเก็บรักษาไว้ในสภาพควบคุมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ สามารถรักษาคุณภาพของเมล็ดดีกว่าในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

คำสำคัญ: การสุกแก่ การเก็บรักษา สบู่ดำ

คำนำ

สบู่ดำ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha curcas* Linn. อยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae (supurge family) (Linnaeus, 1753) ซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกับละหุ่ง ยางพารา และมันสำปะหลัง (สมบัติ, 2549) สบู่ดำจะออกดอกไม่พร้อมกัน และทยอยออกดอกตลอดปี จึงสุกแก่และเก็บเกี่ยวไม่พร้อมกัน (Jones และ Miller, 1992) การเก็บเกี่ยวเมล็ดก่อนถึงระยะสุกแก่ หรือขณะที่เมล็ดยังอ่อนอยู่นั้น จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำ อายุการเก็บรักษาสั้น และเมล็ดสูญเสียความมีชีวิตเร็ว หากเก็บเกี่ยวล่าช้าเกินไป การ

[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

เสื่อมของเมล็ดบนต้นจะเกิดขึ้น โดยเฉพาะในสภาพแปลงปลูกที่มีความชื้นและอุณหภูมิสูง (Bradford, 2004) นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้องเหมาะสม เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาที่ดีที่สุดและมีอายุการเก็บรักษายาวนานที่สุด การทดลองนี้จึงต้องการศึกษาผลของระยะสุกแก่ที่มีต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ เพื่อต้องการทราบความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ระยะสุกแก่และสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ผลการทดลองที่ได้คาดว่า จะเป็นแนวทางสำคัญในการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ เพื่อการนำไปปลูกขยายต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดพันธุ์สบู่ดำ 2 accessions ที่นำมาศึกษาทดลองได้แก่ KUBP20 (มุกดาหาร) และ KUBP65 (ลำปาง) ซึ่งมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง โดยทำการเก็บเกี่ยวผลที่มีอายุสุกแก่ 3 ระยะ คือ 70, 90 และ 110 วันหลังผสมเกสร ซึ่งผลจะมี สีเหลืองอมน้ำตาล, สีน้ำตาล และสีน้ำตาลดำ ตามลำดับ กะเทาะเมล็ดและลดความชื้นให้เหลือประมาณ 5-7 เปอร์เซ็นต์ บรรจุไว้ในถุงพลาสติก เก็บรักษาไว้ใน 2 สภาพ คือ สภาพอุณหภูมิห้องและสภาพควบคุม (อุณหภูมิ 20 °C, 40% R.H.) เป็นเวลา 6 เดือน สุ่มตรวจสอบคุณภาพทุกๆ 2 เดือน คุณภาพที่ตรวจสอบ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความชื้น (ISTA, 2006) ความงอกมาตรฐาน (ISTA, 2006) ความงอกในสภาพไร่ และกรดไขมันอิสระ (AOAC, 2000) วางแผนการทดลองแบบ factorial in complete randomized design ทำ 4 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความชื้นของเมล็ดสบู่ดำทั้งสอง accession และ 3 ระยะการสุกแก่ ก่อนนำเข้าเก็บรักษามีค่าเฉลี่ยระหว่าง 5.56-5.85 (Table 1) ความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามพบว่าความผันแปรเพิ่มขึ้นของความชื้นมีผลมาจากสภาพการเก็บรักษามากกว่าพันธุ์ หรือระยะสุกแก่ของเมล็ด เมล็ดที่เก็บรักษาไว้ในสภาพที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้นกว่าเมล็ดที่เก็บรักษาไว้ในสภาพควบคุม (อุณหภูมิ 20 °C, 40% R.H.) เนื่องจากเมล็ดมีคุณสมบัติเป็น hygroscopic material จึงดูดหรือคายความชื้นให้กับบรรยากาศเพื่อให้เกิดความสมดุลย์ (Harrington, 1972) ดังนั้นในสภาพที่ไม่ควบคุมเมล็ดจึงมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าในสภาพควบคุม

เมล็ดพันธุ์สบู่ดำทั้งสอง accession มีเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานไม่แตกต่างกัน (Table 1) แต่ระยะการสุกแก่ของผลนั้นมีผลต่อคุณภาพของเมล็ด ซึ่งพบว่า เมล็ดที่เก็บเกี่ยวที่อายุ 70 วันหลังผสมเกสร (ผลมีสีเหลืองอมน้ำตาล) มีเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานสูงสุด ความงอกของเมล็ดทั้งสามระยะการสุกแก่จะลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพบว่า เมล็ดที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 70 วันหลังผสมเกสร มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของความงอกมากที่สุด (18.37%) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเก็บรักษา เมล็ดที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา คือ เมล็ดที่มีอายุเก็บเกี่ยวที่ 90 วันหลังผสมเกสร เมื่อเปรียบเทียบสภาพการเก็บรักษา พบว่า เมล็ดที่เก็บเกี่ยวในสภาพอุณหภูมิห้องมีความงอกลดลงมากกว่าการเก็บในสภาพควบคุม สอดคล้องกับรายงานของ Ratree (2004) ที่พบว่า เมล็ดสบู่ดำที่เก็บในสภาพควบคุม 20 °C จะมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่เก็บในสภาพอุณหภูมิห้อง

ความงอกในแปลงปลูก (นับที่ 21 วันหลังปลูก) เป็นอีกดัชนีหนึ่งของความแข็งแรงของเมล็ดนั้นให้ผลสอดคล้องกับความงอกมาตรฐาน กล่าวคือ เมล็ดสบู่ดำทั้งสอง accession มีความงอกในแปลงปลูกไม่แตกต่างกัน ความงอกในแปลงปลูกมีค่าลดลงตามอายุการเก็บรักษา (Table 2) เมื่อเก็บรักษานาน 6 เดือน เมล็ดที่เก็บเกี่ยวที่อายุ 90 วันหลังผสมเกสร มีเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงสูงสุด รองลงมาเป็นเมล็ดที่เก็บเกี่ยวที่ระยะ 70 และ 110 วันหลังผสมเกสร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบ 2 สภาพการเก็บรักษา ก็ให้ผลไปในทำนองเดียวกันกับความงอกมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระซึ่งป็นดัชนีที่แสดงถึงการเสื่อมของเมล็ดนั้นพบว่า เมล็ดสบู่ดำทั้งสอง accession มีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษาและพบว่าเมล็ดที่มีอายุเก็บเกี่ยวที่ระยะ 110 วันหลังผสมเกสร มีค่ากรดไขมันอิสระน้อยที่สุด แต่พบการเพิ่มของกรดไขมันอิสระในระหว่างการเก็บรักษามากกว่าเมล็ดที่เก็บเกี่ยวใน 2 ระยะแรก และเพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัวเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการเก็บรักษา (Table 2) Priestley (1986) กล่าวว่า กรดไขมันอิสระสะสมมากขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา peroxidation ของไขมันในเมล็ด (Allen และ Hamilton,1994) เมื่อเปรียบเทียบ 2 สภาพการเก็บรักษา พบว่า เมล็ดสบู่ดีเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องมีค่ากรดไขมันอิสระสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาพควบคุม

เป็นที่น่าสังเกตว่า กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของเมมเบรนมากกว่าการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของกรดไขมันรวมของเมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Pearce และ Samad (1980) และ Perez และ Arguello (1995) อย่างไรก็ตามกรดไขมันอิสระที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเสื่อมของคุณภาพเมล็ดซึ่งทำให้

ความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงปลูกลดลง (Table 1 และ 2) ทั้งนี้เนื่องจากกรดไขมันอิสระนี้มีส่วนในการทำลายเมมเบรน โปรตีน เอนไซม์ และวิตามิน จึงส่งผลโดยตรงต่อการเสื่อมของเมล็ด เช่นเดียวกับรายงานที่พบในพืชหลายชนิด เช่น ในถั่วเหลือง (Robert และคณะ, 1980) ถั่วมะแฮะ (Kalpana และ Raq, 1994) และ Atriplex (Aiazzi และคณะ, 1996) เป็นต้น

Table 1 Moisture content (%) and germination (%) of three maturity stages of two physic nut accessions at ambient and controlled room (20 °C, 40% R.H.) at 0, 2, 4 and 6 months.

Treatment	Moisture content (%)				Germination (%)			
	0 month	2 month	4 month	6 month	0 month	2 month	4 month	6 month
Accession								
KUBP20	D[2/] 5.72a[1/]	C 6.45a	B 7.35a	A 8.01a	A93.17a	B 88.75a	C 83.42a	D 77.83a
KUBP65	D 5.56a	C 6.24b	B 7.21a	A 7.83a	A 94.50a	B 89.33a	C 84.75a	D 79.08b
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*
Maturity stage								
70 DDA	D 5.85a	C 6.31a	B 7.49a	A 8.03a	A 96.75a	B 91.88a	C 84.50b	D 78.38b
90 DDA	D 5.63a	C 6.28a	B 7.17b	A 7.87a	A 94.00b	B 88.88b	C 86.25a	D 80.63a
110 DDA	D 5.67a	C 6.45a	B 7.20b	A 7.87a	A 90.75c	B 86.38c	C 81.50c	D 76.38c
F-test	ns	ns	**	ns	**	**	**	**
Storage condition								
Ambient condition	D 5.64a	C 6.48a	B 7.43a	A 8.06a	A 93.83a	B 88.08b	C 82.75b	D 77.25b
Controlled room (20 °C, 40% R.H.)	D 5.64a	C 6.21b	B 7.13b	A 7.77b	A 93.83a	B 90.00a	C 85.42a	D 79.67a
F-test	ns	**	**	*	ns	**	**	**
C.V. (%)	4.8	5.0	4.1	5.5	1.9	2.5	2.9	2.4

*: Significant at 95% probability level; **: Significant at 99% probability level; ns = Non Significant

1/ Mean values followed by the same letter in each column are not significantly different at the probability level of 0.05

2/ Mean values followed by the same letter in each row are not significantly different at the probability level of 0.05

Table 2 Field emergence (%) and free fatty acid (%) of three maturity stages of two physic nut accessions at ambient and controlled room (20 °C, 40% R.H.) at 0, 2, 4 and 6 months.

Treatment	Field emergence (%)				Free fatty acid (%)			
	0 month	2 month	4 month	6 month	0 month	2 month	4 month	6 month
Accession								
KUBP20	A[2/] 91.17a[1/]	B 86.42a	C 81.50a	D 77.67a	D2.30b	C 2.68a	B 3.07b	A 3.31b
KUBP65	A 91.50a	B 86.08a	C 82.08a	D 77.25a	D 2.42a	C 2.73a	B 3.14a	A 3.36a
F-test	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	**
Maturity stage								
70 DDA	A 93.50a	B 86.25a	C 81.88ab	D 77.13b	D 2.77a	C 2.92a	B 3.27a	A 3.48a
90 DDA	A 91.50b	B 88.25a	C 84.00a	D 79.38a	D 2.51b	C 2.81a	B 3.10b	A 3.31b
110 DDA	A 89.00c	B 84.25b	C 79.50b	D 75.88c	D 1.81c	C 2.39b	B 2.98c	A 3.21c
F-test	**	**	**	*	**	**	**	**
Storage condition								
Ambient condition	A 91.33a	B 85.17b	C 80.75a	D 76.33b	D 2.36a	C 2.75a	B 3.14a	A 3.35a
Controlled room (20 °C, 40% R.H.)	A 91.33a	B 87.33a	C 82.83a	D 78.58a	D 2.36a	C 2.66a	B 3.07b	A 3.32b
F-test	ns	*	ns	*	ns	ns	**	*
C.V. (%)	2.3	3.9	4.5	4.0	3.4	4.8	2.1	1.2

*: Significant at 95% probability level; **: Significant at 99% probability level; ns = Non Significant

1/ Mean values followed by the same letter in each column are not significantly different at the probability level of 0.05

2/ Mean values followed by the same letter in each row are not significantly different at the probability level of 0.05

สรุปผล

เมล็ดพันธุ์สบู่ดำทั้งสอง accession (KUBP20 และ KUBP65) มีความสามารถในการเก็บรักษาไม่แตกต่างกัน เมล็ดที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ 90 วันหลังผสมเกสร สามารถรักษาคุณภาพของเมล็ด เช่น ความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงปลูก ในระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่าเมล็ดที่เก็บเกี่ยวในระยะการสุกแก่ที่ 70 และ 110 วันหลังผสมเกสร การเก็บรักษาเมล็ดในสภาพควบคุมช่วยรักษาคุณภาพเมล็ดได้ดีกว่าในสภาพอุณหภูมิห้อง แต่สภาพการเก็บรักษาและระยะเวลาเก็บรักษา (6 เดือน) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ด

เอกสารอ้างอิง

สมบัติ ชิณะวงศ์, 2549, การปลูกและการใช้ประโยชน์จากสบู่ดำ, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

Aiazzi, M.T., Arguello, J.A., Perez, M.A., Rienzo, J.D. and Guzman, C.A., 1996, Deterioration in *Atriplex Cordobensis* (Gandoger et stuckert) Seed: Natural and Acerlerated Aging, Seed Science and Technology, 25: 147-155.

Allen, J.C. and Hamilton, R.J., 1994, Ranceidity in Food, 3rd Ed., Chapman & Hall, Glasgow, UK.

AOAC, 2000, Oil and Fat, In Official Method of Analysis of AOAC International, 17th Ed., Official Method, 940(28): 23-25.

Bradford, K.J., 2004, Seed Production and Quality [online], Available: http://www.plantsciences.ucdavis.edu/veghome/classes/Spring2004/AMR118/index.html [April 24, 2008]

Harrington, J.F., 1972, Seed Storage and Longevity, Seed biology, Vol.3, New York, Academic Press, Inc. 145-245.

ISTA, 2006, International Rules for Seed Testing, Edition 2006, International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.

Jones, N. and Miller, J.H., 1992, Jatropha *curcas*: A Multipurpose Species for Problematic Sites, The World Bank Asia Technical Department Agriculture Division.

Kalpana, R. and Raq, K.V.M., 1994, Absence of the Roe of Lipid Peroxidation during Accelerated Aging of Seed of Pigeonpea (*Cajanus eajn* (L.) Millsp.) Caltivars, Seed Science and Technology, 22: 253-260.

Linnaeus, C., 1753, Species Plantarum, Jatropha, Impensis Laurentii Salvii, Stockholm, pp. 1006-1007.

Pearce, R.S. and Samad, I.M.A., 1980, Change in Fatty Acid Content of Polar Lipids During Aging of Seed of Peanut (*Arachis hypogea* L.), Journal of Experimental Botany, 31 (124): 1283-1290.

Perez, M.A. and Arguello, J.A., 1995, Deterioratio in Peanut (*Arachis hypogea* L. cv. Florman) Seed under Natural and Accelerated Aging, Seed Science and Technology, 23: 439-445.

Priestley, D.A., 1986, Seed Aging: Implications for Seed Storage and Persistence in the Soil, Comstock Publishing Associates, London.

Ratree, S., 2004, Preliminary Study on Physic Nut (*Jatropha curcas* L.) in Thailand, Pakistan Journal of Biological Sciences, 7: 1620-1623.

Roberts, R., Stewart, C. and Bewley, J.D., 1980, Lipid Peroxidation Associated with Accelerated Aging of Soybean Axes, Plant Physiology, 65: 245-248.

ผลของรังสี UV-C ต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในคะน้า

Effect of UV-C Irradiation on Antioxidant Activities in Chinese kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*)

ชัยรัตน์ บูรณะ[1] และ วาริช ศรีละออง[1]
Burana, C.[1] and Srilaong, V.[1]

Abstract

Chlorophyll degradation during storage is a major postharvest problem of Chinese kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) which rapidly occurs within a few days. It has been reported that the UV-C irradiation delayed the color change in many crops including Chinese kale. However, the effect of UV-C on antioxidant activities in Chinese kale was not well described. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of UV-C on the quality and antioxidant activities of Chinese kale. Chinese kale was treated with UV-C (0 (control), 3.6 and 5.4 $kJ \cdot m^{-2}$) after that stored at 20°C (95 ± 2% RH). The results indicated that UV-C irradiation stimulated the enzymatic antioxidant activities including catalase (CAT), peroxidase (POD) and superoxide dismutase (SOD). Furthermore, the decreasing of vitamin C and carotenoids were delayed by UV-C. The results suggested that UV-C irradiation could be a useful non-chemical treatment to maintain the quality of Chinese kale by activating enzymatic antioxidant system.

Keywords: chinese kale, UV-C, antioxidant

บทคัดย่อ

คะน้า (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) เป็นผักกินใบที่มีการเปลี่ยนแปลงสีอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลือง จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้รังสี UV โดยเฉพาะรังสี UV-C สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีในพืชได้หลายชนิด แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลในเรื่องของรังสี UV-C ต่อระบบการต้านอนุมูลอิสระในพืช งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรังสี UV-C ต่อคุณภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในคะน้าหลังการเก็บเกี่ยว โดยการฉายรังสี UV-C คะน้าที่ระดับความเข้ม 0 (การทดลองควบคุม) 3.6 และ 5.4 กิโลจูลต่อตารางเมตร จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 ± 2 ผลการทดลองพบว่าการฉายรังสี UV-C สามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระได้แก่ catalase (CAT) peroxidase (POD) และ superoxide dismutase (SOD) โดยคะน้าที่ผ่านการฉายรังสี UV-C มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าคะน้าที่ไม่ฉายรังสี UV-C นอกจากนี้ยังพบว่าการฉายรังสี UV-C ยังสามารถชะลอการลดลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินซี และคาโรทีนอยด์ ของคะน้าในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นการฉายรังสี UV-C จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถรักษาคุณภาพของคะน้าโดยไม่ใช้สารเคมี ซึ่งการเพิ่มขึ้นของระบบการต้านอนุมูลอิสระแบบ enzymatic อาจเป็นปัจจัยที่ช่วยรักษาคุณภาพของคะน้าได้

คำสำคัญ: คะน้า ยูวีซี สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

คะน้า (*Brassica oleraceae* var. *alboglabra*) เป็นผักที่สำคัญมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย เนื่องจากสามารถปลูกได้ง่ายและปลูกได้ตลอดทั้งปี นอกจากนี้ผู้บริโภคให้ความนิยมเพราะมีรสชาติอร่อย ราคาถูก ประกอบกับทั้งยังมีคุณค่าอาหารสูง ซึ่งมีวิตามินเอ วิตามินซีสูง และสารต้านอนุมูลอิสระสูง คะน้ายังประกอบด้วยสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรท โปรตีน แร่ธาตุ แคลเซียม และฟอสฟอรัสสูงอีกด้วย (ไฉน, 2542) สำหรับการบริโภคในปัจจุบันพบว่าสามารถรับประทานสด โดยการใช้เป็นเครื่องเคียงกับอาหารชนิดอื่นหรือนำไปปรุงให้สุกเป็นอาหารหลากหลายชนิด อย่างไรก็ตามพบว่าคะน้ายังคงมีกระบวน การเม

[1]สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[1]Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology / Postharvest Technology Innovation Center, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

ทาบอลิซึมต่างๆ เกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว จึงเกิดการสูญเสียคุณภาพทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับเช่น การเปลี่ยนเป็นสีเหลือง การเหี่ยว การลดลงของปริมาณสารอาหารต่างๆ รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเหลืองของคะน้า (Yellowing) เป็นปัญหาที่สำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้คะน้าเกิดการสูญเสียคุณภาพซึ่งเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์หรือรงควัตถุสีเขียวที่เป็นองค์ประกอบในใบคะน้า โดยปกติการฉายรังสี UV-C หรือรังสีใดๆ ก็ตามสามารถกระตุ้นการสร้างอนุมูลอิสระในสิ่งมีชีวิต เช่นการสร้างอนุมูลอิสระในเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งทำให้ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการฉายรังสี UV-C สามารถรักษาคุณภาพของคะน้าได้ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ารังสี UV-C สามารถกระตุ้นระบบการต้านอนุมูลอิสระในคะน้าเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดจากการฉายรังสี UV-C ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรังสี UV-C ต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในคะน้า โดยศึกษาการต้านอนุมูลอิสระทั้งระบบ enzymatic และ non-enzymatic

อุปกรณ์และวิธีการ

คะน้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือคะน้าพันธุ์ฝางเบอร์ 1 ซึ่งซื้อมาจากตลาดกลางปากคลอง กรุงเทพมหานคร ทำการคัดคุณภาพโดยเลือกคะน้าที่มีขนาดสม่ำเสมอ และไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง ทำการลดอุณหภูมิหลังการเก็บเกี่ยวด้วยน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกระทั่งอุณหภูมิภายในต้นลดลงเหลือ 20 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นทำการตัดแต่งบริเวณโคนต้นด้วยมีดที่มีความคม และตัดแต่งใบออกให้เหลือต้นละ 5 ใบ หลังจากนั้นนำคะน้าไปฉายรังสี UV-C ที่ระดับความเข้ม 3.6 และ 5.4 กิโลจูลต่อตารางเมตร โดยชุดควบคุมคือคะน้าที่ไม่ฉายรังสี (0 กิโลจูลต่อตารางเมตร) จากนั้นนำคะน้าที่เตรียมได้ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95±2 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) แต่ละการทดลองมี 4 ซ้ำ ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 2 วัน เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการต้านอนุมูลอิสระซึ่งประกอบด้วย Catalase (Aebi,1984) Peroxidase (Jiang และคณะ, 1984) และ Superoxide dismutase (Ukeda และคณะ, 1997) นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระซึ่งประกอบด้วยวิตามินซี (Roe และคณะ, 1943) และคาร์โรทีนอยด์ (Moran, 1982)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของรังสี UV-C ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต้านอนุมูลอิสระได้แก่ CAT POD (Figure 1) และ SOD (Figure 2) พบว่าการฉายรังสี UV-C สามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในคะน้าได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมของเอนไซม์ POD และ SOD ซึ่งมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งพบว่าการฉายรังสี UV-C ที่ระดับ 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร มีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวสูงกว่าการฉายรังสีที่ระดับ 5.4 กิโลจูลต่อตารางเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Erkan (2008) ซึ่งพบว่ารังสี UV-C สามารถลดการเสื่อมสภาพและกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ POD และ SOD ในสตรอเบอรี่ได้ รวมทั้งงานวิจัยของ Costa และคณะ (2002) พบว่ารังสี UV-C สามารถกระตุ้นการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในใบเลี้ยงของทานตะวันได้ เนื่องจากการฉายรังสี UV-C เป็นการชักนำให้พืชเกิดสภาวะเครียด ซึ่งเป็นการกระตุ้นระบบการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในพืช นอกจากนี้ Costa และคณะ (2006) รายงานว่าการฉายรังสีบร็อคโคลี่ด้วย UV-C ที่ความเข้ม 10 กิโลจูลต่อตารางเมตร จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สามารถกระตุ้นการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ตลอดจนชะลอการลดลงของสารต้านอนุมูลอิสระในบร็อคโคลี่ ซึ่งเป็นการรักษาคุณค่าทางโภชนาการพร้อมกับการรักษาคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏ

นอกจากนี้จากการทดลองยังพบว่าการฉายรังสี UV-C สามารถชะลอการลดลงของปริมาณวิตามินซีและคาร์โรทีนอยด์ (Figure 3) โดยพบว่าคะน้าที่ผ่านการฉายรังสีที่ระดับความเข้ม 3.6 และ 5.4 กิโลจูลต่อตารางเมตร มีปริมาณวิตามินซีและคาร์โรทีนอยด์ สูงกว่าชุดทดลองควบคุม ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากฉายรังสี UV-C สามารถลดการสูญเสียน้ำของคะน้าได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ได้แสดงผล) ซึ่งการสูญเสียน้ำของผลิตผลสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ Ascorbic acid oxidase Polyphenol oxidase และ Peroxidase ส่งผลทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างรวดเร็ว (จริงแท้, 2538; ดิเรก และคณะ, 2546) สำหรับคาร์โรทีนอยด์จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งจากการทดลองเห็นได้ว่าการฉายรังสี UV-C สามารถชะลอการสลายตัวของคาร์โรทีนอยด์ได้เช่นกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการฉายรังสี UV-C รักษาคุณภาพของคะน้าได้โดยการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ในระบบการต้านอนุมูลอิสระและชะลอการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระ

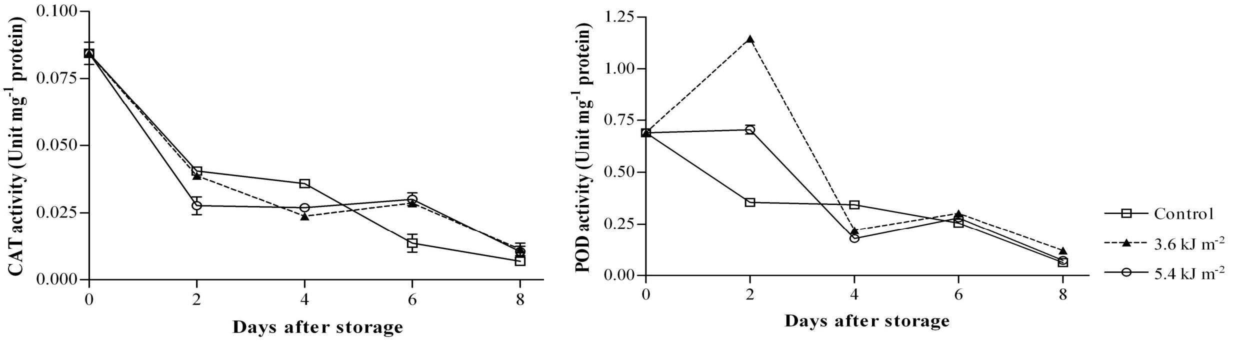


Figure 1 Activity of catalase (CAT) and peroxide (POD) from UV-C irradiated Chinese kale at 0 (control), 3.6 and 5.4 kJm^2, kept at 20°C and RH 95±2%.

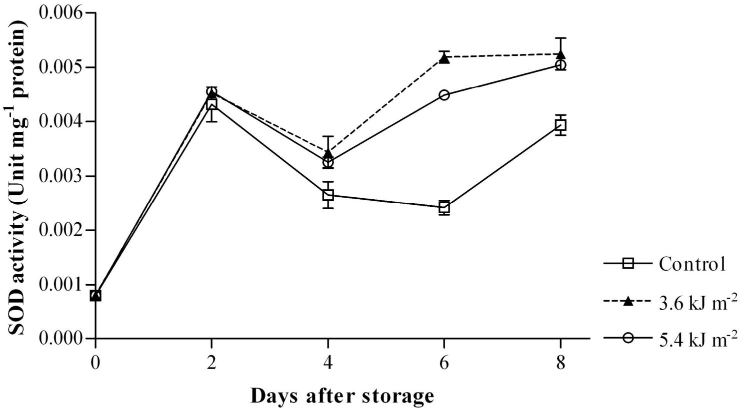


Figure 2 Activity of superoxide dimustase (SOD) from UV-C irradiated Chinese kale at 0 (control), 3.6 and 5.4 kJm^2, kept at 20°C and RH 95±2%.

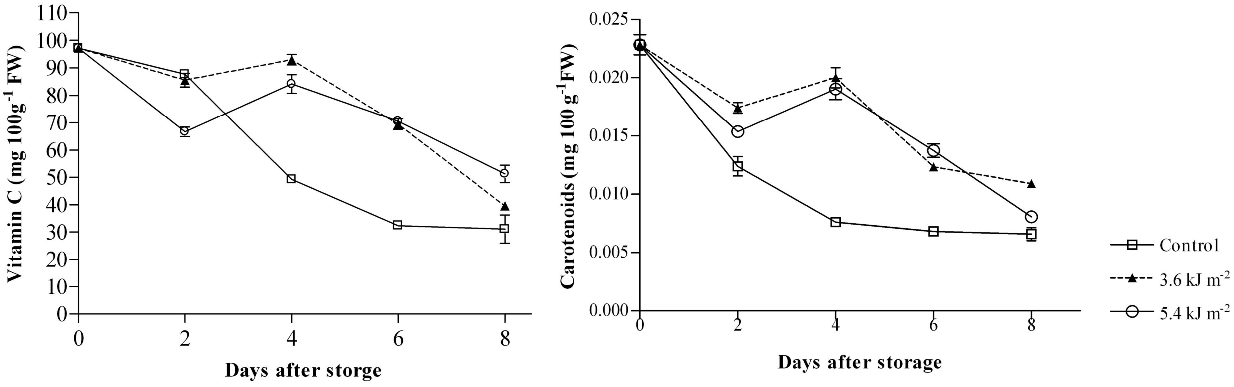


Figure 3 Change of vitamin C and carotenoid of UV-C irradiated Chinese kale at 0 (control), 3.6 and 5.4 kJm^2, kept at 20°C and RH 95±2%.

สรุปผล

การฉายรังสี UV-C สามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระได้แก่ CAT POD และ SOD อีกทั้งยังสามารถชะลอการลดลงของปริมาณวิตามินซีและคาโรทีนอยด์ในคะน้า ดั้งนั้นการฉายรังสี UV-C จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการรักษาคุณค่าทางโภชนาการแบบไม่ใช้สารเคมี

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2546, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, พิมพ์ครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 396 หน้า.

ไฉน ยอดเพชร, 2542, พืชผักตระกูลครูซิเฟอร์, สำนักพิมพ์รั้วขียว, กรุงเทพฯ, 195 หน้า.

ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2546, การจัดการการผลิตไม้ผลและผัก, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, หน้า 245–309.

Aebi, H., 1984, Catalase *in Vitro* Method in Enzymology, 105: 121-126.

Costa, H., Gallego, S.M. and Tomaro, M.L., 2002, Effect of UV-B Radiation on Antioxidant Defense System in Sulflower Cotyledons, Plant Science, 162: 939-945.

Costa, M.L., Vicente, A.R., Civello, P.M., Chaves, A.R. and Martinez, G.A., 2006, UV-C Treatment Delays Postharvest Senescence in Broccoli Florets, Postharvest Biology and Technology, 39: 204-210.

Erkan, M., Wang, S.Y. and Wang, C.Y., 2008, Effect of UV Treatment on Antioxidant Capacity, Antioxidant Enzyme Activity and Decay in Strawberry, Postharvest Biology and Technology, 48: 163-171.

Jiang, A.L., Tian, S.P. and Xu, Y., 1984, Effects of Controlled Atmospheres with High-O_2 or High CO_2 Concentrations on Postharvest Physiology and Storability of "Napoleon" sweet cherry J. of Integrative, Plant Biology, 44: 925-930.

Moran, R., 1982, Formulae for Determination of Chlorophyllous Pigments Extracted with *N, N* Dimethylformamide. Plant Physiology, 69: 1376-1381.

Roe, J.H. and Kuether, C.A., 1943, Determination of Ascorbic Acid in Whole Blood and Urine Through the 2,4-dinitrophenylhydrazine Derivative of Dehydroascorbic Acid, Journal of Biological Chemistry, 147: 399-407.

Ukeda, H., Maeda, S., Ishii, T. and Sawamura, M., 1997, Spectrophotometric Assay for Superoxide Dismutasebased on Tetrazolium Salt 3-{1-[(Phenylamino)-carbonyl] -3, 4-tetrazolium} - bis(4-methoxy-6 nitro)benzenesulfonic Acid Hydrate Reduction by Xanthine–Xanthine Oxidase, Annual Review of Biochemistry. 251: 206–209.

ผลของกระบวนการเตรียมต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารจากเปลือกมะม่วงแก้ว

Effect of Preparation Methods on Chemical Compositions and Functional Properties of Dietary Fiber from Mango Peel (*Mangifera indica* Linn.)

โศรดา วัลภา[1] กุลรภัส วชิรศิริ[1] ดำรงชัย สิทธิสำอางค์[1] และ ฐิติชญา สุวรรณทัพ[1]

Wanlapa, S.[1], Wachirasiri, K.[1], Sithisam-ang, D.[1] and Suwannathup, T.[1]

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of two preparation methods: dry milling and wet milling and blanching time (1, 3 and 5 min) on chemical composition and functional properties of dietary fiber from mango peel (*Mangifera indica* Linn.). The chemical compositions and functional properties of dietary fibers were determined. It was found that both preparation methods and blanching time had a significant effect ($p \leq 0.05$) on the chemical compositions and functional properties of dietary fiber from mango peel except for the fat content ($p>0.05$). Significant interactions between milling method and blanching time were found for soluble dietary fiber (SDF), insoluble dietary fiber (IDF), total dietary fiber (TDF) and sugar content but not those of protein and ash content, water holding capacity (WHC), oil holding capacity (OHC). Wet milling method gave the dietary fiber having higher protein, SDF, IDF and TDF content, WHC and OHC and lower content of ash and sugar than dry milling. Longer blanching time increased protein content, WHC and OHC and tended to increased the losses of SDF, IDF TDF and sugar content. The mango peel dietary fiber prepared by wet milling and longer blanching time showed significantly higher antioxidative capacities ($p \leq 0.05$).

Keywords: mango peel, dietary fiber, milling, blanching

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการเตรียมวัตถุดิบที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ การบดแห้งและการบดเปียก และระยะเวลาที่ใช้ในการลวก (1, 3 และ 5 นาที) ที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารจากเปลือกมะม่วงแก้ว (*Mangifera indica* Linn.) ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารที่ได้ จากการทดลองพบว่าทั้งวิธีการเตรียมและระยะเวลาในการลวกน้ำร้อนมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นปริมาณไขมันซึ่งไม่ได้รับผลจากปัจจัยทั้งสอง ($p>0.05$) วิธีการเตรียมและระยะเวลาในการลวกมีปฏิกิริยาร่วมต่อปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ ปริมาณใยอาหารทั้งหมด และปริมาณน้ำตาล แต่ไม่มีปฏิกิริยาร่วมต่อปริมาณโปรตีน เถ้า ความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำมัน การเตรียมโดยวิธีการบดเปียกมีผลทำให้ใยอาหารที่ได้มีปริมาณโปรตีน ใยอาหาร ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถในการอุ้มน้ำมันสูงกว่าและมีปริมาณเถ้าและน้ำตาลต่ำกว่าการเตรียมโดยวิธีการบดแห้ง ระยะเวลาในการลวกที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ใยอาหารที่ได้มีปริมาณโปรตีน ความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำมันเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มที่จะทำให้มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และน้ำตาลลดลง ใยอาหารที่เตรียมโดยวิธีการบดเปียกและใช้ระยะเวลาในการลวกนานขึ้นจะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าใยอาหารที่เตรียมโดยการบดแห้ง และลวกเป็นระยะเวลาน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: เปลือกมะม่วง ใยอาหาร การบด การลวก

คำนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) นับเป็นผลไม้ที่มีการผลิตและนำมาใช้ในการแปรรูปในปริมาณมากในประเทศไทย โดยเฉพาะมะม่วงแก้วซึ่งสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ ในระดับอุตสาหกรรม เช่น มะม่วงกระป๋อง มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง มะม่วงทอดกรอบ มะม่วงดองเป็นต้น ในกระบวนการแปรรูปดังกล่าวทำให้เกิดเปลือกที่ซึ่งเป็นขยะปริมาณ 12-20

[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

เปอร์เซ็นต์ (จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ) โรงงานหลายแห่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัด บางแห่งนำมาหมักเป็นปุ๋ยหรืออาหารสัตว์ ผู้ประกอบการจึงมีความต้องการนำเปลือกมะม่วงที่เป็นขยะเหล่านี้มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น เปลือกมะม่วงเป็นแหล่งที่ดีของใยอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น พอลิฟีนอลและแคโรทีนอยด์ (Larrauri และคณะ, 1999) ใยอาหารจากเปลือกมะม่วงจึงมีศักยภาพที่จะสามารถใช้ในการเป็นส่วนประกอบของอาหารเพื่อสุขภาพได้ดี งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ใยอาหารที่มีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายสูงและมีสมบัติเชิงหน้าที่ที่เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้ได้วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล ศึกษา 2 ปัจจัย คือ ระยะเวลาในการลวกในน้ำเดือด 3 ระดับ คือ 1, 3 และ 5 นาที และวิธีการเตรียมวัตถุดิบ 2 วิธีคือ การบดเปียกและการบดแห้ง การเตรียมใยอาหารเริ่มต้นด้วยการล้างทำความสะอาดเปลือกมะม่วง จากนั้นนำมาลวกในน้ำเดือด เปลือกมะม่วงที่ผ่านการลวกแล้วจะนำมาเตรียมใยอาหารด้วยวิธีการบดเปียก โดยการนำเปลือกมะม่วงมาบดกับน้ำ กรอง อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°ซ และบดผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ในขณะที่วิธีการบดแห้งทำโดยการนำเปลือกมะม่วงที่ผ่านการลวกมาอบแห้งและบด วิเคราะห์ปริมาณของใยอาหารผง โปรตีน ไขมัน เถ้า ตามวิธีของ AACC (2000) ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำได้และใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ตามวิธีของ Prosky และคณะ (1988) ปริมาณน้ำตาลตามวิธีของ Dubois และคณะ (1956) ปริมาณโพลิฟีนอลตามวิธีของ Waterman และ Mole (1994) และวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารประกอบด้วย ความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำมันตามวิธีของ Larrauri และคณะ (1996) และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ตามวิธีของ Teow และคณะ (2007) เปรียบเทียบกับวิตามินอี (Trolox) ซึ่งเป็นสารมาตรฐาน นอกจากนี้นำใยอาหารมาวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง color meter (Chroma, CR200, Japan) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ โดยวิธี analysis of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดย ใช้ Duncan 's multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเตรียมด้วยวิธีการบดเปียกทำให้ได้ปริมาณใยอาหารน้อยกว่าวิธีการบดแห้งอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่ได้รับผลจากระยะเวลาในการลวกน้ำร้อน (Table 1) ทั้งวิธีการเตรียมและระยะเวลาในการลวกน้ำร้อนมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นปริมาณไขมัน ซึ่งไม่ได้รับผลจากปัจจัยทั้งสอง และปริมาณเถ้าซึ่งได้รับผลจากวิธีการเตรียมเพียงปัจจัยเดียวเท่านั้น เมื่อวิเคราะห์ปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างวิธีการเตรียมและระยะเวลาในการลวกน้ำร้อนของเปลือกมะม่วงพบว่า ทั้งสองปัจจัยมีปฏิกิริยาร่วมต่อปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ ปริมาณใยอาหารทั้งหมด และปริมาณน้ำตาล แต่ไม่มีปฏิกิริยาร่วมต่อปริมาณโปรตีนและเถ้า การเตรียมด้วยวิธีการบดเปียกมีผลทำให้ใยอาหารที่ได้มีปริมาณโปรตีนสูงกว่า ในขณะที่มีปริมาณเถ้าต่ำกว่าวิธีการบดแห้ง ระยะเวลาในการลวกเปลือกมะม่วงในน้ำร้อนมีผลทำให้ใยอาหารมีปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการลดลงของปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ระหว่างการลวกน้ำร้อนและการแยกน้ำออกจากใยอาหาร ได้แก่ เกลือแร่และน้ำตาล สอดคล้องกับผลการทดลองของ Dabhade และ Khedkar (1980) และผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ของใยอาหาร (Table 2) ทำให้สัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ที่ไม่สูญเสียไปกับน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเตรียมด้วยวิธีการบดเปียกและลวกน้ำร้อนเป็นเวลา 5 นาทีจึงทำให้ได้ใยอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดและปริมาณน้ำตาลน้อยที่สุด ใยอาหารที่เตรียมโดยวิธีการบดเปียกมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (SDF) ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF) และใยอาหารทั้งหมด (TDF) สูงกว่าใยอาหารที่เตรียมด้วยวิธีการบดแห้ง ด้วยเหตุผลเดียวกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีน การใช้ระยะเวลาในการลวกเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณใยอาหารทุกชนิดลดลง เนื่องจากการใช้ความร้อนอาจมีผลในการทำลายพันธะภายในสายพอลิแซคคาไรด์ของใยอาหาร ทำให้ขนาดของพอลิแซคคาไรด์สั้นลงและเกิดการละลายน้ำได้มากขึ้น (FAO, 1998) การเตรียมด้วยวิธีการบดเปียกเปลือกมะม่วงที่ผ่านการลวกน้ำร้อนเป็นเวลา 1 นาทีจึงเป็นวิธีที่ทำให้ได้ใยอาหารชนิดต่างๆ สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกชนิดต่างๆ พบว่าใยอาหารจากเปลือกมะม่วงมีปริมาณมากกว่า (Table 3) และมีค่า IDF/SDF อยู่ในช่วงที่เหมาะสมและให้ผลดีต่อร่างกายคือ 1.0-2.3:1 (Spiller, 1986) วิธีการเตรียมและระยะเวลาในการลวกไม่มีผลต่อปริมาณพอลิฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 88.56-89.39 mg of gallic acid/ g ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าที่พบในผลไม้ชนิดต่างๆ เช่น สตรอเบอรี่ เรดเคอแรนด์ แอบเปิ้ล และแบลกเคอร์แรนด์ (23.7, 12.6, 12.1 และ 20.3 mg gallic acid/ g ตามลำดับ) ใยอาหารที่เตรียมด้วยวิธีการบดเปียกมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) และน้ำมัน (OHC) สูงกว่าใยอาหารที่เตรียมด้วยวิธีการบดแห้งอย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่ม

ระยะเวลาในการลวกน้ำร้อนเปลือกเป็นเวลา 5 นาทีมีผลทำให้ใยอาหารที่ได้มีค่า WHC เพิ่มขึ้น แต่มีค่า OHC ลดลง วิธีการเตรียมด้วยวิธีการบดเปียกเปลือกมะม่วงที่ผ่านการลวกน้ำร้อนเป็นเวลา 5 และ 1 นาทีทำให้ได้ใยอาหารที่มีค่า WHC และ OHC สูงสุดตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง WHC และ OHC กับปริมาณองค์ประกอบทางเคมี (Table 2) พบว่าค่า WHC มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณโปรตีนและค่า IDF/SDF แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณเถ้าและน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่า OHC มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณ IDF และ TDF อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งบ่งชี้ว่าโปรตีนที่อยู่ในส่วนของใยอาหารช่วยทำให้ใยอาหารมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น และส่วนประกอบของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ฯลฯ มีส่วนช่วยในการเพิ่มทั้งความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมันของใยอาหารจากเปลือกมะม่วง ค่า L* ไม่ได้รับผลจากทั้งวิธีการเตรียมและระยะเวลาในการลวกอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่า b* ของใยอาหารที่เตรียมด้วยวิธีการบดเปียกต่ำกว่าใยอาหารที่เตรียมด้วยวิธีการบดแห้งอย่างมีนัยสำคัญ บ่งชี้ว่าใยอาหารที่เตรียมด้วยวิธีการบดแห้งจะมีสีเหลืองมากกว่า ใยอาหารที่เตรียมโดยวิธีการบดเปียกมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าที่เตรียมโดยการบดแห้ง และการลวกเป็นระยะเวลานานขึ้นมีผลทำให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นใยอาหารที่เตรียมโดยการบดเปียกและลวกเป็นระยะเวลา 5 นาทีมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินอี (EC_{50} = 58 µg/ ml) แล้วใยอาหารจากเปลือกมะม่วงทุกตัวอย่างมีค่าน้อยกว่ามากแสดงให้เห็นว่าใยอาหารจากเปลือกมะม่วงมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าถึง 6-10 เท่า

สรุปผล

ทั้งวิธีการเตรียมใยอาหารและระยะเวลาในการลวกน้ำร้อนมีผลต่อทั้งองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหาร วิธีการเตรียมใยอาหารที่ทำให้ใยอาหารมีปริมาณใยอาหารสูง น้ำตาลน้อยและมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงคือ การบดเปียกและลวกน้ำร้อนเป็นเวลา 5 นาที

เอกสารอ้างอิง

AACC, 2000, Approved methods (10th Ed), American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minnesota, USA.

Dabhade, R.S. and Khedkar, D.M., 1980, Studies on Drying and Dehydration of Raw Mangoes for Preparation of Mango Power (amchur), Indian Food Packer, 34(3): 3-59.

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

FAO, 1998, Carbohydrates in Human Nutrition, Food and Agriculture Organization, Rome.

Figuerola, F., Hurtado, M.L., Estevez, A.M., Chiffelle, I. and Asenjo, F., 2005, Fibre Concentrates from Apple Pomace and Citrus Peel as Potential Fibre Sources for Food Enrichment, Food Chemistry, 9: 395-401.

Happi Emaga, T., Andrianaivo, R.H., Wathelet, B., Tchango, J.T. and Paquot, M., 2007, Effects of the Stage of Maturation and Varieties on the Chemical Composition of Banana and Plantain Peels, Food Chemistry, 103: 590-600.

Larrauri, J.A., Ruperez, P., Borroto, B. and Saura-Calixto, F., 1996, Mango Peels as a New Tropical Fibre: Preparation and Characterization, Lebeensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 29: 729-733.

Larrauri, J.A., Ruperez, P. and Saura-Calixto, F., 1999, New Approaches in the Preparation of High Dietary Fibre from Fruit by-Products, Trend in Food Science and Technology, 29: 729-733.

Prosky, L., Asp, N.G., Schweitzer, T.F., DeVries, W.J. and Furda, I., 1988, Determination of Insoluble, Soluble and Total Dietary Fiber in Foods and Food Products: Interlaboratory, Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 71: 1017-1024.

Spiller, G.A., 1986, Handbook of Dietary Fibre in Human Nutrition, CRC Press, Florida, USA, pp. 175-186.

Teow, C.C., Truong, V.D., McFeeters, R.F., Thompson, R.L., Pecota, K.V. and Yencho, G.C., 2007, Antioxidant Activities, Phenolic and β-carotene Contents of Sweet Potato Genotypes with Varying Flesh Colours, Food Chemistry, 103: 829-838.

Ubando-Rivera, J., Navarro-Ocana, A. and Valdivia-Lopez, M.A., 2005, Maxican Lime Peel: Comparative Study on Contents of Dietary Fibre and Associated Antioxidant Activity, Food Chemistry, 89, 57-61.

Waterman, P.G and Mole, S., 1994, Analysis of Phenolic Plant Metabolites, Blackwell Scientific Publication, 83-85.

Table 1 Chemical compositions and functional properties of the dietary fibers from mango peel.

Sample	Content										
	yield	protein	ash	fat	sugar	polyphenol	WHC	OHC	L*	b*	EC_{50}
	(% db)					mg of gallic acid/g db	(g/g db)				µg/ ml
DM-1 min	21.91[a]	5.56[a]	3.37[a]	2.27[a]	0.55[a]	88.87[a]	5.49[a]	1.76[a]	78.25[a]	33.58[a]	9.29[a]
DM-3 min	21.75[a]	5.68[ab]	3.36[a]	2.16[a]	0.39[b]	88.56[a]	5.50[ab]	1.62[b]	77.83[a]	33.02[a]	8.82[b]
DM-5 min	20.48[a]	6.01[c]	3.19[ab]	2.18[a]	0.27[c]	89.39[a]	5.80[c]	1.51[c]	76.60[a]	33.31[a]	8.76[c]
WM-1 min	16.60[b]	6.30[d]	3.01[b]	2.11[a]	0.20[d]	88.54[a]	6.33[d]	1.96[d]	78.04[a]	26.34[b]	6.93[d]
WM-3 min	16.71[b]	6.51[ef]	2.94[b]	2.19[a]	0.16[e]	88.87[a]	6.51[e]	1.86[e]	77.54[a]	26.14[b]	6.15[e]
WM-5 min	17.37[b]	6.68[f]	2.95[b]	2.18[a]	0.05[f]	88.79[a]	7.30[f]	1.75[f]	77.05[a]	25.79[b]	5.91[f]

Treatments followed by same letter (a, b, …) in a column were not significant different (P> 0.05), DM = Dry milling, WM = Wet milling,

Table 2 Correlation between the chemical compositions and functional properties of dietary fiber from mango peel.

	protein	*ash*	*SDF*	*IDF*	*IDF/SDF*	*TDF*	*sugar*	*WHC*	*OHC*
Protein	1.00								
Ash	-0.99**	1.00							
SDF	-0.24	0.18	1.00						
IDF	0.64	-0.71	0.51	1.00					
IDF/SDF	0.91**	-0.94**	-0.18	0.76	1.00				
TDF	0.48	-0.55	0.69	0.97**	0.59	1.00			
Sugar	-0.95**	0.92**	0.24	-0.49	-0.74	-0.35	1.00		
WHC	0.98**	-0.99**	-0.11	0.76	0.96**	0.61	-0.89**	1.00	
OHC	0.53	-0.61	0.52	0.98*	0.73	0.96**	-0.33	0.68	1.00

*Correlation coefficient at $p \leq 0.01$ level

Table 3 Soluble, insolubler and total dieary fiber of mango peel dietary fiber as compared with some fruit peels.

Fruit peel	Content (% db)			
	Soluble dietary fiber	Insoluble dietary fiber	Total dietary fiber	IDF/SDF
DM-1 min	22.09[a]	43.79[a]	65.88[a]	1.98
DM-3 min	22.79[a]	41.94[b]	64.73[b]	1.84
DM-5 min	19.84[b]	39.76[c]	59.60[c]	2.00
WM-1 min	23.46[c]	51.65[d]	75.11[d]	2.20
WM-3 min	20.61[d]	47.87[e]	68.48[e]	2.32
WM-5 min	19.98[e]	47.81[e]	67.79[f]	2.39
Grape fruit[1]	4.57-6.43	37.8-56.0	44.2-62.6	1.98
Lemon[1]	6.25-9.20	50.9-62.0	60.1-68.3	1.84
Orange[1]	10.28	54.0	64.3	2.00
Apple[1]	4.14-14.33	56.5-63.9	60.7-78.2	2.20
Banana[2]	5.3-12.2	27.3-42.9	32.9-51.9	2.32
Lime[3]	20.2-21.8	13.1-14.6	66.7-70.4	2.39

Treatments followed by same letter (a, b, …) in a column were not significant different (P> 0.05), DM = Dry milling, WM = Wet milling,
[1] Figuerola และคณะ (2005), [2] Happi-Emaga และคณะ (2007) and [3] Ubando-Rivera และคณะ (2005)

การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมโดยใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลร่วมกับบรรจุภัณฑ์

Inhibition of Browning Reaction on Aromatic Coconut Mesocarp by Anti-browning Agents and Packaging

ลัดดาวัลย์ โกวิทย์เจริญ[1] และ วาริช ศรีละออง[1]

Kowitcharoen, L.[1] and Srilaong, V.[1]

Abstract

The effect of anti-browning agents on mesocarp browning of aromatic coconut was investigated. Peeled aromatic coconuts were dipped in distilled water (control), sodium metabisulphite 3%, compared with *N*-acetylcysteine at concentration of 1% for 3 minutes. After that fruits were dried at room temperature and wrapped with polyvinyl chloride (PVC) film and then kept at 4 °C for 3 weeks and transferred to 13 °C for 6 days. The physical changes of aromatic coconut were determined. The result showed that among the tested anti-browning agents, sodium metabisulfite dipping with and without PVC wrapping and *N*-acetylcysteine dipping without PVC wrapping treatments had more effective in controlling a mesocarp browning and delayed the changing of mesocarp color compared with the control treatment. In contrast, *N*-acetylcysteine dipping without PVC wrapped promoted browning on mesocarp of coconut. However, sodium metabisulfite dipped with PVC wrapped treatment was the most effective for controlling browning.

Keywords: aromatic coconut, browning reaction, anti-browning agent

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลร่วมกับบรรจุภัณฑ์ ต่อการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือก (mesocarp) มะพร้าวน้ำหอม โดยนำมะพร้าวที่ปอกเปลือกสีเขียวออกแล้วแช่ในน้ำกลั่น (ควบคุม) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 3% เปรียบเทียบกับ *N*-acetylcysteine ที่ระดับความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 3 นาที หลังจากนั้นผึ่งให้แห้งและหุ้มด้วยฟิล์ม polyvinyl chloride (PVC) หนา 13 ไมโครเมตรแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ แล้วย้ายไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ พบว่าการแช่โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ โดยหุ้มและไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC และการแช่ใน *N*-acetylcysteine ที่ความเข้มข้น 1% ไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมะพร้าวได้ดีกว่าชุดควบคุม ในขณะที่การแช่ใน *N*- acetylcysteine ที่ความเข้มข้น 1% หุ้มด้วยฟิล์ม PVC พบว่ามีการกระตุ้นให้เกิดสีน้ำตาลมากขึ้น จากผลการทดลองเห็นได้ว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกับบรรจุภัณฑ์มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: มะพร้าวน้ำหอม การเกิดสีน้ำตาล สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล

คำนำ

มะพร้าวน้ำหอม (*Cocos nucifera* L.) จัดเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยสามารถจำหน่ายได้ดีทั้งในและต่างประเทศ การส่งออกมะพร้าวน้ำหอมไปต่างประเทศ จากสถิติที่ผ่านมาในปี 2548 ประเทศไทยส่งมะพร้าวน้ำหอมไปต่างประเทศ มูลค่า 320,613,038 บาท จนกระทั่งปี 2551 มูลค่าส่งออกสูงถึง 325,563,741 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) มะพร้าวน้ำหอมที่จำหน่ายจะต้องได้รับการตัดแต่งผลให้สวยงามได้รูปทรงตามตลาดต้องการ ปัญหาที่สำคัญ คือ การเกิดสีน้ำตาล (browning) บริเวณเปลือกอย่างรวดเร็วหลังจากตัดแต่งผลซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพและไม่เป็นที่ต้องการของตลาดและผู้บริโภค โดยสาเหตุที่สำคัญของการเกิดสีน้ำตาลเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิค ที่มีเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาที่สำคัญคือ เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase; PPO) และเปอร์ออกซิเดส (peroxidase; POD) (Underhill และ Critchley, 1994) ดังนั้นจึงหาวิธีป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวผล ได้แก่ การใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล *N*-acetylcysteine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ และการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ซึ่ง

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพ 10140

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

ถือเป็นการเก็บรักษาภายใต้บรรยากาศดัดแปลง มีรายงานว่า *N*-acetylcysteine สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าสารตัวอื่น ๆ ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน (Son และคณะ, 2001) และการเก็บรักษาแบบบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์ม PVC สามารถคงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลทางการเกษตรได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาผลของสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้ในผลมะพร้าวหลังจากตัดแต่งร่วมกับการหุ้มผลด้วยฟิล์ม PVC เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับผลิตผลอื่น ๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลมะพร้าวน้ำหอมมาปอกเปลือกสีเขียวออกตัดแต่งให้ด้านปลายผลมีปลายแหลมเป็นรูปกรวยป้านส่วนทรงผลเฉือนให้เป็นรูปทรงกระบอกซึ่งด้านขั้วผลสอบลงเล็กน้อย และตัดด้านขั้วผลให้ตรงเพื่อให้สามารถตั้งได้ จากนั้นนำผลมะพร้าวไปแช่ในน้ำกลั่น (ควบคุม) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3% และ *N*-acetylcysteine ความเข้มข้น 1% และเติมสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง หุ้มแต่ละผลด้วยฟิล์ม PVC หนา 13 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นย้ายมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อจำลองสภาพการจำหน่ายในซุปเปอร์มาร์เก็ต ติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพดังนี้ วัดการเปลี่ยนแปลงสี (L* b* และ ΔE) ให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลบนผิวผลมะพร้าวโดยประเมินด้วยสายตา (คิดจากพื้นที่การเกิดสีน้ำตาล ทั้งหมดบนผลมะพร้าว โดยให้ 1 คะแนน เมื่อเกิดสีน้ำตาล 0% หรือไม่เกิดสีน้ำตาลบนผลมะพร้าว 2 คะแนน เมื่อเกิดสีน้ำตาล 1-10% 3 คะแนน เมื่อเกิดสีน้ำตาล 11-25% และ 4 คะแนนเมื่อเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 25%) และประเมินการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลตามวิธีของ Sapers และ Douglas (1987) ซึ่งเป็นการบอกถึงประสิทธิภาพของ ทรีตเมนต์ โดยนำค่า L* มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลดังนี้

$$(\%)\text{การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล} = \frac{\Delta L^{*}\text{ control} - \Delta L^{*}\text{treatment}}{\Delta L^{*}\text{ control}} \times 100 \quad ; \quad \text{เมื่อ } \Delta L^{*} = L^{*}_{t} - L^{*}_{initial}$$

ค่าการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลอยู่ระหว่าง 0 - 100% แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ถ้ามากกว่า 100% แสดงว่ามีผลในการฟอกสีตัวอย่าง และถ้าต่ำกว่า 0% แสดงว่ามีการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าการยับยั้ง

ผลการทดลอง

ในระหว่างการเก็บรักษาผลมะพร้าวที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3% โดยหุ้มและไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC และผลมะพร้าวที่แช่ใน *N*-acetylcysteine ความเข้มข้น 1% ที่ไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ค่อนข้างคงที่ในช่วง 3 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงความสว่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ผลมะพร้าวที่แช่ในน้ำกลั่น โดยหุ้มและไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC และผลมะพร้าวที่แช่ใน *N*-acetylcysteine ความเข้มข้น 1% ที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเพิ่มขึ้นมากตามระยะเวลาการเก็บรักษาและมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ (Figure 1A) สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE value) พบว่าผลมะพร้าวที่แช่ในน้ำกลั่นและ *N*-acetylcysteine ความเข้มข้น 1% ร่วมกับหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE มากที่สุด รองลงมา คือ ผลมะพร้าวที่แช่ในน้ำกลั่นและไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC สำหรับผลมะพร้าวที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3% โดยหุ้มและไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC และผลมะพร้าวที่แช่ใน *N*-acetylcysteine ความเข้มข้น 1% ไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE น้อยที่สุด (Figure 1B) การแช่ผลมะพร้าวในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3% โดยหุ้มและไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC และการแช่ผลมะพร้าวใน *N*-acetylcysteine ความเข้มข้น 1% ไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยช่วง 3 สัปดาห์แรกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้มากกว่า 50% หลังจากนั้นประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเริ่มลดลง ส่วนการแช่ผลมะพร้าวในน้ำกลั่นและ *N*-acetylcysteine ความเข้มข้น 1% ร่วมกับการหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีผลกระตุ้นการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าการยับยั้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1C) คะแนนการเกิดสีน้ำตาลบนผิวผลมะพร้าวมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่าสีและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล โดยผลมะพร้าวที่แช่ในน้ำกลั่นและ *N*-acetylcysteine ความเข้มข้น 1% หุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ผลมะพร้าวที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3% โดยหุ้มและไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า (Figure 2) นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษาผลมะพร้าวที่แช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3% โดยหุ้มและไม่หุ้มด้วย

ฟิล์ม PVC และผลมะพร้าวที่แช่ใน *N*-acetylcysteine ความเข้มข้น 1% ไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลมะพร้าวที่แช่ในน้ำกลั่นและ *N*-acetylcysteine ความเข้มข้น 1% ที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PPO มากกว่า และพบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO สูงที่สุดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสหลังจากนั้นจึงลดลง (Figure 1D)

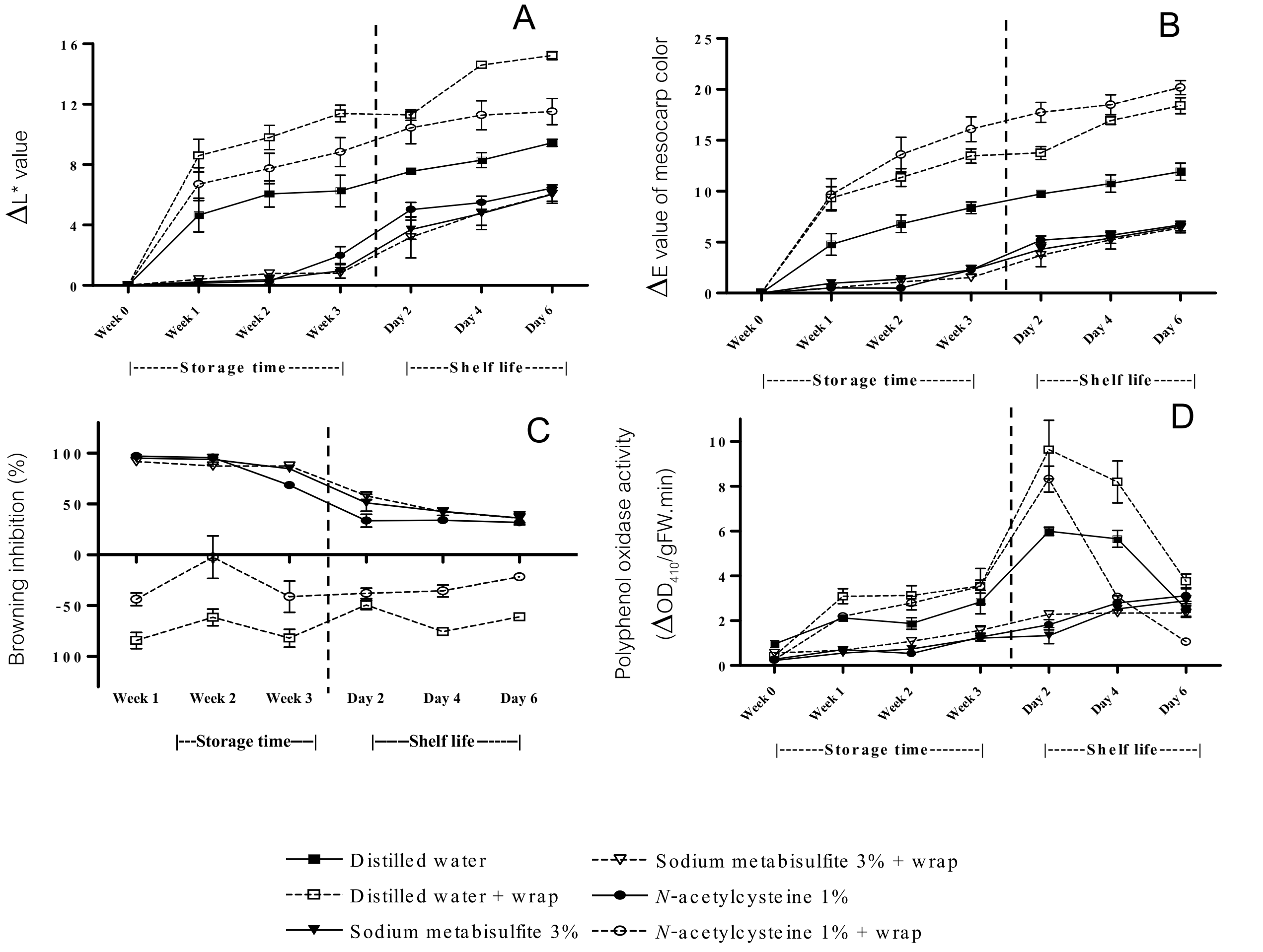


Figure 1 Effects of anti-browning agents and packaging on Lightness (L*) (A), color change (ΔE) (B), browning inhibition (%) (C) and PPO activity (D) of aromatic coconut mesocarp.

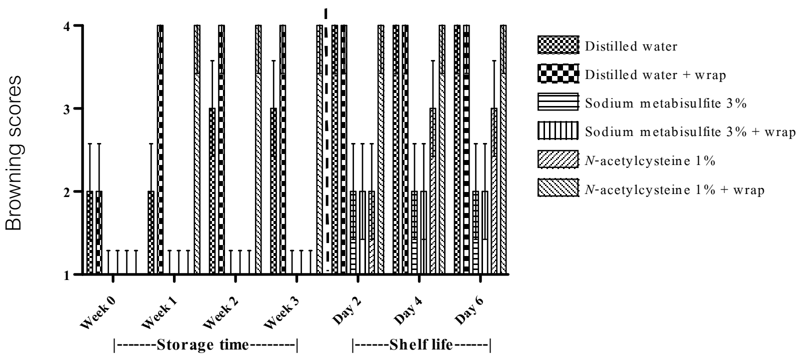


Figure 2 Browning assessment of aromatic coconut mesocarp dipped in antibrowning agents and PVC wrapping.

วิจารณ์ผล

ผลมะพร้าวน้ำหอมเกิดการเปลี่ยนแปลงสีน้อยที่สุดเมื่อแช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3% โดยหุ้มและไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC และชุดที่แช่ใน *N*-acetylcysteine ความเข้มข้น 1% ไม่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC ทั้งนี้เนื่องจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) ไปรีดิวซ์ *o*-quinone กลับไปเป็น diphenol ซึ่งไม่มีสี หรือทำปฏิกิริยากับ *o*-quinone เปลี่ยนไปเป็นสารอื่นซึ่งไม่มีสีและค่อนข้างเสถียร และยังมีคุณสมบัติในการฟอกสีและสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้อีกด้วย (จริงแท้, 2549) ในส่วนของ *N*-acetylcysteine สามารถยับยั้งหรือชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกรดอะมิโนที่มีหมู่ซัลฟ์ไฮดริวเป็นองค์ประกอบสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้โดยทำปฏิกิริยากับ quinone ได้เป็นสารประกอบที่ไม่มีสีและมีความคงตัวและยังสามารถทำหน้าที่เป็น competitive inhibitor ต่อเอนไซม์ PPO ทำให้เอนไซม์ PPO ไม่สามารถรวมตัวกับสารตั้งต้นได้ สังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าสีและกิจกรรมของเอนไซม์ PPO นอกจากนี้การใช้ฟิล์ม PVC ยังช่วยให้ประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลดีขึ้นสังเกตได้จากผิวผลมะพร้าวที่ทำการแช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3% และหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีการเปลี่ยนแปลงสีน้อย ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลมากและมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ นอกจากนี้ลักษณะปรากฏยังดีกว่าผลที่ไม่ได้ทำการหุ้มฟิล์ม PVC ซึ่งมีอาการเหี่ยวดูไม่สวยงาม ทั้งนี้ฟิล์มพลาสติกที่ใช้นั้นสามารถรักษาสภาพการอิ่มตัวของน้ำได้จึงสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำและยับยั้งการเกิด water stress ได้ ในทางตรงกันข้ามผิวผลมะพร้าวที่แช่ใน *N*-acetylcysteine ความเข้มข้น 1% หุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีผลในการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าการยับยั้ง ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าในสภาวะดังกล่าวอาจมีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของ *N*-acetylcysteine ซึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้น หรือไม่ก็สภาพบรรยากาศ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัดถึงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

สรุปผล

การใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ PVC มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้ดี ในขณะที่การใช้ *N*-acetylcysteine ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ PVC ไม่สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ แต่กลับมีผลกระตุ้นการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าการยับยั้ง ซึ่งควรจะมีการศึกษาต่อยอดโดยอาจใช้ *N*-acetylcysteine ร่วมกับสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลชนิดอื่น ๆ หรืออาจร่วมกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2549, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช, นครปฐม, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรม การเกษตรแห่งชาติ, 453 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, (ข้อมูลไม่เผยแพร่).

Sapers, G.M. and Douglas JR., F.W., 1987, Measurement of Enzymatic Browning at Cut Surfaces and in Juice of Raw Apple and Pear Fruits, Journal of Food Science, 52: 1258-1262.

Son, S.M., Moon, K.D. and Lee, C.Y., 2001, Inhibitory Effects of Various Antibrowning Agents on Apple Slices, Food Chemistry, 73: 23-30.

Underhill, S.J.R. and Critchley, C., 1995, Cellular Localization of Polyphenol oxidase and Peroxidase Activity in *Litchi chinensis* Sonn. Pericarp, Australian Journal of Plant Physiology, 22: 627-632.

ผลของการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศต่อคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อน (ตัดแต่ง)

Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Quality of Minimally Processed Baby Corns

ธนสินี พุกกะณะสุต[1] จริงแท้ ศิริพานิช[1] และ โศรดา วัลภา[2]
Phukkanasut, T.[1], Siriphanich, J.[1] and Wanlapa, S.[2]

Abstract

This study was aimed to investigate the effect of different modified atmospheric packaging (MAP) on the quality of minimally processed baby corns (*Zea mays* L.) kept under low temperature (5°C) condition for 21 days. MAP consisted of 10%CO_2+ 5%O_2 and 5%CO_2 + 10%O_2 (with balance with N_2) gas mixture flushed low density polypropylene (LDPE) and linear low-density polyethylene (LLDPE). Baby corns were also placed in MTEC and LDPE with air as a control sample. Headspace gas concentration, ethanol accumulation, firmness, colour, total bacteria count and yeast/mould count were monitored for the entire observation period. All MAP conditions could markedly reduce microbial content and no significant change in firmness was observed for all samples during 21 days of storage. MTEC showed better performances film was the lowest weight loss and ethyl alcohol concentration) but was the highest of color difference. LLDPE consist of 10%CO_2+5%O_2 had medium of color difference, weight loss, ethanol and CO_2 concentration, for this level were predictability it is the good performance for keep quality of baby corn than other film.

Keywords: modified atmosphere packaging, baby corn, minimally processed, quality

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศต่อคุณภาพของข้าวโพดผักอ่อน (*Zea mays* L.) ตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เป็นเวลา 21 วัน โดยการบรรจุข้าวโพดผักอ่อนตัดแต่งในถุงพลาสติกชนิด low density polypropylene (LDPE) และ linear low-density polyethylene (LLDPE) ซึ่งบรรจุก๊าซผสม 2 สัดส่วนคือ 10%CO_2+5% O_2 และ 5%CO_2+10%O_2 เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในถุง MTEC และถุง LDPE ที่ไม่มีการเติมก๊าซซึ่งใช้เป็นตัวอย่างควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษาทำการตรวจสอบความเข้มข้นของก๊าซและเอทานอลภายในถุงและการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ ค่าสี การสูญเสียน้ำและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ จากการทดลองพบว่า ตัวอย่างที่บรรจุถุงในทุกสภาวะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลงและเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เอทานอลและก๊าซ CO_2 ภายในถุงมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น โดยถุง MTEC มีการสูญเสียน้ำ ความเข้มข้นของเอทานอลและก๊าซ CO_2 ต่ำที่สุด แต่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีมากที่สุด ขณะที่ถุง LLDPE ซึ่งบรรจุก๊าซผสมสัดส่วน 10%CO_2+5%O_2 มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี การสูญเสียน้ำ ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์และก๊าซ CO_2 อยู่ในระดับปานกลาง จึงทำให้มีแนวโน้มที่จะรักษาคุณภาพของข้าวโพดผักอ่อน ได้ดีกว่าฟิล์มชนิดอื่น

คำสำคัญ: การบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ ข้าวโพดฝักอ่อน การตัดแต่ง คุณภาพ

คำนำ

ปัจจุบันข้าวโพดฝักอ่อนที่จำหน่ายในต่างประเทศมักใช้การขนส่งทางอากาศ ซึ่งมีความรวดเร็ว แต่เนื่องจากการขนส่งทางเครื่อง บินไม่มีระบบปรับอุณหภูมิที่เพียงพอจึงต้องเลือกใช้วิธีการบรรจุ และภาชนะบรรจุที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถคงคุณภาพตลอดอายุการจำหน่าย การบรรจุในสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนความเข้มข้นของก๊าซ CO_2:O_2 เท่ากับร้อยละ 5-15 : 0 (ศศิธร และจริงแท้, 2535) และร้อยละ 0 : 5-10 (อมรรัตน์ และคณะ, 2550) สามารถเก็บรักษาผลิตผลได้นานกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ แต่อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงนั้นจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิและสัดส่วนของก๊าซภายในภาชนะบรรจุที่เหมาะสมกับผลิตผล มีผู้ทำการศึกษาถึงชนิดของฟิล์มที่มี

[1]สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เลขที่ 1 หมู่ 6 ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1]Postharvest Technology, Department of Postharvest Technology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Kampangsan campus, 1 Moo 6, Kampangsan, Nakornpathom, 73140

[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

คุณสมบัติต่างๆ มาใช้ร่วมกับวิธีการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ พบว่าฟิล์มชนิดที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซ O_2 สูง (OTR=6000-12000 ลบ.ซม./ตร.ม.วัน ที่ความดัน 1 บรรยากาศ) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนได้นาน มีคุณภาพดีและไม่มีกลิ่นที่ผิดปกติจากการหายใจแบบไม่ใช้ก๊าซ O_2 (อมรรัตน์และคณะ, 2550; ภัทรินทร์, 2550) แต่ฟิล์มชนิดที่ยอมให้มีความเข้มข้นของก๊าซ O_2 สะสมภายในภาชนะบรรจุมากก็จะก่อให้เกิดสีน้ำตาลเร็วขึ้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการดัดแปลงโดยศึกษาความเข้มข้นของ O_2 และ CO_2 ร่วมกับการใช้ฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของข้าวโพดฝักอ่อน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้าวโพดฝักอ่อนจากแหล่งคัดคุณภาพเพื่อการส่งออกในเขตจังหวัดนครปฐมโดยกำหนดขนาดความยาว 7-9 เซนติเมตร มาปอกเปลือก รูดไหม ลดอุณหภูมิที่ 2±2 องศาเซลเซียส บรรจุลงในกล่องโฟมก่อนขนส่งมายังห้องปฏิบัติการภายใน 6 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส บรรจุข้าวโพดฝักอ่อน 150 กรัมในถุงชนิด low density polypropylene (LDPE) ขนาด 6x9 นิ้ว (กว้างxยาว) ความหนา 49 ไมโครเมตร มีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) เท่ากับ 9.95 ก./ตร.ม.วัน ค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (OTR) เท่ากับ 3935 ลบ.ซม./ตร.ม.วัน ที่ความดัน 1 บรรยากาศ และถุงชนิด linear low-density poly ethylene (LLDPE)) ขนาด 6x9 นิ้ว ซึ่งมีความหนา 32 ไมโครเมตร มีค่า WVTR เท่ากับ 11.87 ก./ตร.ม.วัน ค่า OTR เท่ากับ 6056 ลบ.ซม./ตร.ม.วัน ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งบรรจุก๊าซผสม 2 อัตราส่วน คือ 10%CO_2 + 5%O_2 และ 5%CO_2 + 10%O_2 เปรียบเทียบกับการเก็บในถุง MTEC ขนาด 6x9 นิ้ว ซึ่งมีความหนา 25 ไมโครเมตร มีค่า WVTR เท่ากับ 23.60 ก./ตร.ม.วัน ค่า OTR เท่ากับ 11553 ลบ.ซม./ตร.ม.วัน ที่ความดัน 1 บรรยากาศ และถุง LDPE ขนาด 6x9 นิ้ว ที่ไม่มีการเติมอากาศ ซึ่งใช้เป็นตัวอย่างควบคุม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุกๆ 3 วัน ทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของชุดตัวอย่างแต่ละชุดอย่างน้อย 3 ซ้ำ ได้แก่ ความเข้มข้นของก๊าซ O_2 CO_2 และก๊าซเอทธิลีน (C_2H_4) ที่สะสมในบรรจุภัณฑ์ โดยเครื่อง Gas Chromatograph (Shimadzu, Japan) ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ที่สะสมในเนื้อเยื่อข้าวโพดผักอ่อนโดยเครื่อง Gas Chromotograph (Agilent, Technologies การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ โดยเครื่อง Texture analyzer ค่าสีโดยเครื่อง Chroma meter (Minolta) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และเชื้อรา โดยวิธีการ Bacteriological Analytical Manual (2001)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ถุง LDPE และถุง LLDPE ซึ่งเติมก๊าซผสมของ CO_2 และ O_2 ทั้งสองสัดส่วนมีความเข้มข้นก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นจากเดิมที่เติมเข้าไปและมีปริมาณสูงสุดในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาและค่อยๆ ลดลง (Figure 1) ส่วนความเข้มข้นก๊าซ O_2 ลดลงจากเดิมที่เติมเข้าไปตั้งแต่วันที่ 1 ของการเก็บรักษาจนเหลือระดับต่ำซึ่งวิกฤติ ประมาณร้อยละ 3 และความเข้มข้นก๊าซทั้งสองเข้าสู่สมดุลพร้อมกันในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา เช่นเดียวกับถุง LDPE ซึ่งไม่มีการเติมก๊าซผสม โดยถุง LDPE ซึ่งมีสัดส่วนก๊าซเท่ากับ 5% CO_2: 10% O_2 มีความเข้มข้นก๊าซ CO_2 สุดท้ายมากที่สุด ในขณะที่ถุง MTEC เริ่มเข้าสู่สมดุลตั้งแต่วันที่ 1 ของการเก็บรักษา มีความเข้มข้นก๊าซ CO_2 สุดท้ายน้อยที่สุดและมีความเข้มข้นของก๊าซ O_2 สุดท้ายมากที่สุด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของก๊าซทั้งสองชนิดนี้ส่งผลให้ข้าวโพดผักอ่อน มีอัตราการหายใจที่ลดลงเนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซ O_2 ที่ลดลงและความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ที่มากกว่าบรรยากาศปกติ (Kidd และ West, 1927; Kader, 1986) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ C_2H_4 ที่ค่อนข้างคงที่ตั้งแต่วันแรกจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การสะสมของเอทิลแอลกอฮอล์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน โดยเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (Figure 2) โดยปริมาณเอทานอลในถุง MTEC มีความเข้มข้นน้อยที่สุดและในถุง LDPE ซึ่งมีก๊าซผสมของ CO_2 และ O_2 ทั้งสองสัดส่วนมีความเข้มข้นมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ภายในถุงทั้งสองชนิด อย่างไรก็ตามในวันสุดท้ายของการเก็บรักษายังไม่พบกลิ่นผิดปกติเนื่องจากภายในถุงมีความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 และ O_2 ในระดับที่ไม่ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (มากกว่าร้อยละ 20 และ น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ตามลำดับ) (Kader และ Saltveit, 2003)

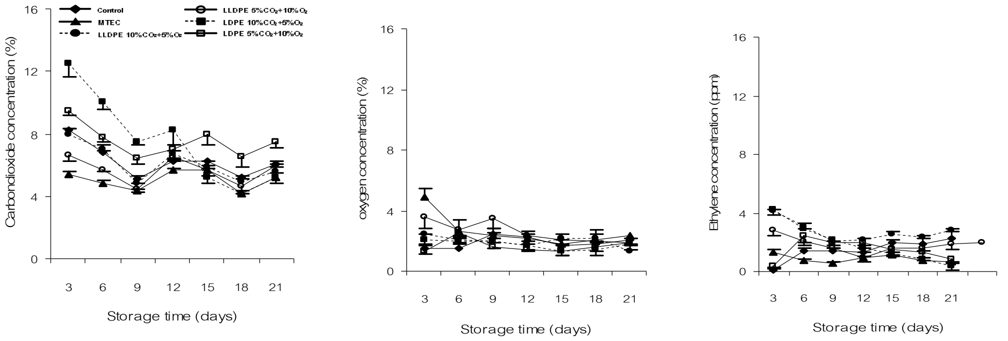


Figure 1 Change in the headspace CO_2, O_2 and C_2H_4 concentration in different type of packaging under various modified atmosphere packaging conditions during storage.

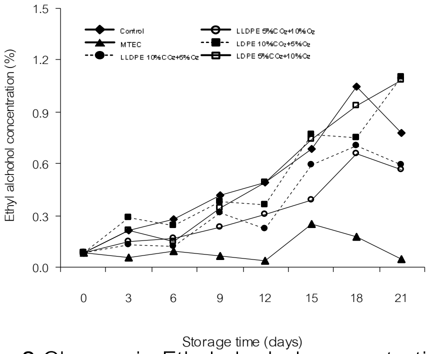


Figure 2 Change in Ethyl alcohol concentration in juice of baby corns packed in different type of packaging during storage.

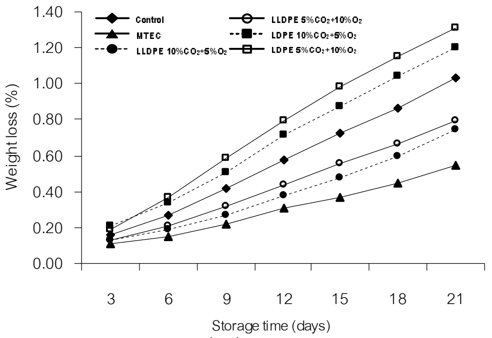


Figure 3 Weight Loss (%) of baby corns packed in different type of packaging during storage.

การสูญเสียน้ำหนักเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในทุกสภาวะของการเก็บรักษา เนื่องมาจากผลิตผลถูกบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงและอุณหภูมิที่เหมาะสม จึงจำกัดการแพร่ของไอน้ำ (Figure 3) อย่างไรก็ตามถุง MTEC มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด และถุงชนิด LDPE ซึ่งมีสัดส่วนก๊าซเท่ากับ 5%CO_2:10%O_2 มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด การเปลี่ยนของของน้ำหนักสอดคล้องกับค่าความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนที่พบว่าความ แน่นหนาทั้งสามตำแหน่งของข้าวโพดฝักอ่อนในทุกทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure 4) ค่าสีเหลือง (b*) ของข้าวโพดฝักอ่อนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษายังคงมีค่าเป็นบวกและค่าความสว่างของสี (L*) มีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย (Figure 5) แสดงว่ายังไม่มีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเกิดขึ้นและยังคงมีความเข้มของสีเหลืองโดยไม่อ่อนซีดลง เมื่อพิจารณาจากค่า Total Color Difference (ΔE) พบว่าการบรรจุในถุงชนิด LLDPE ซึ่งมีสัดส่วนก๊าซเท่ากับ10%CO_2:5%O_2 มีความเปลี่ยนแปลงของค่าสีระหว่างวันสุดท้ายกับวันแรกของการเก็บรักษาน้อยที่สุด ส่วนถุง LDPE ซึ่งมีสัดส่วนก๊าซเท่ากับ 5%CO_2: 10%O_2 มีการเปลี่ยนแปลงสีมากที่สุด ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และเชื้อราลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกทรีทเมนต์ (Figure 6) เนื่องจากการลดลงของก๊าซ O_2 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ทำให้เกิดการยืดระยะ lag phase (Spotts, 1984)

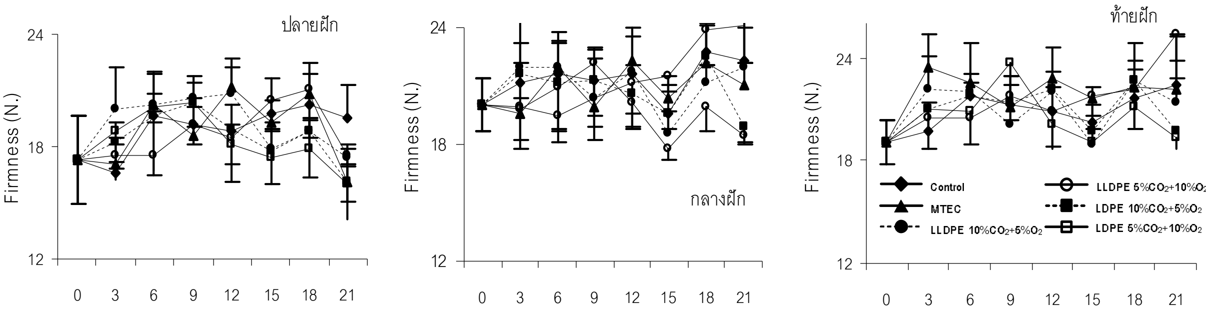


Figure 4 Change in firmness of baby corns in different type of packaging under various modified atmosphere packaging conditions during storage.

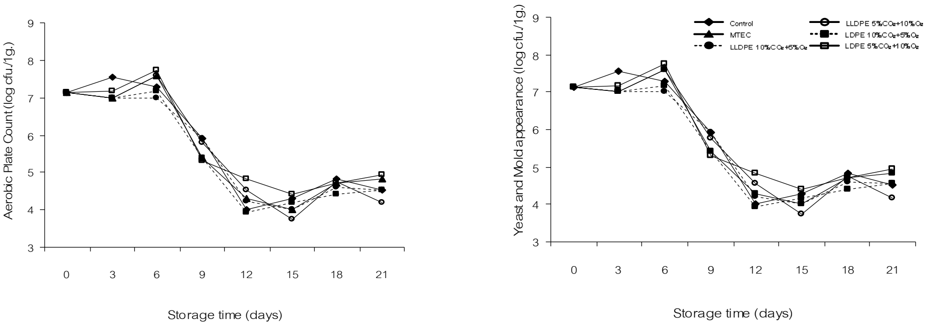


Figure 5 Total colour difference (ΔE) and changes in b*, L* of baby corns in different type of packaging under various modified atmosphere packaging conditions during storage.

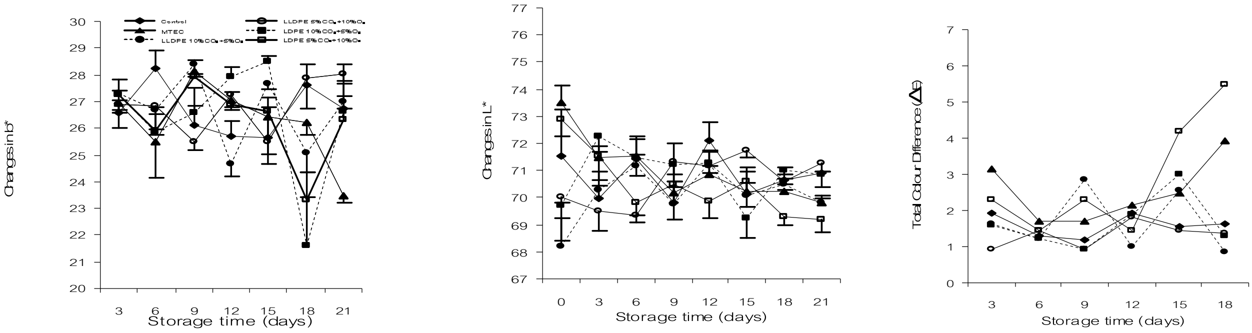


Figure 6 Growing of aerobic plate count, yeast and mold appearance during storage.

สรุปผล

การบรรจุข้าวโพดฝักอ่อนตัดแต่งในถุง MTEC ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส และมีการสูญเสียน้ำ ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์และ CO_2 ต่ำที่สุด แต่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีมากที่สุดหลังจากวันที่ 18 ของการเก็บรักษา ส่วนถุง LLDPE ซึ่งบรรจุก๊าซผสมสัดส่วน 10%CO_2+5%O_2 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสและมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีน้อยที่สุด การสูญเสียน้ำ ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์และก๊าซ CO_2 อยู่ในระดับปานกลางจึงทำให้มีแนวโน้มที่จะรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนได้ดีกว่าฟิล์มชนิดอื่น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

ภัทรินทร์ ลีลาภิวัฒน์, 2550, การออกแบบระบบการบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงสำหรับข้าวโพดฝักอ่อน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ

ศศิธร อิธานุเวคิน และ จริงแท้ ศิริพานิช, 2535, ผลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ซุปเปอร์สวีท, วารสารเกษตรศาสตร์, 26: 342-349.

อมรรัตน์ วัฒนล้ำเลิศ, พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ และพัชทรา มณีสินธุ์, 2550, ผลของช่องว่างเหนืออาหารและสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 36(6) (พิเศษ): 164-168.

Bacteriological Analytical Manual, 2001, [Online], Available:http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/default.htm [October 8, 2009].

Kader, A.A., 1986, Biochemical and Physiological Basis for Effects of Controlled and Modified Atmospheres on Fruits and Vegetables, Food Technology, p. 99–102.

Kader, A.A. and Saltveit, M.E., 2003, Atmosphere Modification, In: J.A. Bartz and J.K. Brecht, eds. Postharvest Physiology and Pathology of vegetables, Marcel Dekker, Inc, New York, p. 197-223.

Kidd, F. and West, C., 1927, Gas Storage of Fruit, Spec. Rep. Fd Invest. Board (G.B), No. 30.

Spotts, R.A., 1984, Environmental Modification for Control of Postharvest Decay, In: H.E. Moline, eds. Postharvest Pathology of Fruits and Vegetables, Postharvest Losses in Perishable Crops. University of California, Berkeley, p. 61-72.

การเปลี่ยนแปลงสารต้านอนุมูลอิสระในผลมะเฟืองระหว่างการเก็บรักษาภายใต้สภาพอุณหภูมิต่ำ

Changes in Antioxidants of Carambola (*Averrhoa carambola* L.) Fruit during Low Temperature Storage

หทัยวรรณ์ ศิริสุขชัยถาวร[1] สมโภชน์ น้อยจินดา[1] กิตติ โพธิปัทมะ[1] อุทร ชิขุนทด[1] และ วันเพ็ญ น้อยเมือง[1]

Sirisukchaitavorn, H.[1], Noichinda, S.[1], Bodhipadma, K.[1], Chikunthod, U.[1] and Noimuang, W.[1]

Abstract

Antioxidant contents and theirs properties of sweet and sour carambola (*Averrhoa carambola* L.) fruits packed in the consumer foam tray and wrapped with linear low density polyethylene (LLDPE) film (thickness 11 μm) during storage at 8 and 13ºC for 11 days were studied. It was revealed that antioxidants had been detected in both varieties. Proanthocyanin that had an antioxidant ability in reducing power from Fe^{3+} (ferric ion) to Fe^{2+} (ferrous ion) was mostly found in sweet carambola stored at 13ºC. This compound increased until day 9 of storage period, showing the augment in antioxidant efficiency continuously. For phenolics which had an antioxidant activity in ferrous ion chelating ability, the highest capacity had been found on the day 1 in stored sweet carambola at 13ºC and the maximum chelating effect was 88.84% on day 1. The ascorbic acid that had an antioxidant competency in DPPH radical-scavenging activity was rather constant throughout the experimental period. The scavenging effect was lower than 30% in both sweet and sour varieties all through the storage time.

Keywords: antioxidant, ascorbic acid, carambola, proanthocyanin

บทคัดย่อ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในผลมะเฟือง (*Averrhoa carambola* L.) พันธุ์หวานและพันธุ์เปรี้ยวที่บรรจุในถาดโฟมและหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก (LLDPE) ความหนา 11 μm ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 และ 13ºC เป็นระยะเวลา 11 วัน พบว่ามะเฟืองทั้งสองพันธุ์มี Proanthocyanin ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลดทอนฤทธิ์ของ Fe^{3+} (ferric ion) โดยพบมากที่สุดในผลมะเฟืองพันธุ์หวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13ºC และมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ซึ่งแสดงให้เห็นประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วน phenolics ซึ่งมีคุณสมบัติในการจับกับไอออนเหล็ก (Fe^{2+}) พบว่ามีประสิทธิภาพดีที่สุดในวันแรกของการเก็บรักษาผลมะเฟืองพันธุ์หวานที่อุณหภูมิ 13ºC ซึ่งมีค่าของ chelating effect สูงถึงร้อยละ 88.84 ขณะที่ ascorbic acid ซึ่งมีคุณสมบัติในด้านการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radicals) พบว่ามีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง โดยมีค่า scavenging effect ไม่เกินร้อยละ 30 ในผลมะเฟืองทั้งสองพันธุ์

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ กรดแอสคอร์บิค มะเฟือง โพรแอนโทไซยานิน

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กทม. 10800 ประเทศไทย

[1]Department of Agro-industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand

คำนำ

ผลไม้เป็นแหล่งของสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย เช่น วิตามิน แร่ธาตุ เส้นใย และสารพฤกษเคมี (phytochemical) เช่น แคโรทีนอยด์ แฟลโวนอยด์ โพรแอนโทไซยานิน เป็นต้น ซึ่งเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สำคัญที่ช่วยลดการเสื่อมของเซลล์อันมีสาเหตุจากอนุมูลอิสระ (ปิยนันท์, 2550) ปัจจุบันจึงได้มีการส่งเสริมให้บริโภคผลไม้กันมากขึ้นเพื่อช่วยลดอัตราการเกิดโรคต่าง ๆ มะเฟือง (*Averrhoa carambola* L.) เป็นพืชในวงศ์ Oxalidaceae ผลมีรูปทรงกระสวย เมื่อผ่าตามขวางมีลักษณะคล้ายดาว ผลสุกมีสีเหลืองเนื้อฉ่ำน้ำ รสชาติมีทั้งหวานหรือเปรี้ยวอาจมีรสฝาดขึ้นอยู่กับพันธุ์ (พระจันทร์, 2544) มะเฟืองเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการมีประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิด โดยจะมีปริมาณแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ความอ่อนแก่ การปฏิบัติระหว่างและหลังการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา (วินัย, 2550) จากประสบการณ์ยังไม่พบว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระมาก่อน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและประเมินคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในผลมะเฟืองพันธุ์หวานและพันธุ์เปรี้ยวซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำมะเฟืองพันธุ์หวาน (พันธุ์มาเลเซีย) และพันธุ์เปรี้ยว (พันธุ์พื้นเมือง) จากสวนจังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งมีผิวสีเหลือง ½ หรือ ¾ ของทั้งผล มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่เป็นโรคหรือมีตำหนิ มาทำความสะอาด จากนั้นเรียงใส่ถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก linear low density polyethylene (LLDPE) ความหนา 11 μm จดบันทึกน้ำหนักก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 และ 13°C ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 2 วัน เพื่อทำการทดลองครั้งละ 4 ถาด ทั้งหมด 7 ครั้ง รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 11 วัน และทำการวิเคราะห์หาปริมาณและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระประกอบด้วย: ascorbic acid (Klein และคณะ, 1982); phenolics (Singleton และ Rossi Jr., 1965); proanthocyanin (Li และคณะ, 2006), การประเมินคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตผล: การประเมินคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระโดยการทดสอบฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ DPPH หรือ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH radical scarvenging activity) (Chang และคณะ, 2006); การประเมินคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระโดยการทดสอบความสามารถจับประจุของอิออนเหล็ก (Ferrous ion chelating ability) (Decker และ Welch, 1990); การประเมินคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระโดยการทดสอบการลดทอนฤทธิ์ของอนุมูลอิสระ (Reducing power) (Chang และคณะ, 2006)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า มะเฟืองพันธุ์เปรี้ยวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 และ 13°C มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณ ascorbic acid เพิ่มขึ้นต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบการเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.000089 และ 0.000091 mg/g-FW ต่อวัน ที่อุณหภูมิ 8 และ 13°C ตามลำดับ (Figure 1) ในขณะที่พันธุ์หวานมีปริมาณ ascorbic acid ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8°C มากกว่า 13°C ในช่วง 5 วันแรกและเมื่อเข้าสู่วันที่ 9 จะลดลงจาก 0.000835 เหลือ 0.00048 mg/g-FW ต่อวัน (ในวันที่ 11) ทั้งนี้เนื่องมาจากสภาวะในการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการสลายตัวของ ascorbic acid โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8°C แสดงอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ซึ่งทำให้เซลล์แตกและส่งผลให้ ascorbic acid ถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนและเอนไซม์ต่าง ๆ (จริงแท้, 2549) ในการเก็บรักษาผลมะเฟืองที่อุณหภูมิ 13°C พบว่าปริมาณ phenolics มากกว่าที่อุณหภูมิ 8°C เนื่องจากที่อุณหภูมิ 13°C จะมีอัตราการหายใจสูงกว่า ส่งผลให้ปริมาณสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ phenolics อันเนื่องมาจากกระบวนการหายใจเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่วนการลดลงอาจเนื่องมาจากมีการสลายของ phenolics ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการตัดหรือเปิดวงแหวน โดยในพืชชั้นสูงพบว่ามีเอนไซม์เข้าตัดที่ aromatic ring ส่วน phenolics ที่มีโมเลกุลไม่ซับซ้อน การสลายอาจเกิดจากกระบวนการ β-oxidation การเปลี่ยนแปลงของ phenolics หลังการเก็บเกี่ยวในพืชส่วนใหญ่มักเกิดจาก polymerization ของโมเลกุลจนได้เป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนมากขึ้น (สื่อการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2549) สำหรับผลมะเฟืองซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกันพบว่ามีปริมาณ proanthocyanin ในพันธุ์เปรี้ยวสูงกว่าพันธุ์หวาน และเมื่อเปรียบเทียบมะเฟืองพันธุ์เดียวกันที่อุณหภูมิ 8 และ 13°C จะพบการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกัน proanthocyanin เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มเดียวกับ phenolics ดังนั้นการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของ proanthocyanin จึงอาจมีการสังเคราะห์หรือสลายตัวด้วยเหตุผลเดียวกัน

การทดสอบฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ DPPH พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงไม่เด่นชัดแต่มีประสิทธิภาพค่อนข้างคงที่ โดยมะเฟืองพันธุ์เปรี้ยวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระต่ำตลอดการเก็บรักษา มีคุณสมบัติของสารต้าน

อนุมูลอิสระ DPPH มีแนวโน้มที่คล้ายกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ ascorbic acid การทดสอบความสามารถจับประจุของอิออนเหล็ก พบว่ามะเฟืองพันธุ์หวานซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13ºC ในวันที่ 1 มีความสามารถในการจับกับประจุของอิออนเหล็ก (Fe^{2+}) ได้ดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพสูงถึง 88.84% และพบว่า phenolics มีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับความสามารถของการต้านอนุมูลอิสระในด้านนี้ สำหรับการทดสอบการลดทอนฤทธิ์ของอนุมูลอิสระในผลมะเฟือง มีการเปลี่ยนแปลงน้อยและเกิดขึ้นแบบไม่แน่นอน โดยพบว่าการเก็บรักษามะเฟืองพันธุ์หวานที่อุณหภูมิ 13ºC ในวันที่ 9 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในด้านนี้สูงสุด และเมื่อเปรียบเทียบแนวโน้มของปริมาณสารประกอบ proanthocyanin พบว่า มีแนวโน้มคล้ายคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในด้านนี้

สรุปผล

จากการศึกษาเปรียบเทียบแนวโน้มความสามารถของการต้านอนุมูลอิสระกับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ascorbic acid, phenolic และ proanthocyanin มีแนวโน้มคล้ายกับการทดสอบความสามารถด้านประสิทธิภาพการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH, ความสามารถในการจับประจุของอิออนของเหล็ก และความสามารถด้านการลดทอนฤทธิ์ของอนุมูลอิสระ ตามลำดับ หากต้องการบริโภคมะเฟืองให้ได้ประสิทธิภาพในด้านดังกล่าว จึงควรเลือกบริโภคผลมะเฟืองพันธุ์หวานซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13ºC ของการเก็บรักษาวันที่ 7, 1 และ 9 ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2549, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 396 หน้า.

ปิยนันท์ เผ่าม่วง, 2550, กินพืชผักผลไม้ให้เป็น [สืบค้น]http://nutrition.anamai.moph.go.th/vegetable.doc [23/February/2550].

พระจันทร์ กันยา, 2544, ไม้พื้นบ้านไทย, สำนักพิมพ์มติชน, 174 หน้า.

วินัย ดะห์ลัน, 2550, เอกสารประกอบคำบรรยาย โภชนาการพื้นฐานเพื่อการมีสุขภาพสมบูรณ์สูงสุด [สืบค้น],http://th.wikipedia.org/wiki/ไฟโตนิวเทรียท์ [23/February/07].

สื่อการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์, 2549, ชีวเคมีของผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ [สืบค้น], http://coursewares.mju.ac.th/section2/pt331/01.htm [19/November/06].

Chang, C., Lin, H., Chang, C. and Liu, Y., 2006, Comparisons on the Antioxidant Properties of Fresh, Freeze-dried and Hot-Air-Dried Tomatoes, Journal of Food Engineering, 77(3): 478-485.

Decker, E.A. and Welch, B., 1990, Role of Ferritin as a Lipid Oxidation Catalyst in Muscle Food, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38(3): 674-677.

Klein, B.P. and Perry, A.K., 1982, Ascorbic Acid and Vitamin A Activity in Selected Vegetables from Different Geographical Areas of the United States, Journal of Food Science, 47(3): 941–945.

Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J. and Cheng, S., 2006, Evaluation of Antioxidant Properties of Pomegranate Peel Extract in Comparison with Pomegranate Pulp Extract, Journal Food Chemistry, 96(2): 254-260.

Singleton, V.L. and Rossi Jr., J.A., 1965, Colorimetry of Total Phenolic with Phosphomolybdic-Phosphotugstic Acid Reagents, American Journal of Enology and Viticulture, 16(3): 144-158.

.

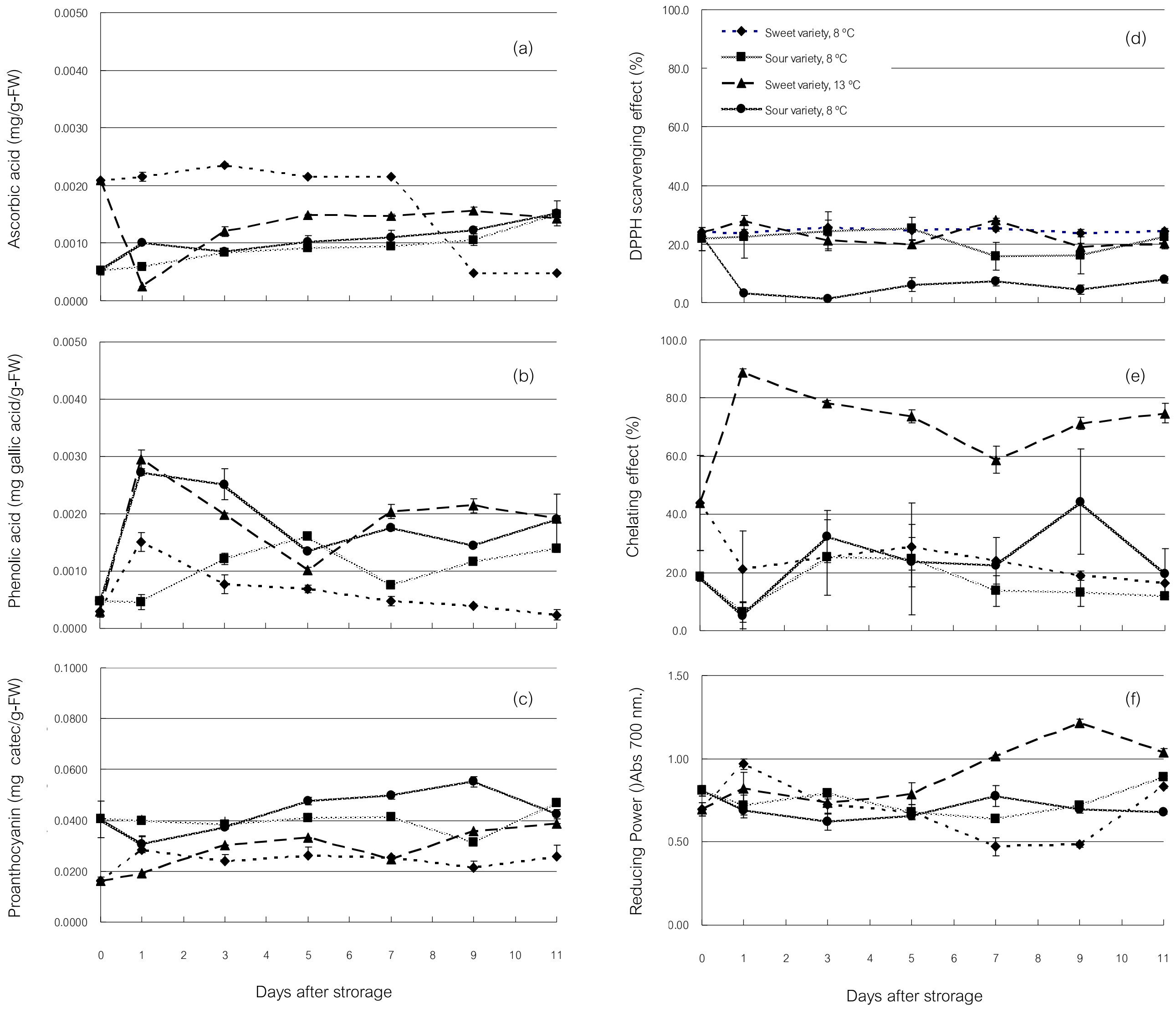


Figure 1 Changes in antioxidant components and properties of sweet and sour carambola (*Averrhoa carambola* L.) fruits during storage at 8 and 13ºC: (a) ascorbic acid (b) phenolic acid (c) proanthocyanin (d) DPPH scarvenging activity (e) ferrous ion chelating ability and (f) reducing power. Data are means of 4 replications ± SE.

การศึกษาปริมาณกรดไขมันของแมคคาเดเมีย

The Study of Quality Fatty Acid of Macadamia Nut

อาทิตย์ วาณิชอดิศักดิ์[1] วารุณี เตีย[1] และ อาภาพรรณ ชัฏไพศาล[2]

Vanich-A-Disak, A.[1], Tia, W.[1] and Chatpaisarn, A.[2]

Abstract

Macadamia nut has become a lucrative crop in Thailand; they are actively being promoted in the Northern part with the aim of boosting exports. In product processing, it has more residue or waste such as off-spec nuts and pericarp. Thus the aim of this research was to utilize the extracted oil from off-spec nuts of a macadamia nuts processing plant at Phureu Highland Agricultural Experiment Station (PHAES) in the north-eastern part of Thailand. The off-spec nuts were used to cold press and solvent extraction with petroleum ether, this result were found %yield of extracted with petroleum ether 41.22% more than extracted by compress (24%). The study of physical property was measured to refractive index 1.455 by refractrometer. The appearance of sample has clear and light yellow colour. Fatty acid compounds of off-spec nuts were analyzed by using gas chromatography frame ionization detector (GC-FID). Macadamia oil of off-spec nuts was also found composition of oleic acid (C18:1; ω9), linoleic acid (C18:2; ω6) and linolenic acid (C18:3; ω3) which were benefical for skin and health, can be used in the relatively high value spa and food products.

Keywords: macadamia, Gas Chromatography Frame Ionization(GC-FID), fatty acid, oil

บทคัดย่อ

แมคคาเดเมียได้กลายมาเป็นพืชผลที่จะทำกำไรให้กับประเทศได้อย่างมากมาย เนื่องจากในภาคเหนือมีการส่งออกกันมาก ในกระบวนการผลิตแมคคาเดเมียนั้น มีของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตแมคคาเดเมียเป็นจำนวนมาก ได้แก่ เมล็ดด้อยคุณภาพ และเปลือก เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจนำของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตแมคคาเดเมียของสถานีทดลองเกษตรที่สูงภูเรือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยกลับมาใช้ประโยชน์ โดยศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดด้อยคุณภาพด้วยวิธีบีบอัด และสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ พบว่า%yield จากการสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์มีค่าเท่ากับ 41.22% มากกว่าการสกัดด้วยวิธีบีบอัด (24%) จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพโดยวัดค่าการหักเหของแสงของน้ำมันที่ได้จากเมล็ดด้อยคุณภาพด้วยเครื่อง refractometer มีค่าการหักเหของแสงเท่ากับ 1.455 พบว่าน้ำมันจากเมล็ดที่ด้อยคุณภาพมีลักษณะใส และมีสีเหลืองอ่อน จากการศึกษาองค์ประกอบกรดไขมันของเมล็ดด้อยคุณภาพ โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี เฟลมไอออนไนเซชั่น (GC-FID) พบว่าน้ำมันแมคคาเดเมียที่ได้จากเมล็ดด้อยคุณภาพ มีส่วนประกอบของกรดไขมันโอเลอิก (C18:1, โอเมก้า 9) ลิโนเลอิก (C18:2, โอเมก้า 6) และลิโนเลนิก(C18:3, โอเมก้า 3) ซึ่งมีประโยชน์ต่อผิวหนังและสุขภาพ สามารถนำมาบริโภค และนำมาทำน้ำมันนวดสปาได้

คำสำคัญ: แมคคาเดเมีย แก๊สโครมาโตกราฟีเฟลมไอออนไนเซชั่น (GC-FID) กรดไขมัน น้ำมัน

คำนำ

จากแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวที่จะพัฒนาพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือให้สามารถเพาะปลูกพืชได้ เพื่อประชาชนจะได้มีแหล่งทำกิน ลดการอพยพย้ายถิ่นฐาน และพัฒนาให้พื้นที่ว่างเปล่ากลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะที่จังหวัดเลยมีอากาศเย็น และเป็นที่ราบที่มีระดับสูงกว่าน้ำทะเลมาก ทำให้สามารถเพาะปลูกพืชเมืองหนาวได้เป็นอย่างดี จึงมีการจัดตั้งเกษตรที่สูงภูเรือ ภายใต้กรมวิชาการเกษตร มีการทดลองปลูกพืชเมืองหนาวหลายชนิด รวมถึงแมคคาเดเมีย (*Macadamia integrifolia* Maiden and Betche) วงศ์ Proteaceae รวมอยู่ด้วย พืชชนิดนี้จะปลูกได้

[1]คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถ. ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[1]School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Prachauthit Road, Tungkru, Bangmod, Thailand,10140

[2]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] School of Bioresources and technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 moo 8, thakham, Bangkuntien, Bangkok, Thailand, 10150

เฉพาะที่สูงมากกว่าระดับน้ำทะเล 1000 เมตรขึ้นไป และต้องมีสภาพอากาศที่เย็น เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปลูก พืชชนิดนี้มีคุณสมบัติที่เหมาะสม คือ เป็นไม้ใบเขียวตลอดทั้งปีไม่ผลัดใบ ต้องการน้ำน้อย แมคคาเดเมียเป็นพืชยืนต้น ลำต้นสูงตั้งตรง ใบมีลักษณะเหมือนหอกหัวกลับ ใบแก่สีเขียวเข้ม ขอบใบมีหนามเล็กน้อย ออกดอกเป็นช่อยาว ติดผลเป็นช่อ ผลมีเปลือกแข็งหนา มีเปลือกแข็งอีกชั้นหนึ่งหุ้มเนื้อใน เรียกว่า กะลา ในกะลามีเมล็ดเป็นเนื้อแน่นสีขาว รับประทานได้ ขณะนี้มีเพียง 2 ประเทศเท่านั้นที่เป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ ได้แก่ รัฐฮาวาย ของประเทศสหรัฐอเมริกา และรัฐนิวเซาร์เวลล์ ของประเทศออสเตรเลียเท่านั้น ปัจจุบันมีการปลูกเพิ่มขึ้นจนทำให้การเพาะปลูกขยายออกไปวงกว้าง ได้ผลผลิตสูง แต่ปัญหาที่สำคัญ คือ เกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกไม่มีความรู้ในกระบวนการผลิตแมคคาเดเมีย แมคคาเดเมียที่ผลิตได้ไม่มีคุณภาพ ไม่สามารถทัดเทียมกับผลผลิตจากต่างประเทศ จึงมีของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตแมคคาเดเมียเป็นจำนวนมาก ได้แก่ เมล็ดด้อยคุณภาพ และเปลือก เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจนำของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตแมคคาเดเมีย โดยศึกษาองค์ประกอบของแมคคาเดเมียด้อยคุณภาพที่ผลิตจากสถานีทดลองเกษตรที่สูงภูเรือ เพื่อเป็นแนวทางในการนำเมล็ดด้อยคุณภาพมาใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

แมคคาเดเมีย จากสถานีทดลองเกษตรที่สูงภูเรือ จังหวัดเลย เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายน นำมาปอกเปลือกเขียวออก (husking) ลดความชื้นโดยการอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14-18 ชั่วโมง นำมากะเทาะเปลือกกะลาออกได้แมคคาเดเมียพร้อมบริโภค คัดแยกเมล็ดด้อยคุณภาพมาศึกษา โดยนำตัวอย่างแมคคาเดเมียมาสกัดด้วยวิธีการบีบอัดด้วยเครื่อง Sakaya-12 Hydraulic Machine Turbo, Thailand และนำตัวอย่างมาสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ อัตราส่วน 1:1.5 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Buchi Rotavapor R-200, Buchi Heating Bath B-490, Buchi Vacuum Controller V-800, Buchi Vac V-500, Switzerland) นำกากมาสกัดซ้ำโดยใช้ตัวทำละลาย ระยะเวลา และอัตราส่วนเท่าเดิม นำมาวิเคราะห์ปริมาณสารที่สกัดได้ (%yield) เลือกวิธีการสกัดที่เหมาะสม จากนั้นนำน้ำมันแมคคาเดเมียมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ได้แก่ การหักเหของแสง (refractive index; RI) โดยใช้ refractrometer (Hand Refractometer ATAGO รุ่น R-5000, USA) และวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี เฟลมไอออนไนเซชั่น ดีเทคเตอร์(gas chromatography frame ionization detector; GC-FID) (ตามวิธีของ AOCS, 1998)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาวิธีสกัดแมคคาเดเมียโดยใช้วิธีการบีบอัด และการสกัดด้วยตัวทำละลาย พบว่าวิธีการบีบอัดให้ปริมาณสารสกัดน้อยกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ คือ 24 และ 41.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณน้ำมันที่ถูกบีบอัดมีปริมาณน้อยกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายเนื่องจากเครื่องบีบไม่สามารถบีบได้ถึงหน่วยย่อยของเมล็ดถั่วแมคคาเดเมียได้ อีกทั้งในขณะบีบอัดมีน้ำมันบางส่วนสูญเสียติดกับอุปกรณ์บีบอัด และกากของแมคคาเดเมีย ส่วนการสกัดด้วยตัวทำละลายนั้นสามารถแทรกซึมได้ถึงภายในเมล็ดจึงทำให้สามารถสกัดน้ำมันออกมาได้มากกว่าการบีบอัด เมื่อนำกากมาสกัดซ้ำ สามารถสกัดน้ำมันออกมาได้อีก 8.81 เปอร์เซ็นต์ นำสารสกัดมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพพบว่าน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดด้อยคุณภาพมีค่าการหักเหของแสง เท่ากับ 1.455 แตกต่างจากค่าการหักเหของแสงของน้ำมันที่ได้จากเมล็ดมีคุณภาพ มีค่า 1.449 (ไม่ได้แสดงการทดลองในงานวิจัยนี้) และมีลักษณะ ใส สีเหลืองอ่อนๆ แต่เมล็ดได้คุณภาพจะมีลักษณะใส ไม่มีสี จากนั้นนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบโดยทำน้ำมันที่ได้ให้อยู่ในรูปเอสเทอร์ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบที่เป็นกรดไขมัน พบว่าน้ำมันของเม็ดด้อยคุณภาพจากภูเรือมีกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ 11 ชนิด มีทั้งกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัว ส่วนมากเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่มีคาร์บอนตั้งแต่ 16 ถึง 22 หน่วย ได้แก่ 16:1 18:1 18:2 18:3 20:1 และ 22:1 แสดงดัง Table 1 และ Figure 1 ในแมคคาเดเมียกรดไขมันที่พบมากที่สุด คือ โอเลอิกแอซิด (C18:1) หรือ โอไมก้า 9 มีมากถึง 53.69 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เมล็ดคุณภาพมี 55.67 เปอร์เซ็นต์ (ไม่ได้แสดงการทดลองในงานวิจัยนี้) ซึ่งพบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกัน และในปี 2006 Black และคณะ รายงานว่าในแมคคาเดเมียมีปริมาณโอเมก้า 9 อยู่ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ดัง Table 1 ซึ่งกรดไขมันชนิดนี้มีประโยชน์ช่วยลดคอเลสเตอรอลชนิดที่ไม่ดี (low density lipoprotein; LDL) ลดไตรเอธิลกลีเซอรอล (triethylglycerol) เพิ่มระดับของไขมันตัวดี (high density lipoprotein; HDL) ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ ไขมันอุดตันในเส้นเลือด ซึ่งไขมันชนิดนี้พบมากในน้ำมันรำข้าว (Xu และคณะ, 2001) จากการวิจัยพบว่าในแมคคาเดเมียด้อยคุณภาพมีกรดไขมันลิโนเลอิก (C18:2) ปริมาณ 2.57 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับเมล็ดคุณภาพ คือ 2.20 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันชนิดนี้พบมากในน้ำมันข้าวโพด 54.45

เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดทานตะวัน 51.40 เปอร์เซ็นต์ (Ahn และคณะ, 2008) และพบว่ามีกรดไขมันลิโนเลนิก หรือ โอเมก้า 3 ปริมาณ 3.89 เปอร์เซ็นต์ในเมล็ดด้อยคุณภาพ ซึ่งโอเมก้า-3 ประกอบด้วยกรดไขมันหลายชนิดและมีสามชนิดที่จำเป็นต่อร่างกายอย่างมาก ได้แก่ กรดไอโคซาเพนเทโนอิก (EPA), โดโคซาเฮกเซโนอิก (DHA) มีอยู่ในน้ำมันปลา และกรดอัลฟาลิโนเลอิก (ALA) พบอยู่ในพืช พบว่าถั่วเหลืองมีปริมาณโอเมก้า-3 7000 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม กรดไขมันเหล่านี้เป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ต่างๆในร่างกาย ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการไหลเวียนของเหลวที่ผ่านเข้าออกเซลล์ต่างๆ รวมทั้งควบคุมการสื่อสารระหว่างเซลล์ เซลล์ที่มีโอเมก้า-3 เป็นส่วนประกอบในผนังเซลล์อยู่จำนวนมากจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีงานวิจัยรายงานว่าการบริโภคกรดไขมันโอเมก้า-3 สามารถช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดอุดตัน ลดการเกาะตัวของเกล็ดเลือด ทำให้เกิดลิ่มเลือดอุดตันได้ยากขึ้น ป้องกันโรคความจำเสื่อมในผู้สูงอายุ ช่วยกระตุ้นการพัฒนาสมองและอารมณ์ในวัยเด็ก ช่วยกระตุ้นการสร้างสารเคมีในสมองชื่อซีโรโทนิน ซึ่งมีฤทธิ์ต้านการซึมเศร้าได้ ช่วยลดปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเลือด ลดความดันโลหิต และช่วยชะลอ ป้องกันการเจริญของเซลล์มะเร็งในสัตว์ทดลอง (Essential Fatty Acids, 2008, Flax, Alternative Field Crop Manual, 2008)

Table 1 Composition of fatty acid in off-spec nuts of a macadamia nuts processing plant at Phureu Highland Agricultural Experiment Station (PHAES) in the north-eastern part of Thailand.

retention time(min)	composition of fatty acid		area	% relative peak area	percent [a]
5.889	Tetradecanoic Acid (Myristic)	14:0	5222	1.16	-
8.468	Hexadecanoic Acid (Palmitic)	16:0	41914	9.34	9
9.385	cis-9-Hexadecenoic Acid (Palmitoleic)	16:1	82462	18.38	22
11.879	Octadecanoic Acid (Stearic)	18:0	20828	4.64	3
12.829	cis-9-Octadecenoic Acid (Oleic)	18:1	240949	53.69	60
13.861	cis,cis-9,12-Octadecadienoic Acid (Linoleic)	18:2	11555	2.57	2
15.356	Eicosanoic Acid (Arachidic)	20:0	17754	3.96	2
16.080	all cis-9,12,15-Octadecatrienoic Acid (Linolenic)	18:3	17473	3.89	-
18.988	cis-11-Eicosenoic Acid (Eicosenoic)	20:1	5878	1.31	2
19.673	Docosanoic Acid (Behenic)	22:0	1948	0.43	-
22.594	cis-13-Docosenoic Acid (Erucic)	22:1	2783	0.62	-

[a] The percent composition of macadamia (*Macadamia* spp.) agriculture in Hawali and Australia (Black และคณะ, 2006)

จาก Table 1 จะพบว่าองค์ประกอบน้ำมันส่วนใหญ่เป็นไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมากที่สุด ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างมาก และมีไขมันชนิดอิ่มตัวซึ่งเป็นไขมันอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ทำให้ทราบว่าน้ำมันแมคคาเดเมียเป็นน้ำมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากที่สุดชนิดหนึ่ง และที่สำคัญมีกรดไขมันที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง 3 ชนิด คือ โอเมก้า 9 โอเมก้า 6 และโอเมก้า 3 ซึ่งก็คือ กรดไขมัน 18:1 18:2 และ18:3 ตามลำดับ น้ำมันแมคคาเดเมีย มีส่วนคล้ายซีบรัมของผิวหนังมนุษย์ช่วยให้ผิวหนังไม่เหี่ยวย่น เต่งตึง และโอเมก้า 3 ช่วยบำรุงร่างกายในด้านต่างๆ และช่วยลดคลอเลสเตอรอลด้วย (Shea Butter, 2008)

สรุปผล

จากการวิเคราะห์คุณภาพของแมคคาเดเมียที่ด้อยคุณภาพ พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว และมีปริมาณกรดไขมันโอเลอิกเป็นองค์ประกอบสูงที่สุด รองลงมาเป็นปาล์มิโทอิก และมีปริมาณกรดไขมันใกล้เคียงกับเมล็ดคุณภาพที่ผลิตจากเกษตรที่สูงภูเรือ เมล็ดที่ผลิตจากภูเรือมีองค์ประกอบแตกต่างจากแมคคาเดเมียของต่างประเทศ แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันพบว่าสามารถนำเมล็ดแมคคาเดเมียด้อยคุณภาพมาใช้ได้เช่นเดียวกับเมล็ดได้คุณภาพ

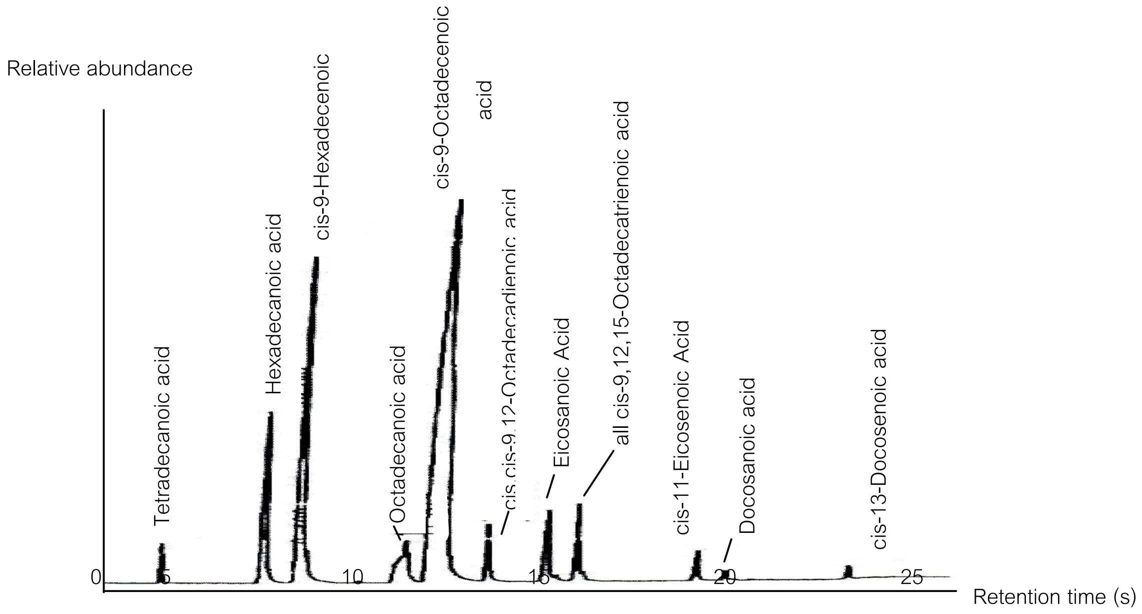


Figure 1 Chromatogram of fatty acid of off-spec macadamia nuts analysis by GC-FID.

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ รศ.ดร.อรพิน เกิดชูชื่น ผศ.ดร.ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ ห้องปฏิบัติการสารให้กลิ่นรส และรศ.ดร.คณิต กฤษณังกูร ห้องปฏิบัติการน้ำมัน และไขมัน สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

AOCS, 1998, AOCS, Fatty Acid Composition by GLC (Ce-1b-89). In: F. Gustone, Editor, Official Methods and Recommended Practices of American Oil Chemists' Society, AOCS Press, Campaign, IL.

Ahn, J.H., Kim, Y.P., Seo, E.M., Choi, Y.K. and Kim, H.S., 2008, Antioxidant Effect of Natural Plant Extracts on the Microencapsulated High Oleic Sunflower Oil, Journal of Food Engineering, 84(2): 327-334.

Black, M., Bewley, J.D. and Halmer, P., 2006, The Encyclopedia of Seeds: Science, Technology and Uses, "Oil Seeds- Minor", CAB International, UK, 457 p.

Essential Fatty Acids. [Online], Available: http://qualitycounts.com/fpfats.html [February 15, 2008]

Flax ,Alternative Field Crop Manual [Online], Available:
http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/flax.html [February 15, 2008]

Shea Butter [online], Available:
http://www.huile.com/p.ficheMacadamiaRaf.fr.php [August 21, 2008]

Xu, Z., Hua, N. and Godber, J.S., 2001, Antioxidant Activity of Tocopherols, Tocotrienols, and γ-Oryzanol Components from Rice Bran Against Cholesterol Oxidation Accelerated by 2,2′-Azobis (2-Methylpropionamidine) Dihydrochloride, Journal of Agricultural of Food Chemistry, 49(4), 2077–2081.

การแก้การพักตัวของเมล็ดเหรียง (*Parkia timoriana* (DC.) Merr.)

Breaking Seed Dormancy in *Parkia timoriana* (DC.) Merr.

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1]

Sawatdikarn, S.[1]

Abstract

Hard seed and water impermeability occurred in *Parkia timoriana* seeds. Seed clipping is one method of the enhancing of seed germination and vigor. The objective of this study was to determine the seed clipping method on seed germination and vigor of two *P. timoriana* seeds: black and brown types. Samples of the seed were clipped at 0, 1, 2, 3 and 4 mm. from distral end. The results showed that clipping method improved germination and vigor of *P. timoriana* seeds, and the appropriate method for enhancement of seed germination as clipped at 2 mm. in black and brown types with the germination of 79 and 62%, respectively, whereas both of *P. timoriana* seeds clipped at 0 cm. were non-germinated. The clipped seed at 3 and 4 mm. from distral end had fairly low of seed germination and vigor. The clipped seed at 3 mm. had germination in black and brown types with 32 and 27%, respectively, and those clipped at 4 mm. had seed germination lesser than 10% in both black and brown types with 9 and 8%, respectively.

Keywords: *Parkia timoriana*, seed clipping, seed germination and vigor, breaking seed dormancy

บทคัดย่อ

เมล็ดเหรียงมีการพักตัวแบบเมล็ดแข็ง และไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านเข้าไปในเมล็ด การตัดเมล็ดเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้เมล็ด เหรียงงอกได้ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการตัดเมล็ดต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดเหรียง 2 ชนิด คือ เมล็ดสีดำและสีน้ำตาล มีการตัดเมล็ดออกจากปลายเมล็ดต่างกัน แบ่งเป็น 5 วิธี คือ 0 1 2 3 และ 4 มม. ผลการทดลองพบว่า วิธีการตัดเมล็ดทำให้เมล็ดเหรียงมีความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น วิธีที่เหมาะสมในการตัดเมล็ดเหรียง คือ การตัดที่ระยะ 2 มม. จากปลายเมล็ด ทำให้เมล็ดเหรียงงอกสูงสุด โดยมีความงอก 79 และ 62% ของเมล็ดเหรียงที่มีสีดำและสีน้ำตาล ตามลำดับ ส่วนเมล็ดเหรียงที่ไม่ตัดเมล็ด พบว่า เมื่อนำไปเพาะปรากฏว่าเมล็ดเหรียงทั้งสองชนิดไม่งอก และเมล็ดเหรียงที่ตัดเมล็ดที่ระดับ 3 และ 4 มม. มีความงอกและความแข็งแรงต่ำ การตัดเมล็ดที่ระดับ 3 มม. มีความงอก 32 และ 27% (เมล็ดเหรียงที่มีสีดำและสีน้ำตาล ตามลำดับ) โดยเฉพาะการตัดเมล็ดที่ระดับ 4 มม. เมล็ดมีความงอกต่ำกว่า 10% โดยมีความงอก 9 และ 8% (เมล็ดเหรียงที่มีสีดำและสีน้ำตาล ตามลำดับ)

คำสำคัญ: เหรียง การตัดขั้วเมล็ด ความงอกและความแข็งแรง การแก้การพักตัวของเมล็ด

คำนำ

เหรียง (*Parkia timoriana* (DC.) Merr.) เป็นพืชเฉพาะถิ่นของภาคใต้ โดยมีการนำเหรียงมาใช้ประโยชน์เพื่อบริโภคและขยายพันธุ์ สำหรับการบริโภคเหรียงโดยนำเมล็ดมาเพาะให้งอกเป็นต้นอ่อนแล้วบริโภคเป็นผักสด หรือนำไปดอง และเพื่อการขยายพันธุ์ โดยนำเมล็ดมาเพาะให้เป็นต้นกล้า แล้วเพาะไว้ในโรงเรือนเมื่ออายุประมาณ 4-6 เดือน ก่อนนำไปปลูกต่อได้ แต่ปัญหาที่พบในการใช้ประโยชน์ของเหรียงในปัจจุบัน คือ เมล็ดเหรียงมีการพักตัวชนิดเมล็ดแข็งโดยไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านเข้าไปในเมล็ด ฉะนั้นวิธีที่จะทำให้เหรียงงอกได้ คือ การแก้การพักตัวซึ่งทำให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าการไม่แก้การพักตัว สำหรับวิธีแก้การพักตัวของเมล็ดแข็งมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การใช้กรดซัลฟิวริคเป็นวิธีที่เหมาะสมในการแก้การพักตัวของเมล็ด Sesbania จำนวน 3 ชนิด คือ *Sesbania sesban, S. rostrata* และ *S. virgata* รองลงมาคือ การใช้วิธีขัดถูกับกระดาษทราย (Veasey และ De Freitas, 2002) นอกจากนี้ Silveira และ Fernandes (2006) ใช้วิธีแก้การพักตัวกับ *Mimosa foliolosa* 3 วิธี พบว่า การใช้วิธีขัดถูกับกระดาษทรายทำให้เมล็ด M. *foliolosa* มีความงอกสูงสุด 83-97% ซึ่งสูงกว่าการใช้กรดซัลฟิวริคที่เมล็ด

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya,13000

มีความงอก 37-83% เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่แก้การพักตัวที่มีความงอก 3-36% การทำให้เมล็ดมีเปลือกหุ้มเมล็ดที่บางลงสามารถแก้การพักตัวของเมล็ด *Solanum centrale* ได้โดยทำให้เมล็ดมีความงอก 33% และมีความงอกสูงกว่าการไม่แก้การพักตัวที่เมล็ดมีความงอก 3 % เท่านั้น (Ahmed และคณะ, 2006) และการแก้การพักตัวของ *Dodenaea viscosa* ด้วยวิธีตัดขั้วเมล็ดด้วยใบเลื่อยที่ทำให้เมล็ดมีความงอก 80% ซึ่งมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้แก้การพักตัวที่มีความงอก 3% (Baskin และ Baskin, 2004) การแก้การพักตัวของเมล็ดหญ้า 3 ชนิด คือ *Danthonia californica*, *Festuca varidula* และ *Stipa lemmonii* ด้วยวิธีขัดถูกับกระดาษทราย พบว่า การขัดถูกับกระดาษทรายสามารถแก้การพักตัวของ *Danthonia californica* และ *Stipa lemmonii* (Trask และ Pyke, 1998) จะเห็นได้ว่าการใช้วิธีแก้การพักตัวของเมล็ดแข็งมีหลายวิธี เช่น การใช้กรดซัลฟิวริค การขัดถูกับกระดาษทราย และการตัวขั้วเมล็ด ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน สำหรับงานวิจัยนี้ทำการศึกษาการตัดขั้วเมล็ด เหรียง 4 วิธี คือ การตัดขั้วเมล็ดเหรียง 1 2 3 และ 4 มม. จากปลายเมล็ด เปรียบเทียบกับการไม่ตัดขั้วเมล็ด เพื่อศึกษาวิธีแก้การพักตัวที่เหมาะสมในการทำให้เมล็ดเหรียงงอกได้และทำให้เมล็ดมีความงอกสูงสุดและมีต้นกล้าที่สมบูรณ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ดำเนินการที่ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงกรกฎาคม 2551 เป็นการทดสอบการแก้การพักตัวของเมล็ดเหรียง จำนวน 2 ชนิด คือ เหรียงเมล็ดสีดำ และเหรียงเมล็ดสีน้ำตาล โดยศึกษาวิธีการตัดขั้วเมล็ด ให้ห่างจากปลายเมล็ดที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1 2 3 และ 4 มม. เปรียบเทียบ กับชุดควบคุมที่ไม่มีการตัดขั้วเมล็ด ทำการเพาะเมล็ดที่ตัดขั้วเมล็ดแล้วในตู้ควบคุมการเจริญเติบโตแบบอุณหภูมิสลับ 20-3^{o}ซ. วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 3 ซ้ำ เมื่อครบกำหนดการเพาะจำนวน 14 วัน ทำการนับจำนวนเมล็ดพืชที่งอกที่อายุ 10-14 วัน แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การงอกและความเร็วในการงอก และเมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วัน วัดการเจริญเติบโตจำนวน 4 ด้าน คือ ความยาวยอด ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้า แล้วนำผลการงอกและ การเจริญเติบโตของต้นกล้าเหรียงมาเปรียบเทียบผลการทดลองด้วยวิธี DMRT สำหรับการทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ดำเนิน การตามวิธีของ AOSA (2002) และ ISTA (1996)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมล็ดเหรียงสีดำ การตัดขั้วเมล็ดที่ระดับ 2 มม. จากปลายเมล็ดทำให้เมล็ดเหรียงมีความงอกสูงสุด 79.33 % รองลงมาคือการตัดขั้วที่ระดับ 1 และ 3 มม. จากปลายเมล็ด ซึ่งมีความงอก 53.33 และ 32.66% ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดเหรียงมีไม่ตัดขั้วเมล็ด พบว่า เมล็ดเหรียงสามารถไม่งอก (Table 1) เมื่อพิจารณาความเร็วในการงอกของเมล็ดเหรียงที่ตัดขั้วเมล็ดต่างกัน พบว่า การตัดขั้วที่ระดับ 2 มม. จากปลายเมล็ดทำให้เมล็ดเหรียงมีความเร็วในการงอกสูงสุด 21.20 ส่วนการตัดขั้วเมล็ดที่ระดับ 3 และ 4 มม. ทำให้เมล็ดเหรียงมีความเร็วในการงอกค่อนข้างต่ำโดยมีค่าต่ำกว่า 10.00 เหรียงที่ตัดขั้วเมล็ดในระดับที่เหมาะสม คือ 2 มม. จากปลายเมล็ดทำให้เมล็ดมีความงอกสูงสุด ทั้งนี้เพราะ การตัดขั้วเมล็ด เป็นวิธีหนึ่งในการแก้การพักตัวของพืชที่มีการพักตัวแบบเมล็ดแข็งให้งอกได้ (Geneve, 1998) นอกจากนี้ยังพบว่า เมล็ดเหรียงที่ผ่านการตัดขั้วเมล็ดทุกระดับมีความงอกอยู่ระหว่าง 8.66-79.33 % ซึ่งมากกว่าการไม่ตัดขั้วเมล็ด ที่เมล็ดไม่สามารถงอกได้ โดยให้ผลในทำนองเดียวกับการแก้การพักตัวของ *Dodenaea viscosa* ด้วยวิธีการตัดขั้วเมล็ดด้วยใบเลื่อยทำให้เมล็ดมีความงอก 80% ซึ่งสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแก้การพักตัวที่เมล็ดมีความงอกเพียง 3% เท่านั้น (Baskin และ Baskin, 2004) และการทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดแตกสามารถทำให้เมล็ด hawthorn (*Crataegus monogyna*) งอกได้ (Persson และคณะ, 2006) ส่วนความเร็วในการงอก พบว่า การตัดขั้วที่ระดับ 2 มม. ทำให้เมล็ดที่มีความเร็วในการงอกสูงสุด เท่ากับ 21.20 รองลงมาคือการตัดขั้วเมล็ดที่ระดับ 1 และ 3 มม. สำหรับคุณภาพของเมล็ดเหรียงอีก 2 ลักษณะ คือ ความยาวยอดและรากของต้นกล้า เมื่อตัดขั้วเมล็ดที่ระดับต่างกัน พบว่า การตัดขั้วเมล็ดที่ระดับ 1-2 มม. จากปลายเมล็ดมีความยาวยอดและรากของต้นกล้าสูงสุด การตัดขั้วเมล็ดทำให้เมล็ดเหรียงที่มีการพักตัวแบบเมล็ดแข็งสามารถงอกได้และให้ต้นกล้าที่มีความยาวยอดและรากรวมทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้า (Table 1) และแตกต่างต่างทางสถิติกับการไม่ตัดขั้วเมล็ด ทั้งนี้เพราะการไม่ตัดขั้วเมล็ดทำให้เซลล์บริเวณเปลือกหุ้มเมล็ดยังมีลักษณะแข็งและไม่ถูกเปิดออกทำให้น้ำไม่สามารถผ่าเข้าไปภายในเมล็ดได้ (Baskin และ Baskin, 2004) และการตัดขั้วเมล็ดทำให้เซลล์ที่มีลักษณะแข็งของเปลือกหุ้มเมล็ดถูกเปิดออก และยอมให้น้ำผ่านเข้าไปในเมล็ด และทำให้เมล็ดงอกได้ ทำนองเดียวกันกับการพักตัวที่เกิดขึ้นกับ *Acacia aroma* และ *A. caven* ที่มีการพักตัวแบบมีเยื่อหุ้มเมล็ดแข็งและถ้าไม่มีการแก้การพักตัวก่อนการเพาะ เมล็ดจะไม่งอก (Funes และ Venier, 2006) การแก้การพักตัวของเมล็ดเหรียงด้วยวิธีตัดขั้วเมล็ดทำให้เมล็ดเหรียงมีความยาวรากของต้นกล้ามากกว่าเหรียงที่ไม่มีการตัดขั้วเมล็ด (Table 1) เช่นเดียวกับการทดลองที่แก้การพักตัวของ

Bauhinia racemosa ด้วยวิธีแช่น้ำ จุ่มน้ำร้อนและขัดกับกระดาษทรายทำให้เมล็ดมีความยาวรากอยู่ระหว่าง 18.1-24.7 มม. ซึ่งสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้แก้การพักตัวที่ต้นกล้ามีความยาวราก 14.7 มม. (Prasad และ Nautiyal, 1996)

เมล็ดเหรียงสีน้ำตาล จากการทดลองตัดขั้วของเมล็ดเหรียงสีน้ำตาลที่ระดับต่างกันจากปลายเมล็ด พบว่า การตัดขั้วเมล็ดที่ระดับ 1 และ 2 มม. ทำให้เมล็ดเหรียงมีความงอกสูงสุด เท่ากับ 69.33 และ 62.66 % ตามลำดับ (Table 2) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้การตัดขั้วเมล็ดที่ระดับ 4 มม. จะให้เมล็ดมีความงอกน้อยที่สุดแต่ยังมีความงอกสูงกว่าการไม่ตัดขั้วเมล็ด ส่วนการศึกษาความเร็วในการงอก พบว่า การตัดขั้วเมล็ดทุกระดับทำให้เมล็ดเหรียงสีน้ำตาลมีความเร็วในการงอกมากกว่าเมล็ดเหรียงที่ไม่ได้ตัดขั้วเมล็ด การทำให้เมล็ดที่มีการพักตัวแบบเมล็ดแข็งงอกได้มีอยู่หลายวิธี เช่น การแกะเปลือกหุ้มเมล็ดออก หรือการทำให้เมล็ดแตก การแก้การพักตัวทั้งวิธีนี้ทำให้น้ำจากภายนอกผ่านเข้าไปในเมล็ดได้และทำให้เมล็ดงอก ทำนองเดียวกับการแก้การพักตัวของ *Pinus pinceana* ที่ใช้วิธีแกะเปลือกหุ้มเมล็ดออกทำให้เมล็ดมีความงอก 84% การทำให้เมล็ดแตกทำให้เมล็ดมีความงอก 28% ซึ่งมีความงอกสูงกว่าการไม่แก้การพักตัวที่เมล็ดมีความงอกเพียง 4% เท่านั้น (Ramirez-Herrera และคณะ, 2008) และเช่นเดียวกับการแก้การพักตัวของ *Digitaria sanguinalis* โดยการตัดเอาส่วนที่หุ้มเมล็ดออก ทำให้เมล็ดมีความงอก 15-21% ในขณะที่เมล็ดที่ไม่ได้แก้การพักตัวไม่สามารถงอกได้ (Gallart และคณะ, 2008) และเช่นเดียวกับการใช้วิธีตัดขั้วเมล็ดทำให้เมล็ดถั่ว wild common bean มีความงอกมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการตัดขั้วออก (Pena-Valdivia และคณะ, 2002) การตัดขั้วเมล็ดทำให้เหรียงมีความแข็งแรงในด้านความยาวยอด ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้า (Table 2) มากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ตัดขั้ว เช่นเดียวกับการทดลองตัดขั้วเมล็ดถั่ว wild common bean ที่ระดับ 1.0 มม. จากปลายเมล็ด พบว่า การตัดขั้วเมล็ดทำให้เมล็ดถั่วทั้ง 6 ตัวอย่างมีความยาวยอดและรากของต้นกล้ามากกว่าเมล็ดถั่วที่ไม่ผ่านการตัดขั้วเมล็ด (Pena-Valdivia และคณะ, 2002) และการตัดขั้วด้วยเครื่องตัดทำให้เมล็ด *Convolvulus crenatifolius* และ *Convolvulus sepium* มีความงอกเพิ่มขึ้นเป็น 100 % ในขณะที่เมล็ดทั้งสองชนิดที่ไม่ได้ผ่านการตัดขั้วเมล็ดไม่สามารถงอกได้ (Jayasuriya และคณะ, 2008) การตัดขั้วเมล็ดทำให้เหรียงทั้ง 2 ชนิด คือ เมล็ดสีดำ (Table 1) และสีน้ำตาล (Table 2) มีความงอกและความแข็งแรงมากกว่าเมล็ดที่ไม่ตัดขั้ว เช่นเดียวกับที่ Baskin และ Baskin (2004) รายงานว่า การตัดขั้วเมล็ดทำให้เมล็ดงอกได้ดีกว่าการไม่ตัดขั้ว และการตัดขั้วของเมล็ดยังสามารถช่วยให้เมล็ดถั่วที่มีการพักตัวงอกได้และมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ตัดขั้ว (Pena-Valdivia และคณะ, 2002) การตัดขั้วที่ระดับ 2 มม. จากปลายเมล็ดของ เหรียงเมล็ดสีดำ (Table 1) เป็นวิธีที่เหมาะสมในการแก้การพักตัว ส่วนเหรียงเมล็ดสีน้ำตาล (Table 2) พบว่า วิธีที่เหมาะสมในการแก้การพักตัว คือ การตัดขั้วเมล็ดที่ระดับ 1 และ 2 มม. จากปลายเมล็ด ทั้งนี้การตัดขั้วที่ระดับ 1-2 มม. สามารถใช้ในการแก้การพักตัวของเหรียงทั้งสองชนิดได้และย่นเวลาในการงอกได้ 6-12 เดือน

สรุปผล

วิธีการตัดขั้วเมล็ดทำให้เมล็ดเหรียงมีความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น วิธีที่เหมาะสมในการตัดขั้วเมล็ดเหรียง คือ การตัดที่ 2 มม. จากปลายเมล็ด ทำให้เมล็ดเหรียงงอกสูงสุด โดยมีความงอก 79 และ 62% ของเมล็ดเหรียงที่มีสีดำและสีน้ำตาล ตามลำดับ ส่วนเมล็ดเหรียงที่ไม่ตัดขั้วเมล็ด พบว่า เมื่อนำเมล็ดเหรียงทั้งสองชนิดไปเพาะปรากฏว่าเมล็ดไม่สามารถงอกได้ และเมล็ดเหรียงที่ตัดขั้วเมล็ดที่ 3 และ 4 มม. มีความงอกและความแข็งแรงต่ำ การตัดเมล็ดที่ 3 มม. มีความงอก 32 และ 27% ในเมล็ดเหรียงที่มีสีดำและสีน้ำตาล ตามลำดับ ส่วนการตัดเมล็ดที่ 4 มม. เมล็ดมีความงอกต่ำกว่า 10% โดยมีความงอก 9 และ 8% ในเมล็ดเหรียงที่มีสีดำและสีน้ำตาล ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

Ahmed, A. K. Johnson, K. A. Burchett, M. D. and Kenny, B. J., 2006, The Effects of Heat, Smoke, Leaching, Scarfication, Temperature and NaCl Salinity on the Germination of Solanum Centrale (the Autralian Bush Tomato), Seed Science and Technology, 34(1): 33-45.

AOSA, 2002, Seed Vigor Testing Handbook, Association of Official Seed Analysts, No.32

Baskin, J. M. and Baskin, C. C., 2004, A Classification System for Seed Dormancy, Seed Science Research, 14: 1-16.

Funes, G. and Venier, P., 2006, Dormancy and Germination in Three Acacia (Fabaceae) Species from Central Argentina, Seed Science Research, 16: 77-82.

ISTA, 1996, International Rules for Seed Testing, Seed Science and Technology 24, Supplement, 335 p.

Gallart, M. A. Verdu, M. C. and Mas, M. T., 2008, Dormancy Breaking in *Digitaria sanguinalis* Seeds: the Role of Caryopsis Covering Structure, Seed Science and Technology, 36(2): 259-270.

Geneve, R. L., 1998, Seed Dormancy in Commercial Vegetable and Flower Species, Seed Technology, 20: 236-250.

Jayasuriya, K. M. G. G. Baskin, J. M. and Baskin, C.C., 2008, Cycling of Sensitivity to Physical Dormancy-break in Seed of *Impomoea lacunose* (Convolvulaceae) and Ecological Significance, Annals of Botany, 101(3): 341-352.

Trask, M.M. and Pyke, D.A., 1998, Variability in Seed Dormancy of Three Pacific Northwestern Grasses, Seed Science and Technology, 26(1): 179-191.

Persson, L. Jensen, M. Eriksen, E. N. and Mortensen, L. C., 2006, The Effect of Endocarp Splitting Resistance on Warm Stratification Requirement of Hawthorn Seeds (*Crataegus monogyna*), Seed Science and Technology, 34(3): 573-584.

Prasad, P. and Nautiyal, A.R., 1996, Physiology of Germination in Bauhinia: Involvement of Seed Coat in Inhibition of Germination in *B. racemosa* Lam. Seeds, Seed Science and Technology, 24(2): 305-308.

Pena-Valdivia, C. B. Garcia, N. Aguirre, J. R. and Trejo, C., 2002, The Effects of High Temperature on Dormancy and Hypocotyls-Root Growth of Wild Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Seed Science and Technology, 30(2): 231-248.

Ramirez-Herrera, C. Beardmore, T. and Loo, J., 2008, Overcoming Dormancy of *Pinus pinceana* Seeds, Seed Science and Technology, 36(1): 1-20.

Silveira, F. A. O. and Fernandes, G. W., 2006, Effect of Light, Temperature and Scarification on the Germination of *Mimosa foliolosa* (Leguminasae) Seed, Seed Science and Technology, 34(3): 585-592.

Veasey, E. A. and Teixeira de Freitas, J. C., 2002, Breaking Seed Dormancy in *Sesbania sesban*, *S. rostrata* and *S. virgata*, Seed Science and Technology, 30(1): 211-217.

Table 1 Effect of seed clipping on seed germination, speed of germination index, shoot length, root length, seedling fresh weight and seedling dry weight of black seed in *P. timoriana*.

Seed clipping (mm.)	Seed germination (%)	Speed of germination index	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Seedling fresh weight (mg)	Seedling dry weight (mg)
0	0e	0d	0c	0c	0b	0c
1	53.33b	13.09b	24.75a	8.47a	1,193a	191a
2	79.33a	21.20a	25.36a	9.05a	1,294a	193a
3	32.66c	9.60c	24.65a	3.84b	1,229a	182a
4	8.66d	7.94c	19.18ab	3.28b	1,171a	173b
C.V. (%)	18.40	12.54	19.45	18.56	16.64	12.34

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT

Table 2 Effect of seed clipping on seed germination, speed of germination index, shoot length, root length, seedling fresh weight and seedling dry weight of brown seed in *P. timoriana.*

Seed clipping (mm.)	Seed germination (%)	Speed of germination index	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Seedling fresh weight (mg)	Seedling dry weight (mg)
0	0d	0d	0c	0e	0c	0c
1	69.33a	19.85a	24.46a	7.46a	892a	157a
2	62.66ab	18.26b	23.72a	4.84b	964a	160a
3	27.33b	8.03c	24.07a	2.13c	948a	148b
4	8.00c	6.62c	16.03b	1.09d	736b	133b
C.V. (%)	12.34	10.64	9.85	12.65	14.87	15.84

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 165-168 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 165-168 (2552)

ชีววิทยาของดอกมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ

Floral Biology of Marian Plum (*Bouea burmanica* Griff.) cv. Tha It

กวิศร์ วานิชกุล[1] **และ ศิริวรรณ พรรณศรี**[1]

Wanichkul, K.[1], and Pannasee S.[1]

Abstract

A study on floral biology of Marian plum cv. Tha It was carried out at the experimental field and laboratory of Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Sean, Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus, Nakhon Pathom province in December 2007. The objective was to investigate floral biology of Marian plum. It was found that the inflorescence was panicle with average length of 81.4 mm and 12.9 secondary inflorescence branches. Average number of flowers per panicle was 183.75 flowers. The development of inflorescence from appearance to the blooming stage was 9 days and 4 days for each flower. The flowers included perfect flowers and male flowers. The ratio of perfect flowers per male flowers was 1:9.52 and floral formula was $Ca^{4}\ Co^{2\text{-}6}\ A^{2\text{-}6}\ \underline{G}^{1}$. The bloomimg period was during 6.00 a.m.- 2.00 p.m. The stigma was receptive between 6.00 a.m. - 10.00 a.m., followed by the pollen shed from 9.00 a.m.- 2.00 p.m.

Keywords: floral biology, Marian plum, Tha It, *Bouea burmanica*

บทคัดย่อ

การศึกษาชีววิทยาของดอกมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ ที่แปลงทดลอง และห้องปฏิบัติการพืชสวน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ในเดือนธันวาคม พ.ศ.2550 เพื่อศึกษาชีววิทยาของดอกมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ พบว่าช่อดอกเป็นแบบ panicle ความยาวเฉลี่ย 81.4 มิลลิเมตร มีช่อย่อยเฉลี่ย 12.9 ช่อย่อย/ช่อ ช่อดอกมีจำนวนดอกเฉลี่ย 183.75 ดอก/ช่อ ตั้งแต่ระยะที่ช่อดอกเริ่มมองเห็นด้วยตาเปล่าจนกระทั่งดอกบานหมดทั้งช่อใช้เวลาโดยเฉลี่ย 9 วัน ดอกแต่ละดอกใช้เวลาตั้งแต่เริ่มมองเห็นจนกระทั่งดอกบานโดยเฉลี่ย 4 วัน หนึ่งช่อประกอบด้วยดอกสมบูรณ์เพศและดอกเพศผู้อยู่ในช่อเดียวกัน สัดส่วนของดอกสมบูรณ์เพศต่อดอกเพศผู้เท่ากับ 1:9.52 มีสูตรดอก คือ $Ca^{4}\ Co^{2\text{-}6}\ A^{2\text{-}6}\ \underline{G}^{1}$ ดอกบานตั้งแต่ 6.00 -14.00 น. เกสรเพศเมียพร้อมรับการผสม 6.00 - 10.00 น. อับเรณูแตก 9.00-14.00 น.

คำสำคัญ: ชีววิทยาของดอก มะยงชิด ท่าอิฐ *Bouea burmanica*

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

มะยงชิดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bouea burmanica* Griff. มีชื่อพ้องอีก 2 ชื่อ คือ *Bouea oppositifolia* (Roxb.) Meissn. หรือ *Bouea microphylla* Griff. (เต็ม, 2523) ไม้ผลในกลุ่มมะยงชิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ แบ่งตามลักษณะของรสชาติแบ่งได้ 3 ชนิด คือ มะปรางเปรี้ยว มีรสเปรี้ยวจัดแม้แต่ผลจะสุกก็ตาม มะปรางหวาน ผลมีรสหวานเมื่อสุก และมะยง ผลมีรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อยแบ่งออกเป็น 2 พวก คือ พวกที่มีรสหวานอมเปรี้ยวให้ชื่อว่า มะยงชิด และพวกที่มีรสหวานอมเปรี้ยวมาก เรียกว่า มะยงห่าง (ปฐพีชล และ สรัสวดี, 2531) ในปัจจุบันมีข้อมูลเกี่ยวกับชีววิทยาของดอกมะยงชิดน้อย พบว่ามะยงชิดมีดอกเป็นช่อแบบแตกแขนง (panicle) ยาว 8-15 เซนติเมตร ดอกย่อยมีขนาดเล็กมี 250-450 ดอก/ช่อ ประกอบด้วยดอกสมบูรณ์เพศและดอกเพศผู้อยู่ในช่อเดียวกัน ดอกบานจากด้านล่างไปสู่ปลายช่อ กลีบดอกมี 4 กลีบ มีเกสรเพศผู้ 10 อัน มีรังไข่ 1 อันเป็นรังไข่ชนิดอยู่สูง (superior ovary) สัดส่วนดอกสมบูรณ์เพศต่อดอกเพศผู้คือ 1:9.63 ช่วงเวลาที่ดอกบานคือ 6.00-13.00 น.ในแต่ละช่อดอกจะบานหมดภายใน 3-5 วัน (นรินทร์, 2537; สุรชัย, 2541; สุนทรียา, 2545) การศึกษาครั้งนี้เพื่อให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับดอกมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ ผลที่ได้อาจนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงการผลิตเช่น การเพิ่มการติดผล เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกต้นมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐที่มีความสมบูรณ์ อายุประมาณ 6 ปี 1 ต้น ที่ปลูก ณ แปลงทดลองของภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม เมื่อต้นมะยงชิดเริ่มออกดอกนำป้ายมาแขวนที่ช่อดอก จำนวน 12 ช่อ เมื่อดอกเริ่มพัฒนาเห็นได้ด้วยตาเปล่าจนถึงระยะดอกบาน เก็บข้อมูล ระยะเวลาพัฒนาของดอก ขนาดของดอก ความยาวก้านช่อดอก จำนวนดอกต่อช่อ วัดความกว้าง ความยาวของดอก เส้นผ่านศูนย์กลางของดอก บันทึกรูปแบบของดอกและช่อดอก จำนวนกลีบดอก ลักษณะของรังไข่ (ovary) เกสรเพศผู้ เกสรเพศเมีย ช่วงเวลาที่อับเรณูแตก (pollen shed) ช่วงระยะเวลาที่เกสรเพศเมียพร้อมรับการผสม (stigma receptive) วาดรูปดอก เขียนแผนผังดอก (floral diagram) และสูตรดอก (floral formula)

ผลการทดลอง

ระยะเวลาที่ช่อดอกมะยงชิดเริ่มมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจนกระทั่งดอกบานหมดทั้งช่อใช้เวลา 9 วัน ดอกแรกภายในช่อเริ่มบานวันที่ 7 แบ่งเป็น 4 ระยะ ดังนี้ ระยะแรกเริ่มตั้งแต่มองเห็นช่อดอกครั้งแรก ระยะนี้ก้านช่อดอกสั้นมาก การพัฒนาของดอกด้านความยาวช้า ความยาวของช่อดอกประมาณ 7 มิลลิเมตร ระยะนี้ใช้เวลา 2 วัน ระยะที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 3 เห็นดอกในช่อย่อยเป็นวันแรก ช่อดอกสั้นไม่ยืดยาว กระจุกตัวติดกับช่อก้านดอก มีใบประดับรูปหอกรองรับช่อดอกยาวประมาณ 22 มิลลิเมตร ความกว้างของดอกที่เห็นวันแรกมีค่าเฉลี่ย 0.71 มิลลิเมตร ยาว 1.43 มิลลิเมตร ระยะที่ 3 ตั้งแต่วันที่ 5 ช่อดอกเริ่มยืดยาวประมาณ 50 มิลลิเมตร เห็นดอกชัดเจน ระยะที่ 4 ดอกมีขนาดใหญ่ขึ้น ความยาวของช่อดอกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว วันที่ 7 ดอกเริ่มบานวันแรก 5-10% วันที่ 8 ดอกจะบาน 90% บานหมดช่อในวันที่ 9 ไม่มีรูปแบบของการบานที่แน่นอน (Figure 1) ดอกในช่อแต่ละดอกบานภายใน 4 วัน (Figure 2)

ช่อดอกเป็นช่อแบบแตกแขนง panicle เกิดบริเวณปลายกิ่งแขนงภายในและนอกทรงพุ่ม ความยาวเฉลี่ย 81.4 มิลลิเมตร จำนวนช่อย่อยเฉลี่ยมี 12.9 ช่อย่อย แต่ละช่อย่อยมีดอกเฉลี่ย 12.75 ดอก มีดอกเฉลี่ย 183.75 ดอก/ช่อ ประกอบด้วยดอกสมบูรณ์เพศและดอกเพศผู้อยู่ในช่อเดียวกัน สัดส่วนของดอกสมบูรณ์เพศต่อดอกเพศผู้มีค่าเฉลี่ย 1: 9.52 มีรังไข่ 1 อันเป็นรังไข่เหนือวงกลีบ (superior ovary) ใน 1 locule จะมี 1 ออวุล (ovule) การเรียงตัว เป็นแบบติดอยู่บนฐานรังไข่ (basal placentation) กลีบเลี้ยงสีเขียวอ่อนแต่ละดอกมีกลีบเลี้ยง 4 กลีบ อยู่ติดกับฐานรองดอกรูปทรงแบบ oval ส่วนปลายของกลีบเลี้ยงแหลม มีสูตรดอก คือ $Ca^{4}\ Co^{2-6}\ A^{2-6}\ \underline{G}^{1}$ (Figure 3 และ 4) ความกว้างดอกบานเฉลี่ย 1.86 มิลลิเมตร และยาวเฉลี่ย 5.18 มิลลิเมตร กลีบดอกสีเหลืองอ่อนรูปทรงแบบ oblong กลีบยาวปลายกลีบมน มีขนาดเท่ากันตั้งแต่ 2-6 กลีบ โดยจะมีกลีบดอก 4 กลีบ 73.65% 3 กลีบ 16.97% 5 กลีบ 5.97% 2 กลีบ 2.99% และ 6 กลีบ 0.37% จำนวนเกสรเพศผู้จะเท่ากับจำนวนกลีบดอกของแต่ละดอก ดอกเริ่มบาน ตั้งแต่ 6.00 -14.00 น. เกสรเพศเมียพร้อมรับการผสม 7.00 -10.00 น. อับเรณูแตกเวลา 9.00-14.00 น. ระยะเวลาตั้งแต่ดอกบานจนมองเห็นผลได้ด้วยตาเปล่า ใช้เวลา 14 วัน

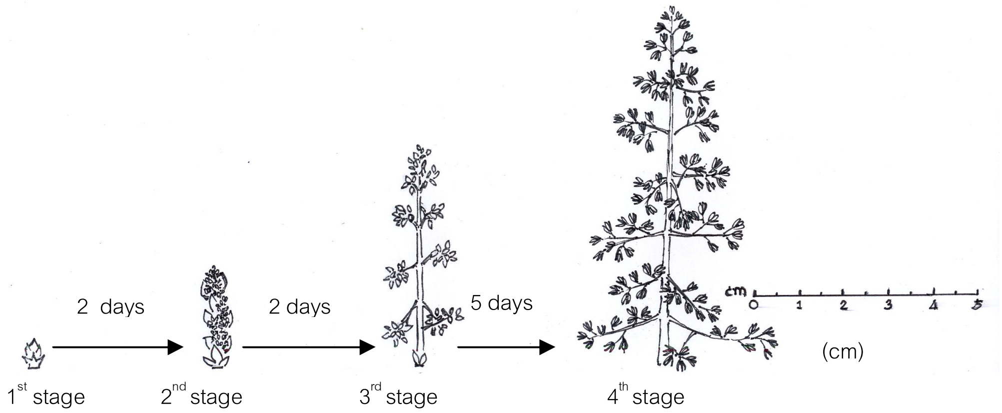


Figure 1 Development of Inflorescence of Marian plum.

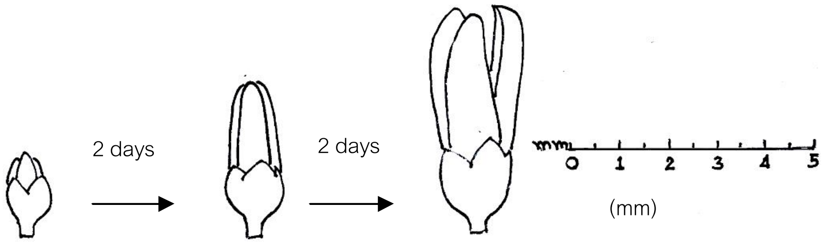


Figure 2 Development of flower of Marian plum.

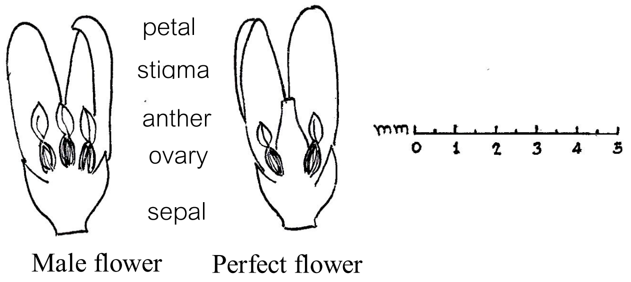
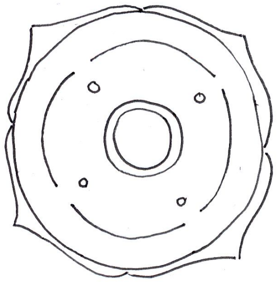


Figure 3 Longitudinal section of flower of Marian plum.



$Ca^4Co^{2-6}A^{2-6}\underline{G}^1$

Figure 4 Floral diagram and floral formula of Marian plum.

วิจารณ์ผล

ดอกมะยงชิดออกเป็นช่อบริเวณปลายกิ่งและตามซอกใบ ส่วนใหญ่ออกบริเวณปลายกิ่ง เช่นเดียวกับที่อธิบายไว้โดย Venheji และ Coronel (1991) ช่อดอกมีหลายขนาด การบานของดอกไม่มีรูปแบบ กระจายบานทั่วทั้งดอกเนื่องจากช่วงที่มีการพัฒนาของดอกนั้นดอกของมะยงชิดมีการพัฒนาใกล้เคียงกัน แต่ละดอกมีขนาดเท่าๆ กันทั้งช่อ เมื่อดอกบานจึงบานทั้งช่อไม่ทยอยบานจากดอกล่างขึ้นบน บานหมดภายใน 3 วัน ช่อดอกมีจำนวนดอกเฉลี่ย 183.75 ดอก/ช่อ แตกต่างจาก (นรินทร์, 2537 และ สุรชัย, 2541) ได้รายงานว่าในแต่ละช่อมีดอกประมาณ 250-450 ดอก/ช่อ และสุนทรียา (2545) รายงานว่าแต่ละช่อมีดอกเฉลี่ย 54.6 ดอก/ช่อ ความแตกต่างนี้อาจมีสาเหตุมาจาก อายุ ขนาดต้น ความสมบูรณ์ของต้น และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ทำให้ในส่วนของจำนวนดอกต่อช่อที่ได้ไม่เท่ากัน ช่อดอกที่ยาวจะมีจำนวนช่อดอกย่อยมากกว่าช่อสั้น ปริมาณดอกภายในช่อจะมีมากตามไปด้วย จำนวนกลีบดอกแต่ละดอกมีตั้งแต่ 2- 6 กลีบ กลีบดอกส่วนใหญ่มี 4 กลีบ ดอกที่มีกลีบดอก 3-5 กลีบหากไม่สังเกตจะเหมือนกับดอกปกติแต่ดอกที่มี 2 และ 6 กลีบ เห็นความแตกต่างได้ง่าย สัดส่วนของดอกสมบูรณ์เพศต่อดอก

ตัวผู้ 1:9.52 ใกล้เคียงกับการศึกษาก่อนหน้านี้ซึ่งมีสัดส่วน 1:9.68 (สุนทรียา, 2545) ดอกของมะยงชิดมีรังไข่ 1 อัน เป็นรังไข่เหนือวงกลีบ (superior ovary) ใน 1 locule จะมี 1 ออวุล (ovule) การเรียงตัวของออวุล เป็นแบบ basal placentation หรือไข่ใบเดียวติดอยู่บนฐานรังไข่ เช่นเดียวกับที่รายงานไว้โดย นรินทร์ (2537) และ สุรชัย (2541)

สรุปผล

ดอกมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐใช้เวลาพัฒนาตั้งแต่ระยะที่ช่อดอกเริ่มมองเห็นดอกได้ด้วยตาเปล่าจนกระทั่งดอกบานหมดทั้งช่อ 9 วัน ลักษณะช่อดอกเป็นช่อแบบแตกแขนง (panicle) ความยาวเฉลี่ย 81.4 มิลลิเมตร ดอกแต่ละดอกใช้เวลา ตั้งแต่เริ่มมองเห็นจนกระทั่งดอกบานโดยเฉลี่ย 4 วัน และตั้งแต่ดอกแรกในช่อดอกเริ่มบานจนถึงดอกสุดท้ายในช่อดอกบานใช้เวลา 2-3 วัน ดอกประกอบด้วยดอกสมบูรณ์เพศและดอกเพศผู้อยู่ในช่อเดียวกัน สัดส่วนของดอกสมบูรณ์เพศต่อดอกเพศผู้มีค่าเฉลี่ย 1:9.52 มีสูตรดอก คือ Ca^{4} $Co^{2\text{-}6}$ $A^{2\text{-}6}$ $\underline{G}^{1}$ ดอกเริ่มบาน ตั้งแต่ 6.00 -14.00 น. เกสรเพศเมียพร้อมรับการผสม 7.00 -10.00 น. อับละอองเกสรเพศผู้แตกเวลา 9.00-14.00 น.

เอกสารอ้างอิง

เต็ม สมิตินันทน์, 2523, ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ชื่อพฤกษศาสตร์-ชื่อพื้นเมือง), กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, 379 หน้า.

นรินทร์ พูลเพิ่ม, 2537, รวมกลยุทธมะปราง, เจริญรัตน์การพิมพ์, กรุงเทพฯ, 117, หน้า.

ปฐพีชล วายุอัคคี และ สรัสวดี เผือกสกนธ์, 2531, มะปราง, สหมิตรออฟเซท, กรุงเทพฯ, 54 หน้า.

สุนทรียา เกษตรสุนทร, 2545, การศึกษาลักษณะทางกิ่งใบ ดอก และผลของมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ, ปัญหาพิเศษปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 72 น.

สุรชัย มัจฉาชีพ, 2541, เอกสารประกอบคำสอนเรื่องมะปราง, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก, พิษณุโลก, 51 หน้า.

Verheij, E.W.M. and Coronel, R.E. (eds.), 1991, Plant Resources of South-East Asia, Edible Fruits and Nuts, PUDOC, Wageningen, 446 pp.

กระบวนการผลิตและลักษณะการให้ผลผลิตของน้ำตาลมะพร้าว
Production Process and Yield Characteristic of Coconut Sugar

กวิศร์ วานิชกุล[1] ฐิติมา สกุลนุ่ม[1] และ ประภาพร ตั้งกิจโชติ[1]
Wanichkul, K.[1], Sakunnum T.[1] and Tangkijchote P.[1]

Abstract

Production process and yield characteristic of coconut sugar were studied at Amphoe Amphawa, Samutsongkhram province, from June, 2008 to August, 2008 in order to reveal the basic information of the coconut sugar production in Thailand. The coconut sugar production had two key stages, which were collecting coconut sap, and concentrating or crystalling sugar by simmering. The collecting of coconut sap started from the selection of coconut inflorescence (spadix) which was 75-100 cm. in length, the fastening, bending the spadix with rope for 4-5 days, taking the spathe off, including fastening the bunch of spadix with rope. A thin slice of 0.5-1 cm. from the apical of each spadix, was cut twice a day (morning and evening). The coconut sap was collected using the container which contained a piece of shorea (*Shorea roxburghii* G. Don) wood in order to delay the fermentation. The process of concentrating sugar took about 50-60 min., using the strong flame at the beginning, and the medium flame after it turned viscous. Then, the wok was moved from the stove, the sugar was stirred about 6-10 min., and the stirring was stopped immediately after the solid sugar appeared at the rim of the wok. The sugar was spread into thin sheet for a while and put in the mold. The yielding characteristic of coconut sugar showed that averagely each spadix produced coconut sap for 24.4 days and yielded 14.15 kg or 13.16 liters/spadix. The average total soluble solids of coconut sap was 16.0 ^{o}Brix and the average coconut sugar derived from coconut sap after processing was 29.45% by weight.
Keywords: coconut sugar, yield, production process

บทคัดย่อ

ศึกษากระบวนการผลิตและลักษณะการให้ผลผลิตของน้ำตาลมะพร้าวที่ อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม ตั้งแต่เดือน มิถุนายน 2551 ถึง เดือนสิงหาคม 2551 เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการผลิตน้ำตาลมะพร้าวในประเทศไทย พบว่า กระบวนการผลิตน้ำตาลมะพร้าวแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือการเก็บน้ำตาล และการเคี่ยวน้ำตาล ขั้นตอนการเก็บน้ำตาล จากต้นมะพร้าวเริ่มจากการคัดเลือกจั่น (ช่อดอก) ซึ่งมีความยาวประมาณ 75-100 เซนติเมตร มัดจั่น โน้มลงด้วยเชือก 4-5 วัน ลอกเปลือกจั่น พร้อมทั้งมัดรวบจั่นด้วยเชือก ปาดส่วนปลายสุดของจั่นหนาประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร วันละ 2 รอบ คือ รอบเช้า และ รอบเย็น รองรับน้ำตาลสดจากมะพร้าวด้วยกระบอกซึ่งใส่เปลือกพะยอมเพื่อช่วยชะลอการเน่าเสีย กระบวนการเคี่ยวน้ำตาลมะพร้าวด้วยความร้อนให้เป็นน้ำตาลแห้ง ใช้เวลาประมาณ 50-60 นาที โดยใช้ไฟแรงในช่วงแรก และไฟปานกลางหลังจากน้ำตาลงวดลง จากนั้นยกกระทะลงจากเตา กวนด้วยไม้พายประมาณ 6-10 นาที หยุดกวนทันทีเมื่อน้ำตาลเริ่มแข็งตัวบริเวณ ขอบกระทะ แผ่น้ำตาลเป็นแผ่นบางๆ และบรรจุในภาชนะ ลักษณะการให้ผลผลิตของน้ำตาลจากมะพร้าว พบว่า มะพร้าวให้น้ำตาลเฉลี่ย 24.4 วัน/จั่น ผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 14.15 กิโลกรัมหรือ 13.16 ลิตร/จั่น ค่าเฉลี่ย total soluble solids ของ น้ำตาลมะพร้าวอยู่ที่ 16.0^{o}Brix และค่าเฉลี่ยของน้ำตาลปึกที่ได้จากน้ำตาลสดเท่ากับร้อยละ 29.45 โดยน้ำหนัก
คำสำคัญ: น้ำตาลมะพร้าว ผลผลิต กระบวนการผลิต

คำนำ

การปลูกมะพร้าวเพื่อผลิตน้ำตาลมะพร้าวในประเทศไทยอยู่ที่จังหวัดสมุทรสงคราม และสมุทรสาคร น้ำตาลมะพร้าวได้จาก ช่อดอกมะพร้าว เรียกว่า “จั่น” (spadix) (ภาณุพงษ์, 2543) ในการผลิตน้ำตาลมะพร้าว มักใส่เปลือกหรือไม้พะยอมแห้งลงไป

[1]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[1]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

ในกระบอกใส่น้ำตาลด้วย เพื่อช่วยชะลอการเน่าเสียของน้ำตาลมะพร้าว (พานิชย์, 2544) เนื่องจากข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการผลิตน้ำตาลมะพร้าวยังมีจำกัด ทำให้ขาดข้อมูลที่จำเป็นต่อการพัฒนา จึงได้ศึกษากระบวนการผลิตและลักษณะการให้ผลผลิตของน้ำตาลมะพร้าว เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการผลิตและคุณภาพของน้ำตาลมะพร้าวต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำตาลมะพร้าวโดยการสัมภาษณ์เกษตรกรในอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม พร้อมทั้งบันทึกภาพ แสดงผลในรูปแบบของแผนภูมิและคำอธิบาย บันทึกข้อมูลการให้ผลผลิตน้ำตาลมะพร้าวพันธุ์น้ำหอม โดยเลือกต้นที่มีอายุ 6-8 ปี ความสูงประมาณ 5 เมตร จำนวน 5 ต้น โดยเก็บข้อมูลน้ำตาลสดที่ได้จากจั่นมะพร้าวต้นละ 2 จั่น รวมทั้งหมด 10 จั่น ตั้งแต่วันที่ 27 มิถุนายน 2551 ถึงวันที่ 21 สิงหาคม 2551 โดยบันทึก จำนวนวันที่ให้ผลผลิตน้ำตาลมะพร้าวสดต่อจั่น ผลผลิตเฉลี่ยทั้งน้ำหนักและปริมาตร และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า total soluble solids ของน้ำตาลมะพร้าวสด จากนั้นนำน้ำตาลสดที่ได้ไปผ่านกระบวนการผลิตน้ำตาลมะพร้าวเพื่อหาค่าร้อยละของน้ำตาลปึกที่ได้ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2551 ถึง เดือนสิงหาคม 2551 แสดงผลในรูปกราฟและตาราง

ผลการทดลอง

มะพร้าวที่ใช้ในกระบวนผลิตคือพันธุ์น้ำหอม ซึ่งปลูกแบบยกร่องและปลูกบนสันร่อง มีระยะระหว่างต้น 6 x 6 เมตร หรือ 30-40 ต้นต่อพื้นที่ 1 ไร่ ในสวนมะพร้าวปลูกไม้ผลชนิดอื่นปะปนด้วย ได้แก่ กล้วย กระท้อน มะนาว และ ชมพู่ เป็นต้น เริ่มเก็บผลผลิตน้ำตาลมะพร้าวได้ตั้งแต่อายุ 3 ปี จนถึง 35–40 ปี และช่วงที่ให้ปริมาณน้ำตาลสูงสุดเมื่อต้นมีอายุ 8–30 ปี กระบวนการผลิตน้ำตาลมะพร้าวเริ่มจากการเก็บน้ำตาลสดจากต้นมะพร้าวจนได้ผลผลิตน้ำตาลปึก แสดงไว้ในแผนภูมิที่ 1

ลักษณะการให้ผลผลิตน้ำตาลมะพร้าวสดพบว่าต้นมะพร้าวให้ผลผลิตดังกล่าวเฉลี่ย 24.4 วัน/จั่น และจำนวนวันสูงสุดที่จั่นให้น้ำตาลคือ 32 วัน และต่ำสุดคือ 18 วัน ผลผลิตน้ำตาลมะพร้าวสด ในหน่วยน้ำหนักเฉลี่ย 14.15 กิโลกรัม/จั่น หรือ 13.16 ลิตร/จั่น โดยใน 7 วันแรก ผลผลิตน้ำตาลมีค่าต่ำสุดในวันแรกที่เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ และมีค่าสูงสุดในวันที่ 7 จากนั้นผลผลิตที่ได้ในแต่ละวันเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย จนถึงวันที่ 22 และปริมาณผลผลิตน้ำตาลสดลดลงจนถึงวันสุดท้ายที่เก็บผลผลิตได้ (Figure 1 และ Table 1) เนื่องจากแต่ละจั่นมีช่วงเวลาการให้น้ำตาลไม่เท่ากัน ดังนั้นกราฟที่แสดงจึงเป็นภาพรวมของการเก็บเกี่ยวผลผลิตของแต่ละจั่นจากวันที่ 1 ถึงวันที่ 32 โดยพบว่าค่าเฉลี่ย total soluble solids ของน้ำตาลสดที่เก็บเกี่ยวได้คือ 16.0°Brix และตลอดเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นและลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของน้ำตาลปึกที่ได้จากน้ำตาลสดของน้ำตาลมะพร้าวมีค่าร้อยละ 29.45

วิจารณ์ผล

ผลผลิตน้ำตาลมะพร้าวสดที่ได้ในการวิจัยนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับรายงานของ อานุภาพและคณะ (2538) ซึ่งหากดูแลรักษาดี ให้ปุ๋ยถูกต้องอาจทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ถึง 2 เท่า และเก็บเกี่ยวผลผลิตน้ำตาลมะพร้าว 2 ครั้ง/วัน เช่นเดียวกับในประเทศศรีลังกา (Ranasinghe และ Waidyanatha, 2003) ค่า total soluble solids ของน้ำตาลมะพร้าวสดในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับรายงานของ ศิฐิณา (2549) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14-17 °Brix และน้ำหนักของน้ำตาลปึกมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Purnomo (2007) ที่พบว่ามีค่า 29.98–31.23% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของผลผลิตน้ำตาลมะพร้าวสด และ total soluble solids ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตวันที่ 30–32 มีค่าเป็น 0 เนื่องจากค่า SD เป็นค่าที่แสดงความแตกต่างของข้อมูลภายในชุดข้อมูลนั้นๆ ซึ่งต้องมีข้อมูลตั้งแต่ 2 ค่าขึ้นไป แต่เนื่องจากมะพร้าวแต่ละจั่นให้ผลผลิตไม่เท่ากัน จึงทำให้ข้อมูลการให้ผลผลิตในวันที่ 30-32 มีเพียงค่าเดียว ดังนั้นค่า SD จึงเป็น 0 ควรทำการศึกษาในเขตพื้นที่อื่นของประเทศไทยด้วย เพื่อให้ได้ข้อมูลในการเปรียบเทียบหลากหลายกว่านี้ และควรมีการปรับปรุงวิธีการผลิตให้ได้ปริมาณ และคุณภาพของน้ำตาลมะพร้าวดีขึ้น เช่น การใช้ Ethrel ความเข้มข้น 2.5% เพื่อกระตุ้นการไหลของน้ำตาลมะพร้าวให้ได้ปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น (Ranasinghe และ Waidyanatha, 2003) หรือการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพของน้ำตาลมะพร้าวตามที่ อานุภาพและคณะ (2538) ได้เคยรายงานไว้

การเก็บเกี่ยวน้ำตาลสดจากต้นมะพร้าว

เลือกจั่น (ช่อดอก) มะพร้าว ที่ยาวประมาณ 75–100 เซนติเมตร ใช้มีดปาดจั่นที่ระยะประมาณ 5 ซม.จากปลายจั่น

↓

โน้มจั่นมะพร้าวโดยการใช้เชือกมัดที่จั่น ดึงให้โน้มลงเล็กน้อยในวันแรก และโน้มลงมากขึ้นในวันที่ 2 จนถึงวันที่ 4-5 จั่นถูกดึงโน้มลงทำมุมประมาณ 120 องศา กับแนวลำต้น

↓

เมื่อครบ 5 วัน ลอกเปลือกจั่นมะพร้าวออก ทำความสะอาด จั่นมะพร้าว ให้ปราศจากแมลง พร้อมทั้งใช้เชือกมัดรวบจั่นไว้

↓

ใช้มีดปาดจั่นมะพร้าวจากส่วนปลาย หนาประมาณ 0.5-1 ซม. วันละ 2 ครั้ง เวลาเช้าช่วง 5.30–9.00 น. เก็บน้ำตาลสดในตอนเย็น และเวลาเย็นช่วง 15.00-18.00 น. เก็บน้ำตาลสดในตอนเช้าของวันต่อไป

↓

ใช้กระบอกอะลูมิเนียมหรือพลาสติก ขนาด 1.5 ลิตร ซึ่งผ่านการต้มฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และใส่ไม้พะยอมแห้งขนาด 0.5–1 ซม. ประมาณ 2.4 กรัม เพื่อชะลอการเน่าเสียของน้ำตาลมะพร้าว มารองรับน้ำตาลสดที่ด้านปลายจั่น

↓

เก็บรวบรวมน้ำตาลสดวันละ 2 ครั้ง เวลาเช้าช่วง 5.30–9.00 น. และเวลาเย็นช่วง 15.00-18.00 น.

การเคี่ยวน้ำตาลมะพร้าว

รวบรวมน้ำตาลสดให้ได้ปริมาณ 7–8 กิโลกรัม กรองผ่านผ้ากรองเพื่อนำเปลือกพะยอมออก และใส่น้ำตาลสดลงในกระทะเคี่ยวน้ำตาล

↓

ช้อนฟองทิ้งขณะเคี่ยว เพื่อช้อนสิ่งสกปรกที่หลงเหลือ และปะปนอยู่ในฟองออกไปด้วย

↓

เคี่ยวน้ำตาลมะพร้าวด้วยไฟแรงในช่วงแรก ประมาณ 15–20 นาที จนกระทั่งน้ำตาลเดือดเป็นฟองอากาศขนาดเล็ก จำนวนมาก เมื่อน้ำตาลเดือดจนเกือบล้น ใช้ไฟแรงปานกลาง ประมาณ 5–10 นาที

↓

เมื่อน้ำตาลงวดได้ที่ โดยสังเกตจากลักษณะของฟองอากาศมีรูปุ่มตรงกลาง หรือสังเกตจากความหนืดโดยใช้ไม้พายตักน้ำตาลขึ้นมาดู โดยน้ำตาลไหลเป็นทางยาวหรือเป็นสายติดต่อกัน ซึ่งใช้เวลาการเคี่ยวประมาณ 50-60 นาที

↓

ยกกระทะลงวางบนที่รองรับเพื่อไม่ให้กระทะโคลง กวนด้วยไม้พาย เป็นเวลา 6-10 นาที

↓

หยุดกวนทันที เมื่อน้ำตาลเริ่มแข็งตัวบริเวณขอบกระทะ

↓

ใช้ไม้พายแผ่น้ำตาลให้เป็นแผ่นบางๆ ทั่วกระทะเพื่อระเหยน้ำและระบายความร้อน

↓

หยอดน้ำตาลใส่ภาชนะขณะที่น้ำตาลยังร้อน เพื่อให้น้ำตาลเป็นรูปร่างตามที่ต้องการ

↓

ผลผลิตน้ำตาลปึก

แผนภูมิที่ 1 การเก็บน้ำตาลจากต้นมะพร้าว และการเคี่ยวน้ำตาลมะพร้าว ในอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม

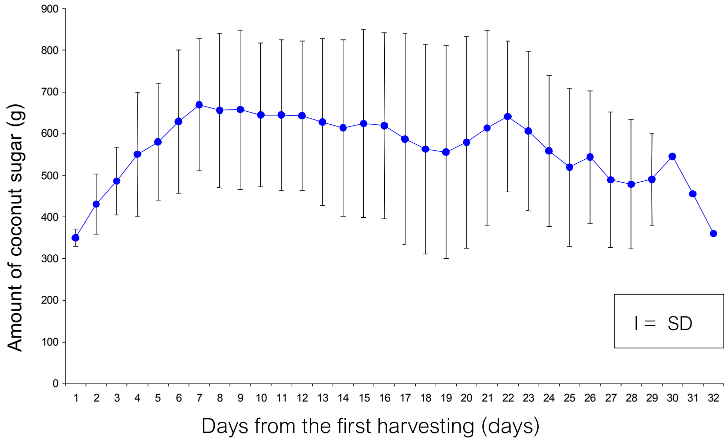


Figure 1 Yield characteristic of coconut sugar (by weight).

Table 1 Yield characteristics (MEANS ± SD) and total soluble solids of coconut sugar.

Yield characteristics	Yield/Spadix (kg)	Yield/Spadix (l)	Yield/Spadix/Day (g)	Yield/Spadix/Day (ml)	Total soluble solids (^{0}Brix)
Yield	14.15 ± 0.16	13.16 ± 0.16	563	522	16 ± 0.4

สรุปผล

การผลิตน้ำตาลมะพร้าวของเกษตรกรในอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม มีสองขั้นตอนคือการเก็บเกี่ยวน้ำตาลสดจากต้นและการเคี่ยวน้ำตาลสดให้เป็นน้ำตาลปึกการเก็บเกี่ยวน้ำตาลสดเริ่มด้วยการเลือกและเตรียมจั่นและปาดจากส่วนปลายจั่นวันละ 2 ครั้งและรองรับน้ำตาลสดด้วยภาชนะ จากนั้นนำน้ำตาลสดไปเคี่ยวให้งวดและเทลงไว้ในภาชนะที่มีแบบตามต้องการ การให้ผลผลิตของน้ำตาลมะพร้าวเฉลี่ย 24.4 วัน/จั่น โดยใน 7 วันแรก ผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น จากนั้นค่าคงที่จนถึงวันที่ 22 และลดลง ผลผลิตน้ำตาลสดเฉลี่ย 14.15 กิโลกรัมหรือ 13.16 ลิตร/จั่น ค่าเฉลี่ย total soluble solids 16^{o}Brix ผลผลิตน้ำตาลปึกมีค่าร้อยละ 29.45 (จากค่าน้ำหนัก) ของน้ำตาลสด

เอกสารอ้างอิง

พานิชย์ ยศปัญญา, 2544, มะพร้าวพืชสารพัดประโยชน์, สำนักพิมพ์มติชน, กรุงเทพฯ

ภาณุพงษ์ เรืองสุทธิ, 2543, เซียนมะพร้าวน้ำหอม, นาคา อินเตอร์มีเดีย จำกัด, กรุงเทพฯ.

ศิริฐิณา เลื่อนแป้น, 2549, การศึกษาน้ำตาลมะพร้าวผง [สืบค้น], http://psc.pbru.ac.th/Survice/Research06.htm#007 [8/ April /09].

อานุภาพ ธีระกุล ปิยะนุช นาคะ อรุณ เลียววสุต และองอาจ ซังธาดา, 2538, ศึกษาผลตอบสนองของปุ๋ยฟอสเฟต และโพแทสเซียม ต่อผลผลิตมะพร้าว, ในรายงานผลการวิจัยประจำปี 2537-2538 ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร, กรมวิชาการเกษตร , สถาบันวิจัยพืชสวน, ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร, หน้า 57-67.

Purnomo, H., 2007, Volatile Components of Coconut Fresh Sap, Sap Syrup and Coconut Sugar, ASEAN Food Journal, 14(1): 45.49.

Ranasinghe, C.S. and Waidyanatha, U. P. De S., 2003, Ethrel Stimulation of Inflorescene Sap Flow in Tapped Coconut (*Cocos nucifera*) Palms, Experimental Agriculture, 39(1): 161-166.

การเจริญของผลมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ

Fruit Development of Marian Plum (*Bouea burmanica* Griff.) cv. Tha It

กวิศร์ วานิชกุล[1] และ ศิริวรรณ พรรณศรี[1]
Wanichkul, K.[1], and Pannasee S.[1]

Abstract

A study on fruit development of Marian plum cv. Tha It was carried out at the experimental field and laboratory of Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Sean, Kasetsart University, Nakhon Pathom province during December, 2007 to February, 2008. The objectives were to investigate fruit growth pattern and fruit development of Marian plum. It was found that fruit appearance was 2 weeks after anthesis. Fruit shape was ellipsoidal, ellipsoidal elongated and ovoid elongated. The growth pattern of fruits from fruit size, fruit weight, flesh weight and seed size were single sigmoidal curve. The growth period of Marian plum from anthesis to full ripen stage was 74 days. In the first growth period from anthesis to 29 days after anthesis, fruit growth increased slowly and then rapidly from 29 to 49 days after anthesis. During 49 to 74 days after anthesis fruit growth increased slowly until maturity. The color of fruits began to change from green to yellow from 59 days after anthesis. Peel weight increased was in linear. Total soluble solids (TSS) content increased from the first detected until maturity, but titratable acidity (TA) decreased when the fruit became mature. In the first growth period, percentage of recovery increased and decreased when fruit size increased and then increased again when fruit begin to ripe. Heat unit of Marian plum cv. Tha It from fruit set to ripen stage (74 days from anthesis) was 1,058.80 CDD.
Keywords: floral development, Marian plum, Tha It, *Bouea burmanica*

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญของผลมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐที่แปลงทดลอง 2 และห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ.2550 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2551 เพื่อศึกษารูปแบบการเจริญเติบโตของผลและการพัฒนาของผลมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ พบว่าหลังจากดอกบานจนกระทั่งติดผล (สามารถมองเห็นผลได้ด้วยตาเปล่า) ใช้เวลา 2 สัปดาห์ ผลมีรูปร่างแบบ ellipsoidal, ellipsoidal elongated และ ovoid elongated รูปแบบการเจริญของผลมะยงชิดที่วัดจากขนาดผล น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ และขนาดเมล็ด เป็นแบบ single sigmoidal curve ระยะเวลาตั้งแต่หลังดอกบานจนผลสุกเต็มที่ 74 วัน ในระยะแรก หลังดอกบานจนถึง 29 วัน การเติบโตของผลเป็นไปอย่างช้าๆ และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 29 - 49 หลังดอกบาน วันที่ 49 – 74 หลังดอกบาน การเติบโตของผลลดลงเรื่อยๆจนกระทั่งผลแก่เต็มที่ ผลเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเมื่อ 59 วัน หลังดอกบาน น้ำหนักเปลือกเพิ่มขึ้นในลักษณะกราฟเส้นตรง ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ (TSS) เพิ่มขึ้นทีละน้อยจนกระทั่งผลแก่เต็มที่ แต่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ลดลงเมื่อผลแก่เต็มที่ เปอร์เซ็นต์ส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ในผลช่วงแรกมีค่าสูงและลดลงเมื่อผลมีขนาดใหญ่ขึ้นและเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อผลเริ่มสุก ค่าความร้อนสะสมของมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐตั้งแต่เริ่มติดผลจนถึงระยะผลสุกเต็มที่ (74 วัน หลังดอกบาน) เท่ากับ 1,058.80 CDD
คำสำคัญ: การเจริญของผล มะยงชิด ท่าอิฐ *Bouea burmanica*

คำนำ

การเจริญของผลไม้โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 แบบ คือ single sigmoidal curve เช่น แอปเปิล และ double sigmoidal curve เช่น มะเดื่อ องุ่น (Coombe, 1976) รายงานผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามะยงชิดใช้เวลาตั้งแต่ออกดอกจนถึงเก็บเกี่ยว 3 - 4 เดือน (นรินทร์, 2537) การเจริญของผลมะปรางซึ่งเป็นพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กับมะยงชิด เป็นแบบ single sigmoidal

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[1] Department of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

curve ในสัปดาห์ที่ 2-6 หลังจากดอกบาน มีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 9 หลังจากดอกบาน น้ำหนักผลและเมล็ดในสัปดาห์ที่ 4-8 หลังจากดอกบาน มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีอัตราการเพิ่มที่ลดลงในสัปดาห์ที่ 9 หลังจากดอกบาน (สุรชัย, 2541) มะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐเป็นไม้ผลที่น่าสนใจ ราคาขายค่อนข้างดีการผลิตยังมีอยู่น้อย ในอนาคตอาจเป็นไม้ผลทางการค้าที่สำคัญ แต่มีการศึกษาเกี่ยวกับมะยงชิดอยู่น้อยจึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับ ลักษณะการเจริญเติบโตของผลมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ และนำผลไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิต เช่น กำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกดอกที่ติดผลพร้อมกัน 20 ผล จากต้นมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐอายุประมาณ 10 ปี วัดความกว้าง ความยาวของผลที่อยู่บนต้นทุก 5 วัน เริ่มตั้งแต่มองเห็นผลได้ด้วยตาเปล่า (14 วัน หลังดอกบาน) จนกระทั่งผลสุกเต็มที่ นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสดงรูปแบบการเจริญเติบโตของผล และคัดเลือกดอกที่ติดผลพร้อมกันจำนวน 60 ดอก จากมะยงชิดต้นเดียวกัน ผูกป้ายไว้แล้วสุ่มเก็บผลที่ผูกป้ายไว้ตั้งแต่เริ่มมองเห็นด้วยตาเปล่าครั้งละ 5 ผล ทุก 5 วัน จนกระทั่งผลสุกเต็มที่ นำมาเก็บข้อมูลปริมาตรผล น้ำหนักผล ความกว้างและความยาวผล สีผิว และสีเนื้อของผล โดยเปรียบเทียบสีของผลกับ color chart ของ R.H.S. (The Royal Horticultural Society) น้ำหนักเนื้อและน้ำหนักเปลือก ความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่อง penetrometer มีหัวแรงกดรูปกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม.น้ำหนักเมล็ด ความกว้าง และความยาวของเมล็ด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solids, TSS) วัดปริมาณ titratable acidity (TA) ในน้ำคั้นจากเนื้อผลโดยการไทเทรตกับ 0.1 N NaOH คำนวณส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ในผล (% recovery) และค่าความร้อนสะสมจากสูตรของ Jennie และคณะ, (1996) ใช้ค่า baseline temp. = 12 องศาเซลเซียส

ผลการทดลอง

เริ่มวัดผลได้ตั้งแต่ 14 วันหลังดอกบาน สีของผลในช่วง 54 วันหลังดอกบาน อยู่ในกลุ่ม Green group 143 C และ Yellow-Green group 144 A ในช่วง 59 - 74 วัน หลังดอกบาน ผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอยู่ในกลุ่ม Yellow Orange group 23 A จนถึง Orange group 24 B เมื่อผลสุกเต็มที่ มะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐใช้เวลาตั้งแต่หลังดอกบานจนถึงผลสุกเต็มที่ 74 วัน ผลมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐมีรูปแบบการเติบโตจากค่าความกว้างและความยาวของผลที่ติดอยู่บนต้น เป็นแบบ single sigmoidal curve คือในช่วง 19 – 29 วัน หลังดอกบาน การเติบโตของผลเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ หลังจากนั้นจนถึง 49 วัน หลังดอกบาน จากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและในช่วง 49 – 74 วันหลังดอกบาน อัตราการเพิ่มลดลงเรื่อยๆจนคงที่ พบว่ากราฟจากค่าที่วัดได้จากบนต้นใกล้เคียงกับกับค่าที่ได้จากผลที่สุ่มเก็บจากต้นมาวัด แต่กราฟที่ได้จากข้อมูลชุดแรกมีความสม่ำเสมอมากกว่า (Figure 1 และ 2) ในช่วง 19 – 29 วันหลังดอกบาน น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อผล และปริมาตรผลเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้า หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึง 69 วัน หลังดอกบาน อัตราการเพิ่มลดลงจนอยู่ในระดับคงที่ ส่วนน้ำหนักเปลือกเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในอัตราที่คงที่ (Figure 3 และ 4) ค่าความหนาเนื้อเริ่มวัดเมื่อ 24 วันหลังดอกบาน ช่วงแรกค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและลดลงใน 69 วัน หลังดอกบาน ส่วนความแน่นเนื้อเริ่มวัดวันที่ 34 หลังดอกบาน มีค่า 43.05 นิวตัน หลังจากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเรื่อยๆจากเดิมเมื่อผลเริ่มสุก (Figure 5)

เนื้อผลมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐที่อายุ 19 – 49 วันหลังดอกบาน มีสี Yellow-Green group 145 B และ Yellow-Green group 145 C ที่ 54 วันหลังดอกบาน มีสี Green group 150 D เมื่อผลเริ่มสุกในวันที่ 59 หลังดอกบาน สีเนื้อเป็น Yellow group 5 C และตั้งแต่ 64 วัน หลังดอกบานเป็นต้นไปมีสี Yellow Orange group 21 A และ 23 A ค่า TSS เริ่มวัดได้ตั้งแต่ 39 วันหลังดอกบาน มีค่าคงที่ คือ 8 $^{\circ}$Brix จนถึง 54 วันหลังดอกบาน จากนั้นค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึง 17 $^{\circ}$Brix และลดลงเล็กน้อยในสัปดาห์สุดท้าย ส่วน TA เริ่มวัดได้วันที่ 44 หลังดอกบาน ค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดวันที่ 49 หลังดอกบาน จากนั้นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อผลเริ่มสุกและคงที่ 1.3 % ในวันที่ 69 และ 74 หลังดอกบาน (Figure 6) ความกว้างและความยาวของเมล็ดวัดได้ครั้งแรกในวันที่ 29 หลังดอกบาน จากนั้นเพิ่มอย่างรวดเร็วจนถึงวันที่ 49 หลังดอกบาน จึงเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงและเริ่มคงที่ในวันที่ 74 หลังดอกบาน (Figure 7) ค่าน้ำหนักเมล็ด เริ่มวัดได้ครั้งแรกที่ 34 วันหลังดอกบาน มีค่าเฉลี่ย 0.096 กรัม จากนั้นค่าที่ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเริ่มคงที่ตั้งแต่วันที่ 59 หลังดอกบาน (Figure 8) ปริมาณความร้อนสะสมของมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐตั้งแต่ดอกบานจนกระทั่งผลสุกเต็มที่ (74 หลังดอกบาน) มีค่า 1,058.80 CDD (Celsius degree days)

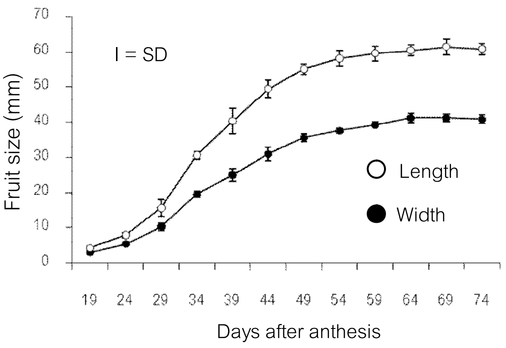


Figure 1 Width and length of Marian plum fruits attached on tree from 19th days after anthesis

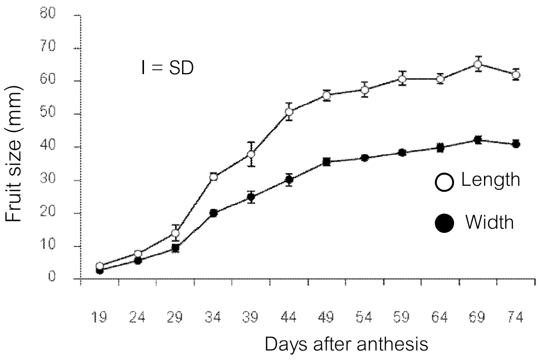


Figure 2 Width and length of Marian plum fruits dettached from tree from 19th after anthesis

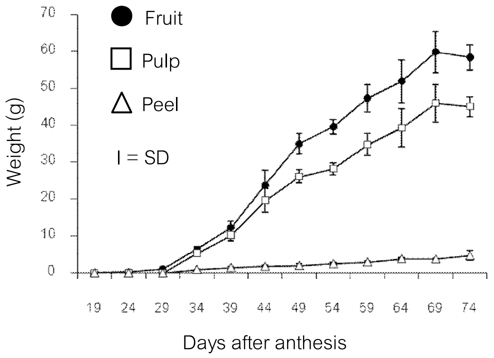


Figure 3 Weight of Marian plum fruits from 19th days after anthesis until ripe.

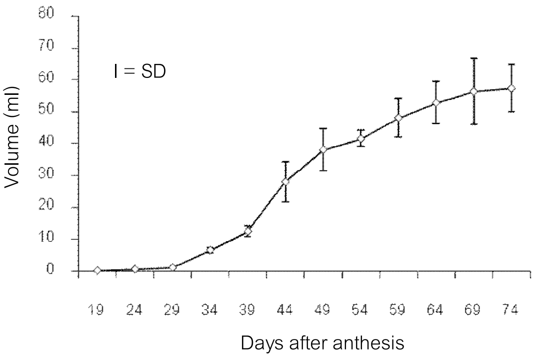


Figure 4 Volume of Marian plum fruit from 19th days after anthesis until ripe.

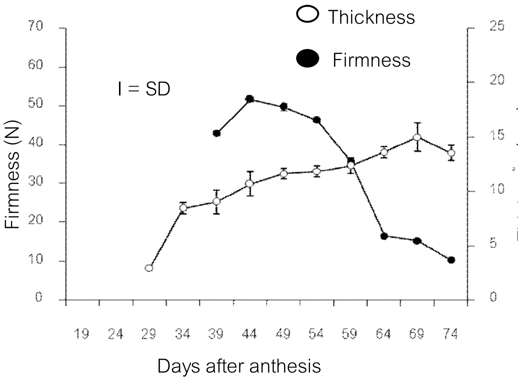


Figure 5 Firmness and thickness of Marian plum pulp from 19th days after anthesis until ripe.

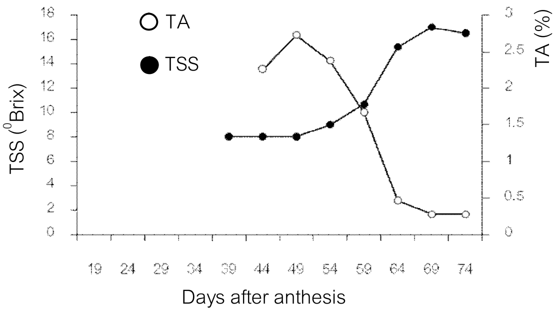


Figure 6 TSS and TA of Marian plum pulp from 19th days after anthesis until ripe.

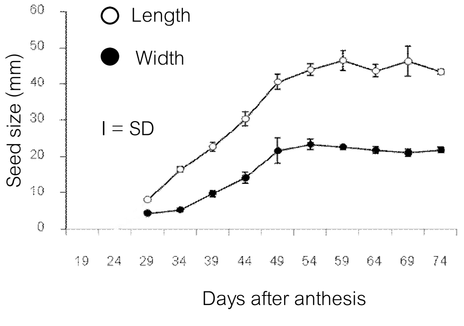


Figure 7 width and Length of Marian plum seed from 19th days after anthesis until ripe.

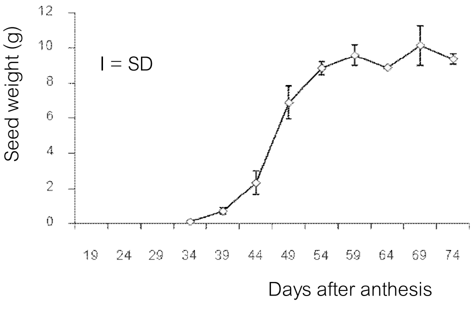


Figure 8 Weight of Marian plum seed from 19th days after anthesis until ripe.

วิจารณ์ผล

การเจริญของผลมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐวัดจากขนาด น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อผล น้ำหนักเปลือก และปริมาตรผล พบว่าสอดคล้องกับที่ Coombe (1976) อธิบายไว้ในลักษณะการเจริญเติบโตของผลแบบ single sigmoidal curve เช่นเดียวกับที่รายงานไว้โดย สุนทรียา, (2545) พบว่ากราฟที่ได้จากการวัดความกว้างและความยาวของผลมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ จากผลบนต้นและผลที่เก็บจากต้นคล้ายคลึงกัน แต่การวัดบนต้นให้รูปแบบ single sigmoidal curve ที่ชัดเจนกว่า เป็นเพราะผลบนต้นเป็นชุดเดียวกัน แต่ผลที่เก็บลงมาเป็นคนละชุด ขนาดผลอาจแตกต่างกันไปบ้างแม้ว่าจะติดผลและเจริญพร้อมกันก็ตาม เช่นเดียวกับผลการศึกษาในพุทราพันธุ์บอมเปิ้ล (กวิศร์ และอุไรพร, 2552) การเปลี่ยนแปลงสีผิวผลมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ พบว่าได้ผลเช่นเดียวกับที่รายงานไว้โดยสุนทรียา (2545) คือเริ่มต้นสีเนื้อเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นสีส้ม ค่าสีที่ศึกษาได้ในผลมะยงชิดอาจนำไปใช้เป็นดัชนีเก็บเกี่ยวได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ (TSS) พบว่าช่วงแรกค่า TSS มีค่าต่ำ เพราะกรดที่สะสมไว้ยังไม่เปลี่ยนเป็นน้ำตาล หลังจากนั้นเมื่อผลสุกปริมาณกรดจะลดลงค่า TSS จึงเพิ่มขึ้นและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ลดลงเมื่อปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของเมล็ดมีการเจริญแบบ single sigmoidal curve เช่นเดียวกัน รูปแบบการเจริญนี้ยังพบได้ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 (ดวงตรา, 2526) ซึ่งเป็นพืชในวงศ์เดียวกัน ค่าความร้อนสะสมในผลมะยงชิดใกล้เคียงกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 (ดวงตรา, 2526) ซึ่งอยู่ในช่วง 815.5 – 1,002.7 CDD

สรุปผล

การเจริญของผลมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐตั้งแต่หลังดอกบานจนถึงผลสุกเต็มที่ ใช้เวลา 74 วัน รูปแบบการเจริญของผลมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐวัดจากความกว้าง และความยาว น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อผล น้ำหนักเปลือกและปริมาตรผล เป็นแบบ single sigmoidal curve ผลเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลืองเมื่อสุก ค่าความแน่นเนื้อลดลงเมื่อผลแก่ ปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งผลสุกเต็มที่ และปริมาณ TA ลดลงจนกระทั่งผลสุกเต็มที่ ค่าเปอร์เซ็นต์ส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ในผลมีค่า 76.11% เมื่อผลสุกเต็มที่ ค่าความร้อนสะสมตั้งแต่ติดผลจนผลสุกเต็มที่ 1,058.80 CDD

เอกสารอ้างอิง

กวิศร์ วานิชกุล และ อุไรพร นพภาพันธุ์, 2552, ชีววิทยาของดอกและการเจริญของผลพุทราพันธุ์บอมเปิ้ล, เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาพืช วันที่ 17 มีนาคม – 20 มีนาคม 2552 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ, หน้า 318 – 318.

ดวงตรา กสานติกุล, 2526, การศึกษาการเจริญเติบโตการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและดัชนีการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 56 หน้า.

สุนทรียา เกษตรสุนทร, 2545, การศึกษาลักษณะทางกิ่งใบ ดอก และผลของมะยงชิดพันธุ์ท่าอิฐ, ปัญหาพิเศษปริญญาโท. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 72 หน้า.

สุรชัย มัจฉาชีพ, 2541, เอกสารประกอบคำสอนเรื่องมะปราง, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก, พิษณุโลก. 51 หน้า.

Coombe, B.G., 1976, The Development of Fleshy Fruits, Annual Review of Plant Physiology, 27: 507-528.

Jenni, S., Cloutier, D.C. Bourgeois,G. and Stewart, G. K. A., 1996. A Heat Unit Model to Predict Growth and Development of Muskmelon to Anthesis of Perfect flowers, Journal of The American Society for Horticultural Science, 12(2): 274-280.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 177-180 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 177-180 (2552)

การเพาะเลี้ยงสปอร์ช้องนางคลี่ (*Lycopodium phlegmaria*) เพื่อการขยายพันธุ์ในวุ้นอาหารสังเคราะห์
Study of *In Vitro* Spore Culture of *Lycopodium phlegmaria* Propagation

ดวงฤดี หวั้นหนู[1] วริศรา ชื่นอารมย์[1] ปกขวัญ หุตางกูร[1] เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1] สุริยา ฤธาทิพย์[1] และ ไพรินทร์ กปิลานนท์[1]
Wannu D.[1], Chuenarom V.[1], Hutangura P.[1], Thumthanaruk B.[1], Rutatip S.[1] and Kapilanond P.[1]

Abstract
In this study, *Lycopodium phlegmaria* was propagated by using spore culture. The spores were harvested from green (young) sporangia and yellow (mature) sporangia. Two kinds of sporangia and spores from both types of sporangia were sterilized with 5%, 10% and 15% Clorox. After sterilization, the 12 treatments of sterilized spores were cultured on Knudson's C medium. Moreover, those 12 treatments and spores from green and yellow sporangia without sterilization (control) were tested for spore viability using Tetrazolium test. Unsurprisingly, the highest percentage of spore viability was found in spores from non-sterilization green sporangia (53.02%±0.04). However, when studied on the 12 treatments which were not control groups, the spores from green sporangium sterilized with 5% Clorox gave the highest percentage of spore viability (47.53%±0.06). Nevertheless, it was found that the spores from yellow sporangia, which were sterilized with 5% Clorox, gave the highest amount of gametophytes (9.76±5.23) at 225 days. When the percentage of gametophyte formation from viable spores was calculated, this treatment also gave the highest percentage of gametophyte (4.41%).
Keywords: *Lycopodium phlegmaria*, spore culture, gametophyte, tetrazolium test

บทคัดย่อ
งานวิจัยนี้ได้นำสปอร์ช้องนางคลี่ (*Lycopodium phlegmaria*) มาเพาะเลี้ยงลงในอาหารวุ้นสังเคราะห์สูตร Knudson's C โดยทำการฟอกฆ่าเชื้อที่ตัวสปอร์จากอับสปอร์สีเขียว และสีเหลือง และที่ผิวอับสปอร์สีเขียวและสีเหลืองด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 5%, 10% และ 15% รวมทั้งสิ้น 12 ทรีทเมนต์ เมื่อนำสปอร์ที่ฟอกฆ่าเชื้อทั้ง 12 ทรีทเมนต์และสปอร์จากอับสปอร์สีเขียวและสีเหลืองที่ไม่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อ (ชุดควบคุม) มาทดสอบความมีชีวิตด้วยวิธีทดสอบเตตราโซเลียม พบว่าสปอร์จากอับสปอร์สีเขียวที่ไม่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อ มี % ความมีชีวิตสูงสุด คือ 53.02%±0.04 ส่วนสปอร์ที่มี % ความมีชีวิตสูงรองลงมาคือสปอร์จากอับสปอร์สีเขียวที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวอับสปอร์ด้วยคลอรอกซ์ 5% (47.53%±0.06) ในขณะที่ทรีท-เมนต์ที่ให้ปริมาณการเกิดแกมีโทไฟต์สูงสุดคือ สปอร์ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวอับสปอร์สีเหลืองด้วยคลอรอกซ์ 5% โดยมีค่าเท่ากับ 14.68±6.59 ต้น หลังจากเพาะเลี้ยงนาน 225 วัน และเมื่อคำนวณ %การงอกของแกมีโทไฟต์จากสปอร์ที่มีชีวิตเท่านั้นพบว่าทรีทเมนต์ดังกล่าวยังคงให้ค่าสูงที่สุดคือมีการงอกเป็นแกมีโทไฟต์เท่ากับ 4.41 % ของสปอร์ที่มีชีวิต
คำสำคัญ: ช้องนางคลี่ การเพาะเลี้ยงสปอร์ แกมีโทไฟต์ วิธีทดสอบเตตราโซเลียม

คำนำ
ช้องนางคลี่ (*Lycopodium phlegmaria*) เป็นพืชชนิดหนึ่งในสกุลไลโคโปเดียม (*Lycopodium*) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 200 ชนิด จัดอยู่ใน Division Lycophyta เป็นพืชที่มี ลำต้น ใบ และรากที่แท้จริง แต่มีใบขนาดเล็ก (microphyll) เป็นส่วนใหญ่ มีอายุหลายปี มักพบขึ้นตามต้นไม้ใหญ่ หรือบนโขดหินในที่ร่ม มักอาศัยอยู่รวมกับมอส ในป่าดิบชื้น และป่าโปร่งชื้น ที่ระดับความสูงไม่เกิน 800 เมตร ในประเทศไทยพบกระจายอยู่ทั่วทุกภาค แต่มักพบมากที่สุดในเขตฝนตกชุกอย่างภาคใต้และภาคตะวันออก (จารุพันธุ์, 2536) ปัจจุบันนี้ในป่าของประเทศไทยพบว่าพืชในสกุลนี้ใกล้จะสูญพันธุ์หรือพบได้ยากขึ้น เนื่องจากมีการลักลอบเก็บจากป่ามาจำหน่ายอย่างเดียว ทั้งจากป่าในประเทศและนำมาจากประเทศเพื่อนบ้าน เช่น กัมพูชา ลาว และพม่า นอกจากนี้ผู้ที่นำพืชในสกุลนี้มาปลูกเลี้ยงไว้มักจะไม่ทราบสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดูแล ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ไม่ดีและตายลง

[1] **ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800**
[1] Department of Agro-industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Bangsue, Bangkok 10800

ดังนั้นจึงควรที่จะทำการรวบรวมและขยายพันธุ์เพื่อการอนุรักษ์ และเพื่อจัดจำหน่ายพืชในสกุลไลโคโปเดียมนี้ในอนาคต (ประภาส, 2550)

เนื่องจากพืชในสกุลนี้สามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยสปอร์ แต่ต้องการสภาวะที่เฉพาะเจาะจงอย่างมากในการเจริญของสปอร์ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการนำสปอร์ของช้องนางคลี่มาเพาะเลี้ยงในอาหารวุ้นสังเคราะห์เพื่อหาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการขยายพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้เข็มเขี่ยเอาอับสปอร์สีเขียวช่วง 0.5-1.0 เซนติเมตร และอับสปอร์สีเหลืองช่วง 1.0-1.3 เซนติเมตรจากปลายสตรอ-บิลัสของช้องนางคลี่ มาเก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 4-5 °C เพื่อไม่ให้สปอร์เสื่อมคุณภาพ (Tyro และ Luggardon, 1991) ก่อนนำไปเพาะเลี้ยงสปอร์บนอาหารสังเคราะห์สูตร Knudson's C โดยทำการฟอกฆ่าเชื้อที่ตัวสปอร์ที่มาจากอับสปอร์สีเขียวและสีเหลือง และที่ผิวอับสปอร์สีเขียวและสีเหลืองด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 5%, 10% และ 15% (Whittier, 1981; Whittier และ Webster, 1986) รวมทั้งสิ้น 12 ทรีทเมนต์ ดังนี้

ฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวอับสปอร์ โดยนำอับสปอร์สีเขียว 4 อับสปอร์ ใส่ในขวดแก้วมีฝาปิดที่มีสารละลายคลอรอกซ์ 5% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และ Tween 80 จำนวน 3 หยด (ทำการทดลองแบบเดียวกันนี้แต่ใช้สารละลายคลอรอกซ์ 10% และ 15%) เขย่านาน 15 นาทีเพื่อฆ่าเชื้อ ก่อนจะใช้ปากคีบอับสปอร์มาใส่ในขวดน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่านาน 5 นาที (ซ้ำ 2 ครั้ง) แล้วใช้ปากคีบคีบอับสปอร์มาบดในขวดที่มีน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใช้ไมโครปิเปตดูดสารแขวนลอยสปอร์ 200 ไมโครลิตร ใส่ในอาหารวุ้นสังเคราะห์เพาะเลี้ยงไว้ที่อุณหภูมิ 25°C ในที่มืด อับสปอร์สีเหลืองทำการทดลองเช่นเดียวกัน

ฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวของสปอร์ โดยนำอับสปอร์สีเขียว 4 อับสปอร์ ใส่ในขวดแก้วมีฝาปิดที่มีสารละลายคลอรอกซ์ 5% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และ Tween 80 จำนวน 3 หยด (ทำการทดลองแบบเดียวกันนี้โดยใช้สารละลายคลอรอกซ์ 10% และ 15%) บดอับสปอร์ให้แตกออกด้วยปากคีบ เขย่าแรงๆนาน 15 นาที ก่อนนำมากรองด้วยชุดกรองจุลินทรีย์เพื่อแยกสปอร์ออกและล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 150 มิลลิลิตร ใช้ปากคีบคีบกระดาษกรองจุลินทรีย์มาใส่ในขวดน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่านาน 30 วินาที ก่อนจะใช้ไมโครปิเปตดูดสารแขวนลอยสปอร์มา 200 ไมโครลิตร ใส่ลงในอาหารวุ้นสังเคราะห์ เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25°C ในที่มืด และการฆ่าเชื้ออับสปอร์สีเหลืองทำเช่นเดียวกัน

ทดสอบความมีชีวิตของสปอร์ด้วยวิธีทดสอบเตตราโซเลียม (Tetrazolium test) โดยนำสปอร์ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อทั้ง 12 ทรีทเมนต์ และสปอร์จากอับสปอร์สีเขียวและสีเหลืองที่ไม่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อ (ชุดควบคุม) มาแช่ในสารละลาย TTC (2, 3, 5-triphenyltetrazolium chloride) นาน 24 ชม. แล้วทำการศึกษาการติดสีของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (วันชัย, 2542)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อนำสปอร์ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อทั้ง 12 ทรีตเมนต์และสปอร์จากอับสปอร์สีเขียวและสีเหลืองที่ไม่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อ (ชุดควบคุม) มาทดสอบความมีชีวิตด้วยวิธีทดสอบเตตราโซเลียมพบว่า ทรีทเมนต์ A (สปอร์ช้องนางคลี่จากอับสปอร์สีเขียวที่ฆ่าเชื้อด้วยน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) มี % ความมีชีวิตสูงสุดคือ 53.02% ± 0.04 ส่วนสปอร์ที่มี % ความมีชีวิตสูงรองลงมา คือ ทรีท-เมนต์สปอร์จากอับสปอร์สีเขียวที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวอับสปอร์ด้วยคลอรอกซ์ 5% มีค่าเท่ากับ 47.53% ± 0.06 (Table 1) เนื่องจากเป็น ทรีทเมนต์ที่ไม่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อและฟอกฆ่าเชื้อที่ความเข้มข้นต่ำจึงทำให้กิจกรรมการหายใจภายในเซลล์สปอร์ได้รับความเสียหายจากสารละลายคลอรอกซ์น้อยมาก จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์การติดสีมากกว่าทรีทเมนต์อื่น นอกจากนี้ปัจจัยด้านอายุก็มีบทบาทต่อความมีชีวิตของสปอร์เช่นกัน โดยพบว่าสปอร์จากอับสปอร์สีเขียวซึ่งยังอ่อนอยู่ยังมีกิจกรรมการทำงาน (activity) รวมทั้งการหายใจที่สูงกว่าสปอร์จากอับสปอร์สีเหลืองที่แก่กว่า จึงทำให้สปอร์จากอับสปอร์สีเขียวมี % ความมีชีวิตสูงกว่าสปอร์จากอับสปอร์สีเหลืองด้วยในทรีทเมนต์อื่นๆ (Table 1)

ส่วนการเพาะเลี้ยงสปอร์ช้องนางคลี่ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยคลอรอกซ์ 5%, 10% และ 15% ที่ผิวอับสปอร์และที่ตัวสปอร์ในอาหารวุ้นสังเคราะห์สูตร Knudson's C เป็นเวลา 225 วัน พบว่าทรีทเมนต์ฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวอับสปอร์สีเหลืองด้วยคลอรอกซ์ 5% มีปริมาณการเกิดแกมีโทไฟต์ในอาหารวุ้นสังเคราะห์มากที่สุด (14.68 ± 6.59 ต้น) (Table 1) เนื่องจากสปอร์ได้รับอันตรายจากสารละลายคลอรอกซ์น้อยที่สุด (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2546) นอกจากนี้สปอร์ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวอับสปอร์จะให้ปริมาณการเกิดแกมีโทไฟต์มากกว่าการฟอกฆ่าเชื้อที่ตัวสปอร์ เนื่องจากสปอร์ไม่ได้การสัมผัสโดยตรงกับสารฟอกฆ่าเชื้อซึ่งมีผลเซลล์ที่มีชีวิตด้วย ทำให้สปอร์ตายหรือมีการงอกลดลง อีกทั้งสปอร์มีการเจริญเติบโตเต็มที่อยู่

ในอับสปอร์สีเหลืองจึงทำให้เจริญไปเป็นแกมีโทไฟต์ได้มากที่สุด เมื่อคำนวณการงอกของแกมีโทไฟต์จากสปอร์ที่มีชีวิตเท่านั้นก็พบว่าทรีทเมนต์ดังกล่าว ยังคงให้ค่าสูงที่สุดคือมีการงอกเป็นแกมีโทไฟต์ 4.41 % ของสปอร์ที่มีชีวิต (Table 1)

สรุปผล

สปอร์ช้องนางคลี่ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวอับสปอร์สีเหลืองด้วยคลอรอกซ์ 5% เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงสปอร์ในอาหารวุ้นสังเคราะห์สูตร Knudson's C มากที่สุด เนื่องจากเป็นทรีทเมนต์ที่ให้ค่าปริมาณการเกิด แกมีโทไฟต์มากที่สุด (14.68 ± 6.59 ต้น) และเมื่อนำผลการทดสอบความมีชีวิตด้วยวิธีเตตราโซเลียมมาคำนวณการงอกของ แกมีโทไฟต์จากสปอร์ที่มีชีวิตก็ได้ผลที่สอดคล้องกัน คือสปอร์ช้องนางคลี่ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวอับสปอร์สีเหลืองด้วยคลอ-รอกซ์ 5% มีค่ามากที่สุด คือ 4.41% โดยปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการเกิดแกมีโทไฟต์ของช้องนางคลี่ คือ 1) วิธีการฟอกฆ่าเชื้อ และความเข้มข้นของสารละลายคลอรอกซ์ที่เหมาะสม แม้การฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวสปอร์โดยตรงหรือใช้สารฟอกฆ่าเชื้อความเข้มข้นสูงๆ จะทำให้มี % การปนเปื้อนน้อยกว่าแต่จะส่งผลให้ทำให้สปอร์มีการตายเพิ่มขึ้นและ/หรือมีการงอกลดลง 2) อายุของสปอร์ สปอร์ที่เจริญเต็มที่ (mature) พร้อมที่จะงอกเป็นแกมีโทไฟต์ จะมีผลอย่างมากต่อปริมาณการเกิดแกมีโทไฟต์ แม้จะมีความมีชีวิตต่ำกว่าสปอร์ที่อ่อนกว่า

Table 1 Amount of gametophytes, spore viability and gametophyte formation from viable spores.

Spores of sporangia	Amount of gametophytes	Spore viability (%) ± SD	Gametophyte formation from viable spores (%)
Green (no sterilization)	-	53.02%[a]±0.04	-
Yellow (no sterilization)	-	23.62%[b]±0.04	-
Green (sterilized spores) + 5% Clorox	1.00[a]±0.87	41.82%[c]±0.02	0.12%
Sterilized green + 5% Clorox	13.56[b]±10.15	47.53%[ac]±0.06	1.48%
Yellow (sterilized spores) + 5% Clorox	3.43[a]±3.54	14.23%[df]±0.04	1.50%
Sterilized yellow + 5% Clorox	14.68[b]±6.59	14.54%[df]±0.03	4.41%
Green (sterilized spores) + 10% Clorox	0.70[a]±0.44	15.61%[de]±0.04	0.23%
Sterilized green + 10% Clorox	4.92[a]±1.38	22.45%[be]±0.04	1.13%
Yellow (sterilized spores) + 10% Clorox	0.87[a]±0.76	7.80%[fg]±0.03	0.49%
Sterilized yellow + 10% Clorox	5.60[a]±2.65	14.27%[df]±0.08	1.71%
Green (sterilized spores) + 15% Clorox	0.00[a]±0.00	9.91%[fg]±0.01	0.00%
Sterilized green + 15% Clorox	3.00[a]±2.00	20.67%[bd]±0.06	0.75%
Yellow (sterilized spores) + 15% Clorox	0.40[a]±0.69	3.06%[g]±0.03	0.57%
Sterilized yellow + 15% Clorox	6.61[a]±4.46	8.72%[f]±0.02	3.31%

Mean in a column followed by the same letter are not significantly different based on LSD at 0.05 level of significance

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2546, เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสวน, สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ

จารุพันธ์ ทองแถม, 2536, เฟินสำหรับคนรักและผู้ปลูกมืออาชีพ, สำนักพิมพ์ อัมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ

ประภาส ช่างเหล็ก, 2550, การรวบรวมพันธุ์เฟิร์นในสกุล *Plastycerium* และ *Lycopodium* เพื่อการอนุรักษ์: นิทรรศการงานวิจัย บนเส้นทางงานวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ (อัดสำเนา)

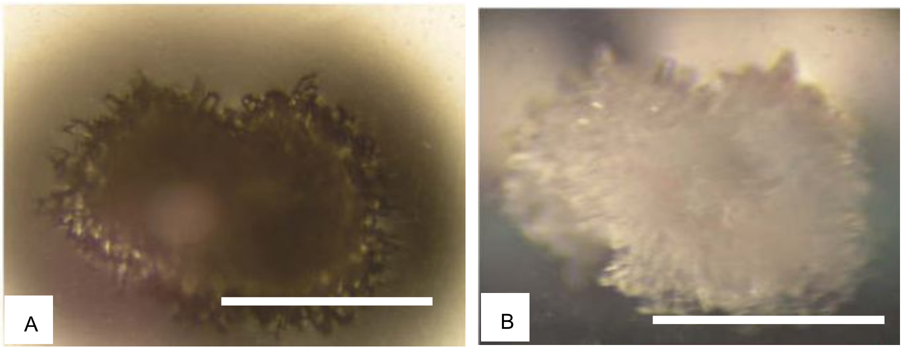
วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2542, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

Tyro, A.F. and Luggardon, B., 1991, Spore of the Pteridophyta, Springer-Verlag, 1: 589-594.

Whittier, D.P., 1981, Gametophytes of *Lycopodium digitatum* (formerly *L. complanatum* var. Flabelliforme) as Grown in Axenic Culture, Botanical Gazette, 142: 519-524.

Whittier D.P. and Webster T.R., 1986, Gametophytes of *Lycopodium lucidulum* from Axenic Culture, American Fern Journal, 76: 48-55.

Figure 1 *Lycopodium phlegmaria*



1 Scale bar = 1 mm.

Figure 2 Gametophyte of *Lycopodium phlegmaria* grown on Knudson C medium for 225 days, observed under stereomicroscope (A) Light from underneath (B) Light from top

การปรับปรุงสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวจากคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน โดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรก ๆ

Breeding of Male Sterile Lines of Rice from the Crosses between Maintainer Lines by Early Generation Backcrossing

พัฒนศักดิ์ จันทร์ส่อง[1] ประภา ศรีพิจิตต์[1] วาสนา วงษ์ใหญ่[1] สุภาพร จันทร์บัวทอง[2] และ ธานี ศรีวงศ์ชัย[1]

Chansong, P.[1], Sripichitt, P.[1], Wongyai, W.[1], Junbuathong, S.[2] and Sreewongchai, T.[1]

Abstract

Breeding of male sterile lines (A line) of rice was conducted by crossing between maintainer lines (B line) and the F1 hybrid obtained were backcrossed to A lines. The 56 A lines and isogenic B lines were produced. Combining ability of the 56 A lines were determined by yield testing of the topcrosses derived from crossing between the mentioned A lines and R line (Suphanburi 1). Yield test of the 56 isogenic B lines were done as well using augmented design in RCBD. It was found that the A lines giving top 10 highest yield of topcrosses were PAT1-2-1A″/SPR1, PAT9-1-4A″/SPR1, PAT9-4-4A″/SPR1, PAT2-2-2A″/SPR1, PAT3-3-9A″/SPR1, PAT7-3-2A″/SPR1, PAT10-3-4A″/SPR1, PAT6-1-6A″/SPR1, PAT4-3-11A″/SPR1 and PAT5-2-5A″/SPR1 which exhibite the yield varying between 751 to 1,034 kg/rai. While the B lines having top 10 highest yield were PAT1-4-6B, PAT2-4-6B, PAT1-3-13B, PAT8-3-6(1)B, PAT7-3-2B, PAT1-2-1B, PAT4-3-11B, PAT2-3-9B, PAT9-1-6B and PAT6-1-6B which showed the yield ranging between 579 to 945 kg/rai. The standard check variety used in this experiment showed the yield of 582 kg/rai. Selection was made for the A lines and isogenic B line having the yield within 10 ranking. Four A lines and isogenic B lines were selected including PAT1-2-1A″/B, PAT7-3-2A″/B, PAT6-1-6A″/B และ PAT4-3-11A″/B and will be used further for hybrid rice variety improvement.

Keywords: breeding rice, male sterile line (A line), maintainer line (B line), backcross, early generation testing

บทคัดย่อ

การปรับปรุงสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (สายพันธุ์ A) ของข้าว โดยการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน (สายพันธุ์ B) แล้วนำลูกผสมรุ่นที่ 1 ที่ได้ผสมกลับไปยังสายพันธุ์ A ได้สายพันธุ์ A และ B ที่เป็นคู่แฝดกันจำนวน 56 สายพันธุ์ ทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ A ที่ได้โดยการทดสอบผลผลิตของลูก topcross ที่ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์ A กับสายพันธุ์ R (พันธุ์สุพรรณบุรี 1) ในขณะเดียวกันก็ทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ B ด้วย โดยวางแผนการทดลองแบบ augmented design in RCBD ผลการทดสอบพบว่า สายพันธุ์ A ที่ให้ผลผลิตลูก topcross สูงสุด 10 อันดับแรก ได้แก่ PAT1-2-1A″/SPR1, PAT9-1-4A″/SPR1, PAT9-4-4A″/SPR1, PAT2-2-2A″/SPR1, PAT3-3-9A″/SPR1, PAT7-3-2A″/SPR1, PAT10-3-4A″/SPR1, PAT6-1-6A″/SPR1, PAT4-3-11A″/SPR1 และ PAT5-2-5A″/SPR1 ซึ่งให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 751 ถึง 1,034 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนสายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 10 อันดับแรก ได้แก่ PAT1-4-6B, PAT2-4-6B, PAT1-3-13B, PAT8-3-6(1)B, PAT7-3-2B, PAT1-2-1B, PAT4-3-11B, PAT2-3-9B, PAT9-1-6B และ PAT6-1-6B ซึ่งให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 597 ถึง 945 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐานสุพรรณบุรี 1 ให้ผลผลิต 582 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วคัดเลือกสายพันธุ์ A และ B ที่เป็นคู่แฝดกันซึ่งให้ผลผลิตภายใน 10 อันดับแรกด้วยกัน ได้จำนวน 4 สายพันธุ์ได้แก่ PAT1-2-1A″/B, PAT7-3-2A″/B, PAT6-1-6A″/B และ PAT4-3-11A″/B ซึ่งจะนำไปใช้ในการพัฒนาข้าวลูกผสมต่อไป

คำสำคัญ: การปรับปรุงพันธุ์ข้าว สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน สายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน การผสมกลับ การทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ

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

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

[2]**ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี** 12110

[2]Pathum Thani Rice Research Center , Pathum Thani, 12110

คำนำ

ข้าวเป็นพืชผสมตัวเอง ดังนั้นการพัฒนาพันธุ์ส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นใช้พันธุ์แท้ (pure line) จนกระทั่งในปี 2531 มีการค้นพบข้าวป่าที่มีลักษณะพันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันชนิด WA (wild abortive) ซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนในไซโตพลาสซึม (cytoplasmic male sterility, cms) ทำให้การพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในการเพิ่มผลผลิต การพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 2 ระบบ ระบบแรก คือ ระบบ 3 สายพันธุ์ (three-line male sterility) หรือระบบ cytoplasmic male sterility (CMS) และอีกระบบหนึ่ง คือ ระบบ 2 สายพันธุ์ หรือระบบ environmental sensitive genic male sterility (EGMS) แต่การผลิตข้าวลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์ เป็นวิธีการผลิตที่แพร่หลายที่สุด เพราะลูกผสมที่ได้ให้ผลผลิตสูงและเป็นที่ยอมรับของเกษตรกร การผลิตข้าวลูกผสมในระบบนี้ ประกอบด้วยข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ A (A line) หรือสายพันธุ์แม่ที่มีเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากไซโตพลาสซึม สายพันธุ์ B (B line) หรือสายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน (maintainer line) ซึ่งเป็นสายพันธุ์คู่แฝด (isogenic line) กับสายพันธุ์ A มีเกสรเพศผู้ปกติ และสายพันธุ์ R (R line) หรือสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันของเพศผู้ (fertility restorer line) ซึ่งเป็นสายพันธุ์พ่อที่มีเกสรเพศผู้ปกติ (Virmani, 1994)

การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมในประเทศไทยที่ใช้ระบบ 3 สายพันธุ์นั้น พบว่าสายพันธุ์ A และสายพันธุ์ B ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ มักมีปัญหาการให้ผลผลิตต่ำ (บริบูรณ์และปัทมา, 2550) และอ่อนแอต่อโรคมาก ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงสายพันธุ์ที่จะใช้เป็นพ่อและแม่ให้มีการปรับตัวที่ดีในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย แต่การปรับปรุงสายพันธุ์ A ปกติต้องใช้เวลา 15-18 ฤดูปลูก โดยต้องพัฒนาสายพันธุ์ B ขึ้นมาใหม่ แล้วนำไปผสมกับสายพันธุ์ A เพื่อปรับปรุงสายพันธุ์ A และสายพันธุ์ B ที่เป็นสายพันธุ์คู่แฝดกันโดยวิธีการผสมกลับ (backcross) จากนั้นจึงทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ A เมื่อได้สายพันธุ์ A ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดี จึงนำไปผสมกับสายพันธุ์ R เพื่อผลิตลูกผสม (กฤษฎา, 2551) แต่ธีระภัทร์ (2528) สุภาวิณี (2548) และทนงสิน (2550) ได้นำความรู้เกี่ยวกับการผสมกลับร่วมกับการทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ มาใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์ A สายพันธุ์ B ในข้าวฟ่าง ข้าว และข้าวโพด โดยได้ใช้เวลาในการพัฒนาสายพันธุ์รวมทั้งการทดสอบผลผลิตของลูกผสมประมาณ 6-8 ฤดูปลูกเท่านั้น ซึ่งเป็นการลดเวลาและค่าใช้จ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ จะช่วยขจัดสายพันธุ์ไม่ดีทิ้งได้ตั้งแต่ระยะเริ่มแรก ส่วนสายพันธุ์ที่ดีจะรักษาลักษณะที่ดีนั้นไว้ได้ในชั่วต่อๆ มา (Jenkins, 1935) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงนำวิธีการดังกล่าวมาใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์ A และ B เพื่อใช้ในการผลิตข้าวลูกผสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ B จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้ลูกผสมรุ่นที่ 1 (F_1) จาก 10 คู่ผสม นำลูกผสมรุ่นที่ 1 ผสมกลับไปยังสายพันธุ์ A จำนวน 2 ครั้ง เพื่อพัฒนาสายพันธุ์ A ได้สายพันธุ์ A จำนวน 56 สายพันธุ์ ในขณะเดียวกันก็ปล่อยในลูกรุ่นที่ 1 ผสมตัวเอง 3 ครั้ง เพื่อพัฒนาสายพันธุ์ B ได้สายพันธุ์ B รุ่นที่ 4 จำนวน 56 สายพันธุ์

2. ผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ A ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่จำนวน 56 สายพันธุ์กับสายพันธุ์ R ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เพื่อทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ A ลูกผสมที่ได้เรียกว่าลูก topcross

3. ทดสอบผลผลิตของลูก topcross ของสายพันธุ์ A จำนวน 56 สายพันธุ์ และสายพันธุ์ B รุ่นที่ 4 จำนวน 56 สายพันธุ์ โดยมีพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน วางแผนการทดลองแบบ Augmented design in RCBD ทำ 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 192 แปลงย่อยแต่ละแปลงย่อยปลูก 4 แถว จำนวน 4 ต้นต่อแถว ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร บันทึกข้อมูลผลผลิตข้าวที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบผลผลิตของลูก topcross ของสายพันธุ์ A จำนวน 56 สายพันธุ์ พบว่า ลูก topcross ทั้งหมดให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($LSD_{0.05}$ ของค่าความแตกต่างระหว่างพันธุ์ทดสอบและระหว่างพันธุ์ทดสอบและพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐานสุพรรณบุรี 1) โดยลูก topcross ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 10 อันดับแรก ได้แก่ PAT1-2-1A$^{//}$/SPR1, PAT9-1-4A$^{//}$/SPR1, PAT9-4-4A$^{//}$/SPR1, PAT2-2-2A$^{//}$/SPR1, PAT3-3-9A$^{//}$/SPR1, PAT7-3-2A$^{//}$/SPR1, PAT10-3-4A$^{//}$/SPR1, PAT6-1-6A$^{//}$/SPR1, PAT4-3-11A$^{//}$/SPR1 และ PAT5-2-5A$^{//}$/SPR1 ซึ่งให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 751 ถึง 1,034 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐานสุพรรณบุรี 1 ให้ผลผลิต 582 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 1) จะเห็นได้ว่าลูก topcross 10 อันดับแรกให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบตั้งแต่ 29.11 ถึง 77.65 เปอร์เซ็นต์

จากการทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ B จำนวน 56 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ B ทั้งหมดให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($LSD_{0.05}$ ของค่าความแตกต่างระหว่างพันธุ์ทดสอบและระหว่างพันธุ์ทดสอบและพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน

สุพรรณบุรี 1) โดยสายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 10 อันดับแรก ได้แก่ PAT1-4-6B, PAT2-4-6B, PAT1-3-13B, PAT8-3-6(1)B, PAT7-3-2B, PAT1-2-1B, PAT4-3-11B, PAT2-3-9B, PAT9-1-6B และ PAT6-1-6B ซึ่งให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 597 ถึง 945 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 1) จะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ B 10 อันดับแรกให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐานสุพรรณบุรี 1 ตั้งแต่ 2.60 ถึง 62.36 เปอร์เซ็นต์

จากการเปรียบเทียบผลผลิตของลูก topcross ของสายพันธุ์ A และผลผลิตของสายพันธุ์ B ซึ่งเป็นคู่แฝดของสายพันธุ์ A พบว่า สายพันธุ์ A ที่เป็นคู่แฝดกับสายพันธุ์ B ที่ให้ผลผลิตสูง อาจไม่ให้ลูก topcross ซึ่งให้ผลผลิตสูงก็ได้ เช่น สายพันธุ์ B (PAT1-4-6B) ให้ผลผลิตสูงสุด 945 กิโลกรัมต่อไร่ แต่สายพันธุ์ A ที่เป็นคู่แฝดให้ลูก topcross (PAT1-4-6″/SPR 1) ที่ผลผลิตต่ำกว่า 10 อันดับแรก ดังนั้นการพัฒนาสายพันธุ์ A โดยพิจารณาจากผลผลิตของสายพันธุ์ B ที่เป็นสายพันธุ์คู่แฝดกันเพียงอย่างเดียว อาจทำให้การคัดเลือกไม่ถูกต้อง และอาจต้องสูญเสียสายพันธุ์ A ที่ให้ลูก topcross ที่มีผลผลิตสูงหรือกล่าวคือมีสมรรถนะการผสมสอดคล้องกับธีระภัทร์ (2528) และสุภาวิณี (2549) ได้พัฒนาสายพันธุ์ A ในข้าวฟ่างและข้าวโดยวิธีผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ และแนะนำว่า การคัดเลือกสายพันธุ์ A ต้องพิจารณาจากสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ A และผลผลิตของสายพันธุ์ B ควบคู่กัน เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์แม่ที่ดีในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมต่อไป

เมื่อพิจารณาผลผลิตลูก topcross ของสายพันธุ์ A 10 อันดับแรกเปรียบเทียบกับผลผลิตของสายพันธุ์ B 10 อันดับแรก พบว่า สายพันธุ์Aที่เป็นคู่แฝดกับสายพันธุ์ B จำนวน 4 สายพันธุ์ ที่ให้ผลผลิตอยู่ภายใน 10 อันดับแรกด้วยกัน แต่อันดับการให้ผลผลิตแตกต่างกัน ได้แก่ PAT1-2-1A″/SPR1, PAT7-3-2A″/SPR1, PAT6-1-6A″/SPR1และ PAT4-3-11A″/SPR1 ให้อันดับผลผลิต 1, 6, 8 และ 9 ตามลำดับ ในขณะที่ สายพันธุ์ B ที่เป็นคู่แฝดกับสายพันธุ์ A ดังกล่าว คือ PAT1-2-1B, PAT7-3-2B, PAT4-3-11B และ PAT6-1-6B ให้ผลผลิตอันดับที่ 6, 5, 10 และ 7 ตามลำดับ ในการศึกษานี้จึงจะคัดเลือกสายพันธุ์ A และสายพันธุ์ B ที่เป็นคู่แฝดกันจำนวน 4 สายพันธุ์ ดังกล่าวไว้ใช้ในการพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมต่อไป

สรุปผล

การปรับปรุงสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (สายพันธุ์ A) จากคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน (สายพันธุ์ B) โดยวิธีการผสมกลับ และทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ สามารถสร้างสายพันธุ์ A และสายพันธุ์ B ที่เป็นคู่แฝดไปพร้อมๆกัน และการทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์ A ในชั่วแรกๆ โดยการทดสอบผลผลิตของลูก topcross ร่วมกับการทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ B ที่เป็นคู่แฝดกัน จะช่วยคัดทิ้งสายพันธุ์ A และ สายพันธุ์ B ที่ไม่ต้องการออกไป ตั้งแต่ในช่วงแรกๆ จนเหลือสายพันธุ์ A และ B ที่ดี 4 สายพันธุ์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 255, ปรับปรุงพันธุ์พืช: พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีระภัทร์ มาลีวงษ์, 2528, การทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกของสายพันธุ์รักษาความเป็นหมันเพื่อสร้างลูกผสมของข้าวฟ่าง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บริบูรณ์ สมฤทธิ์ และปัทมา ศิริธัญญา, 2550, ข้าวลูกผสม: สถานภาพข้าวลูกผสมในนานาประเทศ, ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ (ไบโอเทค) กระทรวงวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี, ปทุมธานี.

ทนงสิน วงสีประสม, 2550, การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันชนิด C-cms ในข้าวโพดโดยวิธีการผสมกลับ และทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุภาวิณี แสงโชติ, 2548, การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับและทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรก ๆ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Jenkins, M.T., 1935, The Effect of Inbreeding and Selection Within Inbred Line of Maize Upon the Hybrids Made After Successive Generations of Selfing, Iowa State college Journal Science, 3: 429-450.

Virmani, S.S., 1994, Heterosis and Hybrid Rice Breeding, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany.

Table 1 Yield of topcross derived from crossing between male sterile (A) and maintainer line (B lines) compared with standard check variety (suphanburi 1; SPR1).

อันดับที่	ลูก topcross ของสายพันธุ์ A	ผลผลิต (กก./ไร่)	% ผลผลิตที่สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ	อันดับของสายพันธุ์ B ที่ตรงกับผลผลิตลูก topcross	อันดับที่	สายพันธุ์ B	ผลผลิต (กก./ไร่)	% ผลผลิตที่สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ
1	PAT1-2-1A$^{//}$/SPR1	1034	77.65	6	1	PAT1-4-6B	945	62.36
2	PAT9-1-4A$^{//}$/SPR1	981	68.58	34	2	PAT2-4-6B	830	42.69
3	PAT9-4-4A$^{//}$/SPR1	968	66.32	29	3	PAT1-3-13B	752	29.22
4	PAT2-2-2A$^{//}$/SPR1	854	46.66	24	4	PAT8-3-6(1)B	709	21.76
5	PAT3-3-9A$^{//}$/SPR1	832	43.00	19	5	PAT7-3-2B	706	21.37
6	PAT7-3-2A$^{//}$/SPR1	824	41.51	5	6	PAT1-2-1B	689	18.44
7	PAT10-3-4A$^{//}$/SPR1	806	38.50	40	7	PAT4-3-11B	676	16.13
8	PAT6-1-6A$^{//}$/SPR1	801	37.70	10	8	PAT2-3-9B	661	13.61
9	PAT4-3-11A$^{//}$/SPR1	792	36.12	7	9	PAT9-1-6B	607	4.26
10	PAT5-2-5A$^{//}$/SPR1	751	29.11	49	10	PAT6-1-6B	597	2.60
พันธุ์เปรียบเทียบ SPR 1		582	0	-	-	-	582	0
ค่าความแตกต่างระหว่างพันธุ์ทดสอบในระหว่างบลอค		2.87	-	-	-	-	2.87	-
ค่าความแตกต่างระหว่างพันธุ์ทดสอบและพันธุ์ SPR 1		3.21	-	-	-	-	3.21	-
C.V.(%)		2.74	-	-	-	-	2.74	-

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 185-188 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 185-188 (2552)

ระยะการพัฒนาของเมล็ดขนุนต่อความสามารถในการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าขนุน

Effect of Seed Maturity of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) on Germination and Seedling Growth

กาญจนา เหลืองสุวาลัย[1] เอกลักษณ์ ทองประเสริฐ[1] และ เอกสกุล ธีรจุมพล[1]
Luangsuwalai, K.[1], Thongprasert, E.[1] and Teerajoompol, E.[1]

Abstract

This study was to determine the seed germination and seedling growth of the seed of two jackfruit cultivars, Thongsudjai and Malaysia, after full bloom for 12-17 weeks. Results showed that all seed ages of cv. Malaysia did not affected on seed size (width, length and thickness), moisture content and dry weight. Moisture content of cv. Thongsudjai seed gradual decreased but dry weight increased when maturity increase to the maximum. Germination process of both cultivars was about 15-20 days. Jackfruit seed cv. Malaysia aged 16 weeks could emerge rapidly at 14.72 days while 12 weeks seed germinated at 19.56 days. The shortest germination period (15.48 days) was observed in 15 weeks seed of Thongsudjai cultivar but 14 weeks seed used 18.34 days for germinatin. Seed of both cultivars could germinate more than 80 percent. Seed of Malaysia cultivar had a greater percentage of germination compared to Thongsudjai cultivar. Seedling growth of Thongsudjai seed from 16-17 weeks had greater growth rate than seedling from 12-15 weeks seed which were obviously seen in 5 and 6 weeks after transplanting. Seedling growth of all seed maturity from Malaysia cultivar was not different in growth rate.

Keywords: jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), seed, germination, seedling growth

บทคัดย่อ

การศึกษาการงอกของเมล็ดขนุน 2 พันธุ์ คือ มาเลเซียและทองสุดใจ ที่ได้จากผลขนุนที่มีอายุต่างกันคือ 12-17 สัปดาห์หลังจากดอกบาน (กาบหุ้มช่อดอกเปิด) พบว่า เมล็ดขนุนพันธุ์มาเลเซียทุกอายุ มีขนาด (ความกว้าง ความยาว ความหนา) เปอร์เซ็นต์ความชื้นและน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกัน ขณะที่เมล็ดขนุนพันธุ์ทองสุดใจมีขนาดต่างกันบ้างเล็กน้อย ความชื้นของเมล็ดลดลงเมื่อเมล็ดมีอายุมากขึ้น แต่น้ำหนักแห้งของเมล็ดเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น เมล็ดขนุนทั้งสองพันธุ์ใช้เวลาในการงอกเฉลี่ย 15-20 วัน เมล็ดขนุนพันธุ์มาเลเซียจากผลที่มีอายุ 16 สัปดาห์ งอกได้เร็วที่สุด (14.72 วัน) และอายุ 12 สัปดาห์ ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกมากที่สุด (19.56 วัน) เมล็ดขนุนพันธุ์ทองสุดใจจากผลที่มีอายุ 15 สัปดาห์ งอกได้เร็วที่สุด (15.48 วัน) และเมล็ดจากผลอายุ 14 สัปดาห์ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกมากที่สุด (18.34 วัน) เมล็ดขนุนทั้งสองพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์การงอกมากกว่า 80% พันธุ์มาเลเซียมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดสูงกว่าพันธุ์ทองสุดใจ สำหรับการเจริญของต้นกล้าขนุนภายหลังการย้ายปลูกพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความสูง และจำนวนใบของต้นกล้าขนุนพันธุ์ทองสุดใจที่เพาะจากเมล็ดที่มาจากผลอายุ 16 และ 17 สัปดาห์ มีการเจริญดีกว่าต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดที่ได้จากผลขนุนอายุ 12-15 สัปดาห์ อย่างเห็นได้ชัดเจนในสัปดาห์ที่ 5 และ 6 หลังจากย้ายปลูก สำหรับต้นกล้าขนุนพันธุ์มาเลเซียที่เพาะจากเมล็ดที่ได้จากผลขนุนทุกอายุสามารถเจริญเติบโตได้ดีไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: ขนุน (*Artocarpus heterophyllus*) เมล็ด การงอก การเจริญเติบโตของต้นกล้า

คำนำ

ขนุนเป็นไม้ผลที่นิยมปลูกมากในประเทศอินเดียตอนใต้ ไทย พม่า ฟิลิปปินส์ และ อินโดนีเซีย ประเทศไทยมีการปลูกขนุนกระจายไปทุกภาค ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ตราด ระยอง ปราจีนบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี ชุมพร และประจวบคีรีขันธ์ มีพื้นที่ปลูกขนุนรวม 224,767 ไร่ ให้ผลผลิต 656,134.22 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545) พันธุ์ขนุนที่ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทยมีมากมายหลายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เหลืองบางเตย จำปากรอบ แดงรัศมี ทองสุดใจ และพันธุ์มาเลเซีย ถึงแม้ว่าปัจจุบันไม่นิยมใช้วิธีขยายพันธุ์ขนุนด้วยเมล็ดเนื่องจากต้นที่ได้จะมีลักษณะแตกต่างไปจากต้นแม่พันธุ์ แต่นิยมขยายพันธุ์โดยวิธีการทาบกิ่ง และติดตา ซึ่งการใช้ต้นตอที่ได้จากการเพาะเมล็ดจะมีรากแก้วทำให้ได้ต้นขนุนที่มีระบบรากแข็งแรง ดังนั้นการศึกษานี้มี

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ซอยอิสรภาพ 15 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600
[1]Faculty of Science and Technology Bansomdejchaopraya Rajabhat University 1061 Isarabhap 15. Thonburi Bangkok 10600

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะการพัฒนาของเมล็ดขนุนต่อความสามารถในการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าขนุน เพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตต้นตอสำหรับขยายพันธุ์ขนุน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดขนุนพันธุ์มาเลเซียและทองสุดใจที่ได้จากผลขนุนที่มีอายุ 12, 13, 14, 15, 16 และ17 สัปดาห์หลังจากดอกบาน (กาบหุ้มช่อดอกเปิด) นำเมล็ดอายุละ 5 ซ้ำๆ ละ 10 เมล็ด มาศึกษาลักษณะทั่วไปของเมล็ดขนุน คือ วัดขนาด ความชื้น และน้ำหนักแห้งของเมล็ด สุ่มเมล็ดขนุนแต่ละอายุมาเพาะในตะกร้าพลาสติก 4 ตะกร้า (ซ้ำ) ๆ ละ 20 เมล็ด โดยใช้ทรายเป็นวัสดุเพาะ บันทึกข้อมูล เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดและความเร็วในการงอกของเมล็ด เมื่อต้นกล้าขนุนมีอายุ 60 วัน คัดเลือกต้นกล้าขนุนที่มีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน อายุละ 10 ต้น ปลูกลงกระถางๆ ละ 1 ต้น โดยใช้ดินผสมการค้าเป็นวัสดุปลูก ดูแลรดน้ำ บันทึกผลการเจริญเติบโตสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ดังนี้ ความสูงของต้นกล้า เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกล้าขนุน โดยวัดที่ระดับสูงจากผิวดิน 10 ซม. และจำนวนใบของต้นกล้า วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ทำการทดลอง ณ เรือนเพาะชำ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมล็ดขนุนพันธุ์ทองสุดใจและพันธุ์มาเลเซีย จากผลขนุนที่มีอายุต่างกันคือ 12-17 สัปดาห์ หลังจากดอกบาน พบว่าเมล็ดขนุนพันธุ์มาเลเซียมีขนาด ความชื้น และน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1 และ 2) ทั้งนี้เนื่องมาจากขนุนเป็นผลรวม เมล็ดมีการเจริญและพัฒนาก่อนส่วนเนื้อผล ซึ่งจากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของผลขนุนพันธุ์มาเลเซียพบว่าเมล็ดขนุนมีการเจริญเติบโตและขยายขนาดเต็มที่เมื่อผลมีอายุตั้งแต่ 12 สัปดาห์ (ประพนธ์ และสุธิภรณ์, 2550) เมล็ดพันธุ์ทองสุดใจมีขนาดแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย และความชื้นของเมล็ดลดลงเมื่อเมล็ดมีอายุเพิ่มขึ้น ในขณะที่น้ำหนักแห้งของเมล็ดขนุนพันธุ์ทองสุดใจเพิ่มขึ้นเมื่อเมล็ดมีอายุเพิ่มขึ้น (Table 2) และน้ำหนักแห้งของเมล็ดค่อนข้างคงที่เมื่อเมล็ดอายุ 16-17 สัปดาห์

เมล็ดขนุน มีการงอกแบบไม่ยกใบเลี้ยงขึ้นเหนือดิน (hypogeal germination) แต่ละเมล็ดงอกให้ต้นกล้า 1 ต้น และใช้เวลาในการงอกประมาณ 15-20 วัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของศิริพร (2537) ที่พบว่าขนุนใช้เวลาในการงอกประมาณ 18 วัน และมีการงอกเป็นแบบไม่ยกใบเลี้ยง สำหรับความเร็วเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดขนุนพันธุ์มาเลเซีย พบว่ามีความแตกต่างกันบ้างโดยเมล็ดที่งอกเร็วที่สุด คือเมล็ดที่มีอายุ 16 สัปดาห์ ขณะที่พันธุ์ทองสุดใจที่มีอายุ 15 สัปดาห์งอกได้เร็วที่สุด (Table 3) เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดขนุนพันธุ์มาเลเซียสูงกว่าพันธุ์ทองสุดใจเล็กน้อยโดยพันธุ์มาเลเซีย มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าเกือบทุกอายุ ยกเว้น เมล็ดอายุ 16 สัปดาห์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของเมล็ดพันธุ์ที่สุ่มเมล็ดมาเพาะ หรือเมล็ดสูญเสียความงอกเมื่อไม่ได้นำไปเพาะทันที เนื่องจากเมล็ดขนุนจัดอยู่ในประเภทเมล็ดสด (recalcitrant seed) ซึ่งความมีชีวิตและงอกของเมล็ดขนุนจะลดลงเมื่อเมล็ดสูญเสียความชื้น (Wikipedia, 2009)

ต้นกล้าขนุนทั้ง 2 พันธุ์ที่งอกจากเมล็ดที่มีอายุต่างกัน พบว่า สามารถเจริญเติบโตได้ดี โดยต้นกล้าที่งอกมาจากเมล็ดที่มีอายุ 16 และ 17 สัปดาห์ เจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นกล้าที่งอกมาจากเมล็ดที่มีอายุน้อยกว่า (Figure 1) ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดขนุนที่มีอายุมากกว่าจะมีการสะสมอาหารเต็มที่ น้ำหนักแห้งของเมล็ดเพิ่มขึ้น ทำให้เมล็ดมีความสมบูรณ์ และมีความแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) เต็มที่ เมื่อเมล็ดงอกจึงให้ต้นกล้าที่มีความแข็งแรงและเจริญเติบโตรวดเร็ว

Table 1 Seed size of jackfruit cv. Malaysia and cv. Thongsudjai.

seed maturity (weeks)	cv. Malaysia			cv. Thongsudjai		
	Width [ns] (mm)	Length [ns] (mm)	Thickness [ns] (mm)	Width * [1/] (mm)	Length [ns] (mm)	Thickness * [1/] (mm)
12	22.5 ± 0.71	32.8 ± 0.78	17.4 ± 0.79	21.9 ± 0.68 [a]	30.8 ± 0.96	17.1 ± 0.75 [ab]
13	21.8 ± 1.11	31.8 ± 1.74	17.0± 0.92	20.6 ± 1.18 [b]	31.1 ± 1.34	15.9 ± 0.71 [b]
14	22.4 ± 1.66	33.2 ± 0.55	17.4 ± 0.57	22.3 ± 0.86 [a]	31.8 ± 1.30	18.1 ± 1.71 [a]
15	21.3 ± 1.17	31.4 ± 1.54	16.9 ± 1.19	22.0 ± 0.49 [a]	32.4 ± 1.21	17.3 ± 0.93 [ab]
16	21.7 ± 0.56	32.2 ± 0.98	17.2 ± 0.94	20.7 ± 0.76 [b]	31.4 ± 1.32	16.4 ± 0.75 [b]
17	22.0 ± 0.90	32.4 ± 1.50	17.1 ± 0.56	21.2 ± 0.7 [ab]	31.0 ± 0.71	17.2 ± 0.78 [ab]

ns = Non significance * = Significant difference at $P < 0.05$

[1/]Mean ± SD within the same column followed by the same letter are not significantly difference by DMRT at P=0.05

Table 2 Moisture content and dry weight of jackfruit seed.

seed maturity (weeks)	cv. Malaysia		cv. Thongsudjai	
	Moisture content (%)^{ns}	Dry weight (%)^{ns}	Moisture content (%)$^{**1/}$	Dry weight (%)$^{**1/}$
12	64.14 ± 5.63	35.87 ± 5.63	74.30 ± 5.40^{a}	25.70 ± 5.40^{d}
13	61.76 ± 2.36	38.24 ± 2.36	69.03 ± 2.41^{b}	30.97 ± 2.41^{c}
14	65.0 ± 2.57	35.00 ± 2.57	62.82 ± 3.42^{c}	37.18 ± 3.42^{b}
15	63.65 ± 4.85	36.35 ± 4.85	63.09 ± 3.07^{c}	36.91 ± 3.07^{b}
16	61.29 ± 0.97	38.71 ± 0.97	57.57 ± 2.53^{d}	42.43 ± 2.53^{a}
17	61.48 ± 1.54	38.52 ± 1.54	56.24 ± 1.12^{d}	43.76 ± 1.12^{a}

ns = Non significance ** = Significant difference at $P < 0.01$

$^{1/}$Mean ± SD within the same column followed by the same letter are not significantly difference by DMRT at P=0.05

Table 3 Germination and germination speed of jackfruit seed cv. Malaysia and cv. Thongsudjai

seed maturity (weeks)	cv. Malaysia		cv. Thongsudjai	
	germination (%)$^{*1/}$	germination speed (days)$^{*1/}$	germination (%)^{ns}	germination speed (days)$^{**1/}$
12	99.0 ± 2.24^{a}	19.56 ± 0.71^{a}	89.0 ± 11.4	16.34 ± 1.05^{ab}
13	100.0 ± 0^{a}	19.51 ± 1.19^{a}	86.0 ± 13.42	16.45 ± 1.93^{ab}
14	100.0 ± 0^{a}	16.92 ± 2.56^{bc}	95.0 ± 7.07	18.34 ± 2.89^{a}
15	100.0 ± 0^{a}	18.12 ± 2.66^{ab}	97.0 ± 4.47	15.48 ± 1.10^{b}
16	80.2 ± 11.45^{b}	14.72 ± 1.96^{c}	90.4 ± 6.69	16.58 ± 1.15^{ab}
17	97.6 ± 5.37^{a}	18.52 ± 1.54^{ab}	97.6 ± 1.12	17.18 ± 0.43^{ab}

ns = Non significance * = Significant difference at $P < 0.05$ ** = Significant difference at $P < 0.01$

$^{1/}$Mean ± SD within the same column followed by the same letter are not significantly difference by DMRT at P=0.0

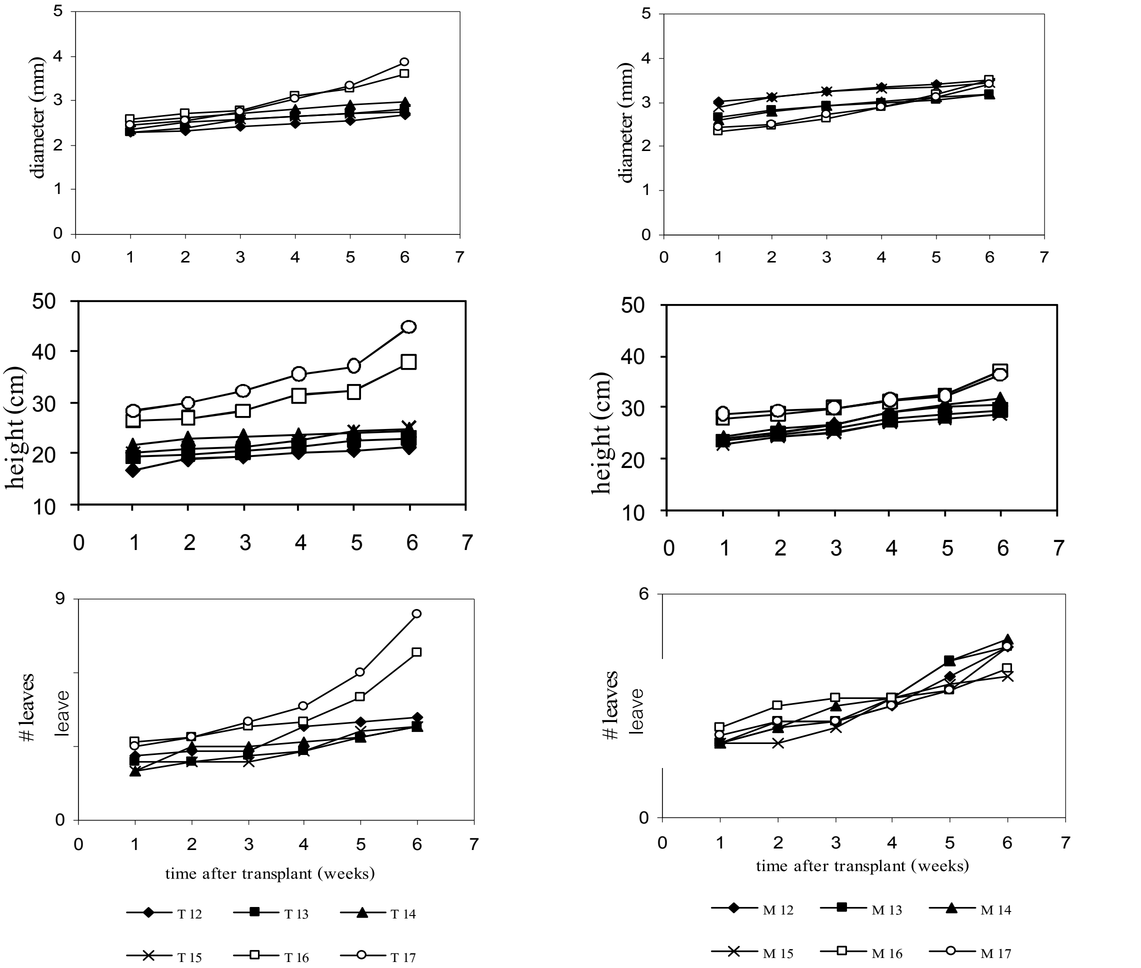


Figure 1 Jackfruit seedling growth of cv. Thongsudjai (left) and cv. Malaysia (right).

สรุปผล

ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเมล็ดขนุนพันธุ์มาเลเซียเกือบทุกอายุมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเมล็ดขนุนพันธุ์ทองสุดใจและเมล็ดขนุนทุกอายุ (12-17 สัปดาห์) สามารถงอกได้ดีและให้ต้นกล้าที่สมบูรณ์ทั้งสองพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีการเจริญเติบโตของต้นกล้าขนุนพันธุ์ทองสุดใจที่งอกมาจากเมล็ดที่มีอายุมากกว่า 16 และ17 สัปดาห์ เจริญได้ดีกว่าต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดที่มีอายุน้อยกว่า

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2545. พื้นที่เพาะปลูกไม้ผลรวมทั้งประเทศ [สืบค้น], http://www.2doae.go.th/baseinfor/MIS/kpp/rpt2.15.htm, [2/December/2550].

ประพนธ์ ปัญญาสร้างสรรค์ และ สุธิภรณ์ ศิริกำเลิศ, 2550, การศึกษาการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลขนุนพันธุ์มาเลเซีย, ปัญหาพิเศษ, มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, กรุงเทพฯ.

ศิริพร ภู่ริยะพันธ์, 2537, การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นกล้าไม้ผลเขตร้อนบางชนิด เช่น ละมุด ขนุน ระกำ ฝรั่ง, ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Wikipedia, 2009, Recalcitrant seed. Source [Online], Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Recalcitrant_seed [August 15, 2009]

วิจัยและพัฒนาการผลิตข้าวอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี: การศึกษาสัณฐานวิทยาของต้นข้าวอินทรีย์และเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการทำให้งอก

Research and Development of Organic Rice Production in Udon Thani Province: Study on Morphology of Organic Rice Plant and Germinated Brown Rice Grain

อรรจนา ด้วงแพง[1] ศิรินทร์ จันทโพธิ์[1] และ Nobuyuki Okuda[2]

Duangpaeng, A.[1], Chanthaphoa, S.[1] and Okuda, N.[2]

Abstract

Rice (*Oryza sativa* L.) was cultivated organically at Han Tao Village, Udon Thani. After harvesting, rice grain was processed into the product of germinated rice. Some parts of organic rice plants, rice grain at 6, 12, 18 and 24 hours of germination and dried germinated-rice were sampled. The samples were fixed in formalin acetic acid solution (FAA) at least 3 days. Then they were soaked into the series of 15, 30, 50, 70, 85, 95 and 99% ethyl alcohol for 30, 30, 30, 30, 60, 60 min and 24 hours respectively. Thereafter they were fixed in 99% t-butyl alcohol for 30 min by 3 times and were dehydrated by Freeze Dryer Model ES-2032. After coated by gold particles, the samples were observed by scanning electron microscope (Hitachi Model S-3700N). There is a layer of cuticle at epidermis of leave. Short and large papilla, hairs and bristles covered on adaxial and abaxial epidermis. Lysigenous aerenchyma was investigated at cross section of stem. Roots are fibrous root. Brown rice grain of KDML 105 included of husk, a layer tissue of pericarp and seed coat, aleurone layer, starch storage tissue, starch grain and embryo. During germination, some parts of pericarp were broken and cracked. Embryo tissue was extended and changed shape. After germination and dried, starch grain was broken loose from starch storage tissue from the rim of rice grain.

Keywords: morphology, organic rice, organic agriculture

บทคัดย่อ

เกษตรกรบ้านหันเทา อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี ปลูกข้าวด้วยระบบเกษตรอินทรีย์และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวงอก ตัวอย่างต้นข้าวอินทรีย์ เมล็ดข้าวกล้องที่เพาะงอก 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง และเมล็ดข้าวกล้องที่เพาะงอกและตากแห้ง ถูกสุ่มเก็บตัวอย่างและแช่ในสารละลายกรดฟอร์มาลีนอะซิติก จากนั้นแช่ตัวอย่างในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 15, 30, 50, 70, 85, 95 และ 99% นาน 30, 30, 30, 30, 60, 60 นาที และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ และแช่ในสารละลาย 99% เทอร์เทียรีบิวทิลแอลกอฮอล์ นาน 30 นาที 3 ครั้ง ไล่น้ำด้วยเครื่องฟรีสดราย (รุ่น ES-2032) เคลือบตัวอย่างด้วยอนุภาคทองคำและศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Hitachi Model S-3700N) พบว่าผิวใบมีชั้นของคิวติเคิล มีตุ่มขนาดเล็กและใหญ่เรียงเป็นแถวสลับกัน มีขนสั้นและยาวอยู่บนผิวใบทั้งด้านหลังใบและท้องใบ ลำต้นตัดตามขวางมีช่องอากาศขนาดใหญ่ รากเป็นรากแขนง เมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิอินทรีย์ ประกอบไปด้วยเปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อเยื่อหุ้มเมล็ด ชั้นอะลูโรน เนื้อเยื่อที่เก็บแป้ง เม็ดแป้ง และต้นอ่อน เมื่อนำมาเพาะให้งอกพบว่าเนื้อเยื่อผิวชั้นนอกของเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดบางส่วนหายไปและแตกเป็นรอยร้าว เนื้อเยื่อของต้นอ่อนขยายขนาดและเปลี่ยนแปลงรูปร่าง มีเม็ดแป้งหลุดออกมาจากเนื้อเยื่อที่เก็บสะสมแป้งที่อยู่บริเวณขอบเมล็ดที่งอกแล้ว

คำสำคัญ: สัณฐานวิทยา ข้าวอินทรีย์ เกษตรอินทรีย์

คำนำ

เกษตรกรบ้านหันเทา อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี ปลูกข้าวด้วยระบบเกษตรอินทรีย์และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอก ในการแปรรูปข้าวกล้องงอก เกษตรกรนำข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องมันปู ข้าวกล้องสีนิล มาแช่น้ำ 5 ชั่วโมง ก่อนเพาะให้งอกในตาข่ายพลาสติก นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเมล็ดข้าวกล้องงอกไปนึ่ง 5 นาที ก่อนตากให้แห้ง และเก็บไว้บรรจุถุงขาย ในการทดลองครั้งนี้จึงต้องการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของลำต้นข้าวอินทรีย์ เมล็ดข้าวกล้องในระหว่างการเพาะให้งอก 24 ชั่วโมง และเมล็ดข้าวที่ผ่านการงอก นึ่ง และทำให้แห้ง อันจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป‘

---

[1]มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

Udon Thani Rajabhat University 64 Tahan Road, Tambon Makkhaeng, Muang District, Udon Thani 41000

[2]Kagawa University, Miki-cho, Kita-gun, Kagawa, Japan

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างต้นข้าวอินทรีย์ เมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิ 105 ที่เพาะงอก 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง และเมล็ดข้าวที่เพาะงอกและตากแห้ง ถูกสุ่มเก็บตัวอย่างและแช่ในสารละลายกรดฟอร์มาลีนอะซิติก จากนั้นแช่ตัวอย่างในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 15, 30, 50, 70, 85, 95 และ 99% นาน 30, 30, 30, 30, 60, 60 นาที และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ และแช่ในสารละลาย 99% ทีบิวทิลแอลกอฮอล์ นาน 30 นาที 3 ครั้ง ไล่น้ำด้วยเครื่องฟรีสดราย (รุ่น ES-2032) เคลือบตัวอย่างด้วยอนุภาคทองคำและศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Hitachi Model S-3700N) ศึกษาลักษณะภายนอกของใบข้าว ต้นข้าว เมล็ดที่กำลังเพาะ 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง และเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิ 105 ที่งอกและทำให้แห้ง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะโครงสร้างของต้นข้าวอินทรีย์ภายใต้การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าผิวใบด้านนอกมีสารคิวตินฉาบ ชั้นของคิวตินนี้เรียกว่าคิวติเคิล (cuticle) ผิวใบด้านบนหรือด้านหลังใบ (ventral) หรือ adaxial epidermis มีตุ่มขนาดเล็ก (small papilla) และตุ่มขนาดใหญ่ (large papilla) เรียงเป็นแถวเต็มพื้นผิวใบ และมีขนสั้น (bristle) ปรากฏอยู่ ผิวใบด้านล่างหรือด้านท้องใบ (dorsal) หรือ abaxial epidermis มีตุ่มขนาดเล็กและใหญ่เช่นเดียวกับด้านหลังใบ นอกจากนี้ ยังมีขนยาว (hair) กระจัดกระจายเต็มท้องใบ สลับกับแถวของขนสั้น (bristle) สลับกับปากใบ (Figure 1)

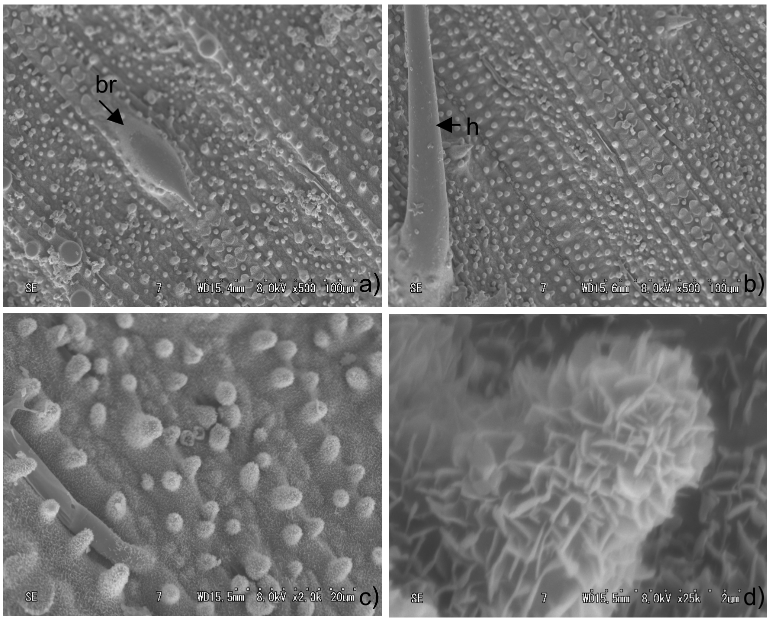


Figure 1 Appearance of upper and lower epidermis of leave by SEM
a) ventral b) dorsal c) small and large papilla d) small papilla at x25,000
br : bristle, h : hair

ลำต้นตัดตามขวางของข้าวอินทรีย์ มีช่องหรือโพรงอากาศขนาดใหญ่ (Figure 2) รากของข้าวอินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นรากแขนง (fibrous root) เกิดจากบริเวณข้อและปล้องของลำต้นที่แตกกอออกไป ลำต้นที่แตกกอของข้าว (tillers) จะเจริญออกไปด้านซ้ายและขวา และยังคงเชื่อมติดกับลำต้นหลักที่อยู่ตรงกลาง บริเวณโคนต้นของลำต้นที่แตกกอ เมื่อตรวจสอบด้วย SEM ไม่พบว่ามีตาข้าง (axillary buds) หรือจุดกำเนิดของตาข้างอยู่รอบโคนต้น และไม่ปรากฏการเจริญเติบโตของลำต้นใต้ดินอย่างต่อเนื่องในแนวนอน ซึ่งแตกต่างจากการแตกกอของลำต้นใต้ดิน (rhizome) ของพืชชนิดอื่นๆ เช่น หน่อไม้ฝรั่ง ซึ่งมีทิศทางการเจริญของลำต้นใต้ดินอย่างต่อเนื่องในแนวนอนเพราะมีการสร้างตาใหม่ (Duangpaeng และคณะ, 2002) Hanada (1993) อธิบายว่าลำต้นข้าวแตกกอจากบริเวณซอกใบ (axils) กล่าวคือระหว่างใบและลำต้นหลัก (main stem) จำนวนหน่อที่ต้นข้าวสามารถแตกกอได้ใน 1 ฤดูปลูก ขึ้นอยู่กับจำนวนตา (tiller buds) ที่ลำต้นหลักสร้างขึ้น และข้าวมักจะแตกกอได้รวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต และมีรูปแบบจำนวนลำต้นแตกกอเป็น S-shape เมื่อเข้าสู่ระยะแตกกอสูงสุด จำนวนต้นอาจลดลงเนื่องจากมีลำต้นตาย ดังนั้นการกระตุ้นให้ข้าวแตกกอควรทำในระยะแรกของ

การเจริญเติบโตเท่านั้น ไม่ควรเลยระยะแตกกอสูงสุด อรรจนา และ วัลยา (2550) ได้รายงานว่าข้าวพันธุ์ กข. 6 ที่ปลูกด้วยระบบเกษตรอินทรีย์มีจำนวนหน่อเฉลี่ยต่อกอสูงกว่าข้าวที่ผลิตในระบบเกษตรเคมี ในระบบการปลูกของเกษตรอินทรีย์ หลังจากปักดำ 1-2 สัปดาห์ เกษตรกรได้ใส่น้ำหนักชีวภาพจากหอยเชอรี่เพื่อเร่งการแตกกอ ดังนั้น การศึกษาผลของปัจจัยในระบบเกษตรอินทรีย์ที่ส่งเสริมให้ข้าวแตกกอจึงควรดำเนินการวิจัยต่อไป

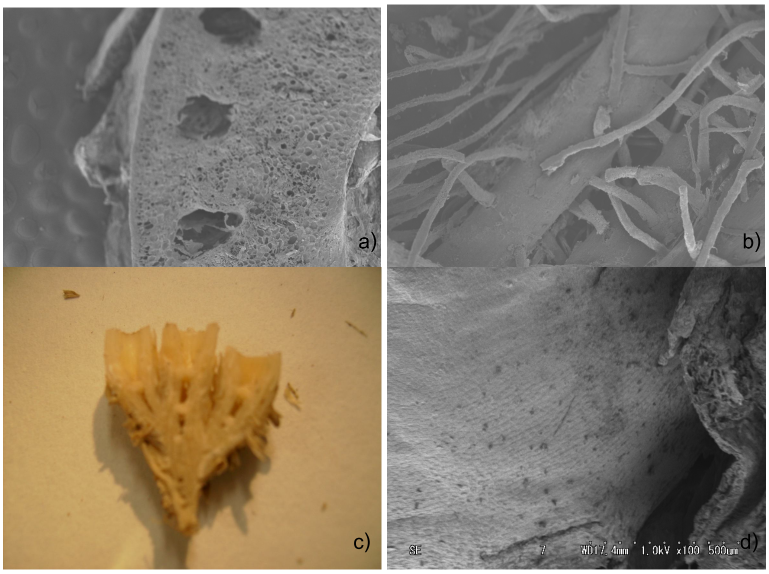


Figure 2 Stem and root of organic rice a) cross section stem b) fibrous root c) rice tillering d) tillers without bud initiation

เมล็ดข้าวหอมมะลิ 105 อินทรีย์ ประกอบไปด้วยเปลือกหุ้มเมล็ด (husk) เนื้อเยื่อหุ้มเมล็ด (pericarp และ seed coat) ชั้นอะลูโรน (aleurone layer) เนื้อเยื่อที่เก็บแป้ง (starch storage tissue) และต้นอ่อน (embryo) ภายในเนื้อเยื่อที่เก็บแป้งประกอบไปด้วยเซลล์ที่รูปร่างหลายเหลี่ยม ข้างในมีเม็ดแป้ง (starch grain) สอดคล้องกับ อรอนงค์ (2550) ได้กล่าวถึงเม็ดสตาร์ชหรือเม็ดแป้งที่อัดแน่นอยู่ในเนื้อเยื่อพาเรนไคมาของเนื้อข้าว ในการวิจัยนี้เมื่อนำเมล็ดข้าวกล้องมาเพาะให้งอกพบว่าเนื้อเยื่อผิวชั้นนอกของเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดบางส่วนหายไป เนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดแตกเป็นรอยร้าว หลังจากเพาะ 24 ชั่วโมงพบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อของต้นอ่อน มีการขยายขนาดและเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ข้าวกล้องหอมมะลิงอกแล้วพบว่ามีเม็ดแป้งหลุดออกมาจากเนื้อเยื่อที่เก็บสะสมแป้งที่อยู่ขอบเมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับ Matsuo และ Hoshikawa (1993) กล่าวถึงเมื่อเมล็ดกำลังงอก อาหารสะสมในเนื้อเยื่อจะถูกย่อยหลุดออกมาเพื่อนำไปเลี้ยงต้นที่กำลังงอก เมล็ดข้าวหอมมะลิแดงที่งอกแล้วและผ่านการนึ่งและทำให้แห้งก็พบรอยแตกร้าวของเมล็ดเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดเช่นเดียวกัน (Figure 3)

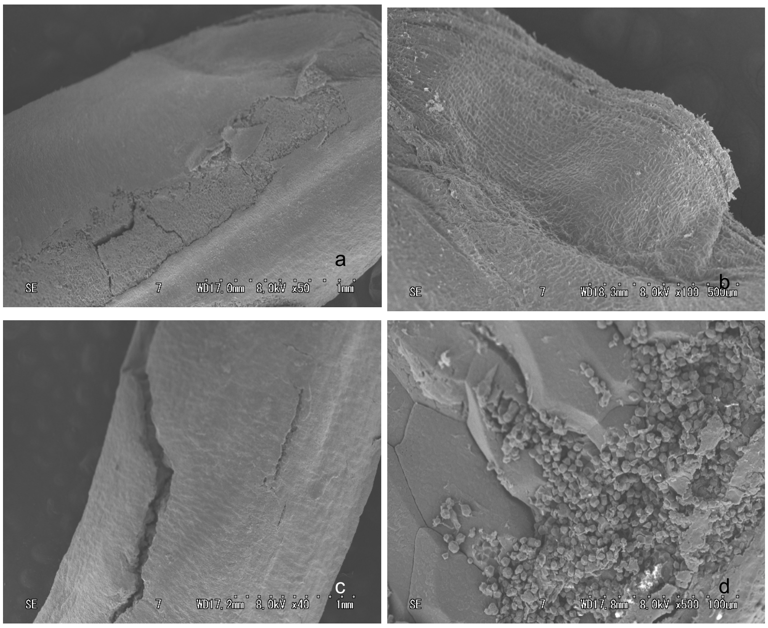


Figure 3 Germinated brown rice a) broken in germinated brown rice var. KDML 105
b) germinated embryo of brown rice var. KDML 105
c) broken tissue at seed coat of germinated brown rice var. Man Poo.
d) starch grain of germinated brown rice var. KDML 105

สรุปผล

ผิวใบมีชั้นของคิวติเคิล มีตุ่มขนาดเล็กและใหญ่ ขนสั้นและยาวอยู่บนผิวใบทั้งด้านหลังใบและท้องใบ ลำต้นตัดตามขวางมีช่องอากาศขนาดใหญ่ รากเป็นรากแขนง เมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิอินทรีย์ เมื่อนำมาเพาะให้งอกพบว่าเนื้อเยื่อผิวชั้นนอกของเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดบางส่วนหายไปและแตกเป็นรอยร้าว เนื้อเยื่อของต้นอ่อนขยายขนาดและเปลี่ยนแปลงรูปร่าง มีเม็ดแป้งหลุดออกมาจากเนื้อเยื่อที่เก็บสะสมแป้งที่อยู่บริเวณขอบเมล็ดที่งอกแล้ว

คำขอบคุณ

โครงการแลกเปลี่ยนบุคลากรระหว่างสถาบันอุดมศึกษาไทยกับต่างประเทศ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และ Prof. Dr. Nobuyuki Okuda, Faculty of Agriculture, Kagawa University สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการศึกษาตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด (SEM)

เอกสารอ้างอิง

อรรจนา ด้วงแพง และ วัลยา อุตโรกุล, 2550, วิจัยและพัฒนาการผลิตข้าวอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี: การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นข้าวภายใต้การผลิตแบบเกษตรอินทรีย์และใช้สารเคมี, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 38(6)(พิเศษ), 307-309.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550, ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 366 หน้า.

Duangpaeng, A., Fujime, Y., Okuda, N., Suzuki, H. and Matsui, T., 2002, Initiation Pattern and Morphological Structures of Asparagus Buds, Acta Horticulturae: Proceedings of the Tenth International Asparagus Symposium, 589: 303-310.

Hanada, K., 1993, Tillers, Science of the Rice Plant: Morphology, Nobunkyo, Tokyo.

Matsuo, T. and Hoshikawa, K., 1993, Science of the Rice Plant: Morphology, Nobunkyo, Tokyo.

การประเมินจำนวนประชากรของแมลงวันผลไม้ , *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ณ ตำบลตรอกนอง

The Population Estimation of the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) at Troknong Sub-District

วณิช ลิ่มโอภาสมณี[1] ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์[1] ทศพล แทนนรินทร์[1] ประพนธ์ ปราณโสภณ[1] สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ [1]และ สาธิต วงษ์ชีรี[1]

Limophasmanee, W.[1], Kongratarporn, T.[1], Tannarin T.[1], Pransopon, P.[1], Segsarnviriya, S.[1] and Vongcheeree S.[1]

Abstract

The population and distribution of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) at Troknong sub-district , Klung district, Chantaburi Province had studied using mark and recapture method from May to June in 2008. The objective of these studies was to get data for planning and evaluation the success of the area-wide control of fruit fly by using integrated sterile insect technique with other controls. The results were found that the highest population of fruit fly was 665,408 flies, average 41,558 flies/Km^2. The fruit fly distributed in clump pattern at host plant area and near border which closed to Wangsupparod and Cheung sub-district. The sterile and marked flies dispersed farther than the unmarked flies (natural flies) and the mean of survival rate of sterile and marked flies during the study period was 0.7768 .

Keywords: fruit fly, population, distribution

บทคัดย่อ

การศึกษาจำนวนประชากรและการกระจายตัวของแมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis* (Hendel))ที่ตำบลตรอกนอง อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน 2551 โดยวิธีการทำเครื่องหมายและจับกลับ เพื่อนำข้อมูลการศึกษามาใช้ในการวางแผนและประเมินผลสัมฤทธิ์ในการควบคุมแมลงวันผลไม้แบบพื้นที่กว้างโดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันร่วมกับวิธีการอื่น พบว่าประชากรแมลงวันผลไม้สูงสุดในพื้นที่ตำบลตรอกนองประมาณ 665,408 ตัว เฉลี่ย 41,558 ตัว/ตารางกิโลเมตร แมลงกระจายตัวเป็นแบบกลุ่มตามแหล่งพืชอาศัยและใกล้แนวต่อกับตำบลวังสรรพรสและซึ้ง แมลงวันผลไม้ที่ทำหมันและทำเครื่องหมายมีการกระจายตัวได้ดีกว่าแมลงวันที่ไม่ทำเครื่องหมาย(แมลงในธรรมชาติ) และมีอัตราการอยู่รอดเฉลี่ย 0.7768 ในช่วง 26 วันที่ทำการศึกษา

คำสำคัญ: แมลงวันผลไม้ ประชากร การกระจายตัว

บทนำ

แมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของการปลูกไม้ผลในประเทศไทย มีพืชอาศัยทั้งที่ปลูกเพื่อการค้าและพืชป่ากว่า 100 ชนิด นอกจากแมลงวันผลไม้จะวางไข่และหนอนที่ฟักออกมากัดกินในผลไม้ ทำความเสียหายโดยตรงแล้ว ประเทศต่างๆยังใช้เป็นข้อกีดกันห้ามนำเข้าผลไม้จากประเทศที่เป็นแหล่งระบาดของแมลงวันผลไม้ หรือบังคับให้ใช้วิธีการต่างๆ เช่น การอบไอน้ำ การฉายรังสี การรมด้วยสารเคมี กำจัดแมลงวันผลไม้ก่อนที่จะอนุญาตให้นำเข้าผลไม้ เกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นที่เพาะปลูกไม้ผลน้อย เมื่อมีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงวันผลไม้ในสวน แมลงจะบินหนีไปหลบตามพืชใกล้ที่อยู่อาศัยหรือพืชป่าหรือแปลงปลูกที่อยู่ใกล้ๆ ทำให้การควบคุมกำจัดแมลงวันผลไม้ไม่ค่อยได้ผลนัก จากการที่กลุ่มผู้นำเกษตรกรตำบลตรอกนอง อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ได้รับการอบรมการควบคุมกำจัดแมลงวันผลไม้โดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมัน (โครงการคลินิกเทคโนโลยี) ได้ร่วมกันจัดตั้งกลุ่มต่อต้านแมลงวันผลไม้ขึ้นเพื่อดำเนินกิจกรรมกำจัดแมลงวันผลไม้และขอการสนับสนุนมาที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ทางสถาบันฯจึงตั้งโครงการควบคุมกำจัดแมลงวันผลไม้แบบพื้นที่กว้างโดยใช้แมลงวันผลไม้ที่เป็นหมันร่วมกับวิธีการอื่นๆ เพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในพื้นที่ตำบลตรอกนอง การประเมินจำนวนประชากรของแมลงเป็นกิจกรรมหนึ่งในโครงการนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจำนวนประชากรของแมลงวันผลไม้ในพื้นที่เพื่อ ใช้ในการวางแผนและประเมินความสำเร็จในการควบคุมกำจัดแมลง

[1] **สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ 3 ตำบลทรายมูล อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120**

[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organiztion) 9/9 Moo 3 , Tambon Saimoon, Amphur Ongkharak, Nakhonnayok 26120

อุปกรณ์และวิธีการ

การทำเครื่องหมายและการจับกลับ (Marking and Recapture)

แมลงวันผลไม้ที่ใช้ในการทดลองนี้เก็บรวบรวมหนอนจากผลไม้ที่ถูกแมลงวันผลไม้ทำลายในตำบลตรอกนอง อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี มาเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ในโรงเพาะเลี้ยงแมลงที่ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ด้วยอาหารเทียม ที่อุณหภูมิ 27 $\pm$ 1 $^{\circ}$ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 60 % ทำเครื่องหมายแมลงโดยคลุกดักแด้แมลงวันผลไม้อายุ 2 วันก่อนออกเป็นตัวเต็มวัยด้วยผงสีสะท้อนแสง (สีส้ม) ในอัตราผงสี 2 กรัมต่อดักแด้ 1,000 ลบ.ซม. เครื่องทำเครื่องหมายแมลงและบรรจุในถุงพลาสติก ถุงละ 800 ลบ.ซม. หลังจากนั้นนำไปฉายรังสีด้วยเครื่องฉายรังสี Gammacell-220 ที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์ นำดักแด้มาใส่ในกรงปล่อยแมลงเพื่อให้ออกเป็นตัวเต็มวัย ให้น้ำตาลผสมด้วยโปรตีนไฮโดรไลเซท และน้ำเป็นอาหารตัวเต็มวัย เมื่อแมลงอายุ 5-6 วัน นำไปปล่อยที่จุดที่กำหนดไว้ ในพื้นที่ทดลอง จำนวนแมลงที่ปล่อยในแต่ละสถานีศึกษาสรุปไว้ใน Table 1

Table 1 Number of released flies (*B. dorsalis* (Hendel)) at released stations in Troknong sub-district.

Released station	No. of pupae (cc.)	No. of pupae per /cc.	% adult eclosion	Sex ratio (male:female)	No. of flies
A	1600	46.9	86.62	1:0.98	28728
B	1600	46.9	86.62	1:0.98	30248
C	1600	46.9	86.62	1:0.98	29858
D	800	46.9	86.62	1:0.98	15204
E	800	46.9	86.62	1:0.98	15104

การดักจับแมลงใช้กับดักแมลงวันผลไม้แบบ Steiner trap ที่ใส่สารเมทิลยูจีนอลผสมกับสารฆ่าแมลง (มาลาไธออน) ในอัตรา 3:1 ดักจับแมลงตามจุดต่างๆดังใน Fig. 1 ตัวอย่างแมลงที่ดักจับได้จะนำตรวจสอบทุก 2 วันตลอดระยะเวลา 14 วัน โดยเริ่มวางกับดักหลังจากปล่อยแมลงไป 1 สัปดาห์

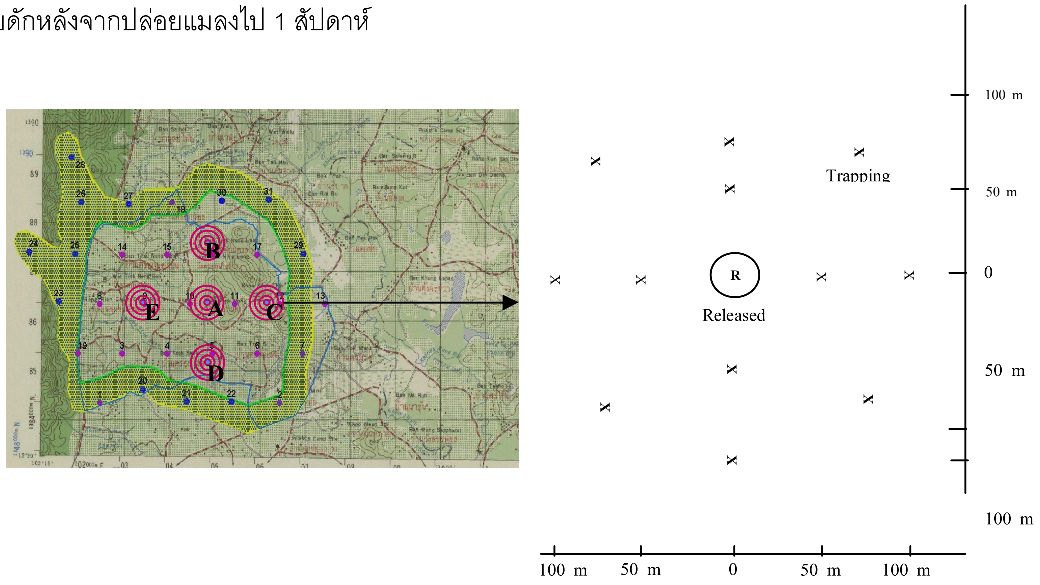


Figure 1 Map of survey station and position of released point and traps in each station.

พื้นที่การทดลอง

ได้ศึกษาจำนวนประชากรของแมลงวันผลไม้, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในตำบลตรอกนอง อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 16,200 ไร่ ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน พ.ศ. 2551 โดยกำหนดพื้นที่สำหรับศึกษา

จำนวนประชากรแมลงเป็น 5 สถานี แต่ละสถานีห่างกัน 1.5 กิโลเมตร (Fig. 1) ครอบคลุมพื้นที่สวนผลไม้ ได้แก่มังคุด ทุเรียน ลองกอง เงาะ บริเวณที่อยู่อาศัยและพื้นที่ว่างเปล่า หลังจากปล่อยแมลงที่ทำเครื่องหมาย 1 สัปดาห์ ได้ติดตั้งกับดักจำนวน 13 กับดัก/สถานี โดยกับดักห่างจากจุดปล่อยในระยะ 50 และ 100 เมตร ในแนวทิศเหนือ ใต้ ตะวันออกและตะวันตก และในระยะ 100 เมตรในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้ ตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ (ครอบคลุมพื้นที่ 0.49 ตารางกิโลเมตร) เก็บตัวอย่างแมลงจากกับดักมาแยกชนิดและตรวจสอบเครื่องหมายด้วยหลอด black light ทุก 2 วัน

ผลการทดลอง

ผลการตรวจสอบจำนวนแมลงวันผลไม้ทั้งหมดและแมลงที่ทำเครื่องหมายที่จับได้จากกับดัก (Table 2) จำนวนแมลงที่ดักจับได้มากในสถานีศึกษา A และ B จำนวนแมลงที่ดักจับได้น้อยในสถานี ศึกษา E จำนวนแมลงที่ทำเครื่องหมายและไม่ทำเครื่องหมายที่ดักจับได้มีจำนวนมากในวันแรกแล้วลดลงในวันต่อมา แต่ในบางจุดจำนวนแมลงเพิ่มขึ้นในช่วงที่ดักจับ 2 ครั้งสุดท้าย ในสถานีศึกษา A, C, D และ E แมลงที่ดักจับได้ในวันแรกเป็นแมลงที่มีเครื่องหมายมากกว่าแมลงที่ไม่มีเครื่องหมาย ส่วนสถานีศึกษา B แมลงที่จับได้ในวันแรกเป็นแมลงที่ไม่มีเครื่องหมายมากกว่าที่มีเครื่องหมาย

คำนวณหาจำนวนประชากรของแมลงวันผลไม้ในตำบลตรอกนอง ช่วงเดือนพ.ค.-มิ.ย. 2551 ด้วยวิธีของ Ito (1973) จำนวนประชากร อัตราการอยู่รอดและเปอร์เซ็นต์การจับกลับได้ของแมลงวันผลไม้ ในตำบลตรอกนอง ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน 2551 แสดงใน Table 3 สถานีศึกษา B มีประชากรแมลงมากที่สุด 130,139 ตัว/ตารางกิโลเมตร และสถานีศึกษา E มีประชากรแมลงน้อยที่สุด 10,460 ตัว/ ตารางกิโลเมตร เฉลี่ย 41,558 ตัว/ตารางกิโลเมตร ในช่วงการทดลองแมลงมีอัตราการอยู่รอดเฉลี่ย 0.7768 และมีอัตราการจับกลับได้เฉลี่ย 3.011 %

Table 2 Numbers of unmarked and marked flies caught in the station

Released station \ Date		30/5	1/6	3/6	5/6	7/6	9/6	11/6	13/6
A	Unmarked flies	733	241	247	170	178	196	294	34
	Marked flies	801	128	45	34	11	23	12	61
B	Unmarked flies	1443	836	479	466	555	493	866	14
	Marked flies	729	116	31	24	13	30	13	50
C	Unmarked flies	178	61	49	45	48	39	66	30
	Marked flies	426	73	16	21	2	5	1	53
D	Unmarked flies	316	92	85	81	87	72	139	26
	Marked flies	356	70	23	18	9	14	11	63
E	Unmarked flies	176	110	73	58	79	75	99	33
	Marked flies	186	40	6	2	0	2	0	87

Table 3 Estimation of population parameters

Released station	Population ($N_{i(0)}$)	Survival rate (S)	% Reacpature (R)
A	17,631	0.6729	3.8812
B	130,139	0.6234	3.3258
C	34,627	0.9313	1.9994
D	14,934	0.9679	3.7095
E	10,460	0.6885	2.1385
Mean	41,558	0.7768	3.0109

การกระจายตัวของแมลงวันผลไม้ I_δ , index of aggregation คำนวณตามวิธี Morisita's Index (Poole 1974) ในตำบลตรอกนอง ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน 25551 แสดงใน Table 4 ที่สถานีศึกษา B แมลงที่มีเครื่องหมายมีการกระจายน้อยกว่าแมลงที่ไม่ทำเครื่องหมาย (ค่า I_δ ของแมลงที่ทำเครื่องหมายและไม่ทำเครื่องหมาย เท่ากับ 1.872 และ 1.668)

แต่ที่สถานีศึกษา A, C, D และ E แมลงที่ทำเครื่องหมายมีการกระจายตัวมากกว่าแมลงที่ไม่ทำเครื่องหมาย (ค่า I_δ ของแมลงที่ทำเครื่องหมายและไม่ทำเครื่องหมาย เท่ากับ 1.446 และ 1.513 และ 1.280 และ 1.534 และ 1.671 และ 2.435 และ 1.438 และ 1.456 ตามลำดับ) แมลงที่ทำเครื่องหมายมีการกระจายตัวเป็นแบบกลุ่ม ที่มีจำนวนไม่แตกต่างกันในทิศทางต่างๆ ที่สถานีศึกษา A, B, C, D และ E เช่นเดียวกับแมลงที่ทำเครื่องหมายที่มีการกระจายตัวเป็นแบบกลุ่ม ที่มีจำนวนไม่แตกต่างกันในทิศทางต่างๆ ที่สถานีศึกษา A และ D แต่แมลงที่ไม่ทำเครื่องหมายกระจายตัวแบบกลุ่ม ที่มีจำนวนแมลงในบางทิศมากกว่าในทิศอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่สถานีศึกษา B, C และ E

Table 4 Distribution of fruit fly, *B. dorsalis* (Hendel) in Troknong sub-district in May-June 2008.

Released Station	I_δ		No. of caught flies							
	IR	NIR	North	East	West	South	North east	South east	South west	North west
A	1.446	1.513	209[1](479[2])	107(241)	206(428)	175(231)	45(108)	214(185)	65(136)	66(198)
B	1.872	1.669	130(786b[3])	349(1658a)	184(657b)	18(355b)	47(373b)	146(483b)	70(286b)	23(256b)
C	1.280	1.534	42(34d)	105(81bc)	113(127a)	152(95ab)	32(28d)	52(52cd)	32(38d)	29(33d)
D	1.671	2.435	128(286)	136(133)	96(125)	18(45)	17(26)	57(77)	29(52)	59(115)
E	1.438	1.456	81(158a)	14(96bc)	39(110ab)	44(144ab)	28(53cd)	15(26d)	40(37d)	53(45d)

[1] number of marked flies, [2] number of unmarked flies
[3] number within the same row followed by the same letter is not significant difference at 5 % level according to DMRT
IR = marker insect, NIR = non marker insect

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาจำนวนประชากรของแมลงวันผลไม้ในพื้นที่ควบคุมกำจัดแมลงโดยวิธีการใช้แมลงที่เป็นหมันด้วยรังสีร่วมกับวิธีการอื่นๆ ในตำบลตรอกนอง อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 16,200 ไร่ ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน 2551 ซึ่งเป็นช่วงที่มีประชากรแมลงสูงในรอบปี ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดจุดศึกษา 5 สถานี เพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษาจำนวนประชากรของแมลงทั้งพื้นที่ จำนวนแมลงที่ไม่มีเครื่องหมายที่จับได้มีจำนวนมากในวันแรกที่ดักจับและในช่วงที่เหลือจำนวนแมลงไม่แตกต่างกันมากซึ่งจะแตกต่างกับแมลงที่มีเครื่องหมายที่จะลดลงตามจำนวนครั้งที่ดักจับแมลง แสดงว่าการสุ่มจับแมลงมาตรวจสอบไม่มีผลกระทบต่อจำนวนแมลงในธรรมชาติ จากการคำนวณจำนวนประชากรของแมลงวันผลไม้พบว่าที่สถานีศึกษา B มีประชากรแมลงมากที่สุด 130,139 ตัว/ตารางกิโลเมตร และที่สถานีศึกษา E มีประชากรแมลงน้อยที่สุด 10,460 ตัว/ตารางกิโลเมตร เฉลี่ยทั้งพื้นที่ 41,558 ตัว/ตารางกิโลเมตร ในช่วงการทดลอง 26 วัน แมลงมีอัตราการอยู่รอดเฉลี่ย 0.7768 และเปอร์เซ็นต์การจับกลับได้เฉลี่ย 3.011 % ทุกสถานีศึกษายกเว้นที่สถานีศึกษา B แมลงที่มีเครื่องหมายมีการกระจายตัวมากกว่าแมลงที่ไม่ทำเครื่องหมาย โดย แมลงที่ทำเครื่องหมายมีการกระจายตัวเป็นแบบกลุ่ม ที่มีจำนวนไม่แตกต่างกันในทิศทางต่างๆ แต่แมลงที่ไม่ทำเครื่องหมายมีการกระจายตัวแบบกลุ่ม ที่มีจำนวนแมลงในทิศมากกว่าในทิศอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่สถานีศึกษา B,C และ E

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณมานนท์ สุตันทวงษ์ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านกีฏวิทยารังสี ที่ให้คำปรึกษาในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Ito, Y., 1973, A Method to Estimation a Minimum Popualtion Density with a Single Reacpture Census, Researches on Population Ecology, p. 159-168.

Poole, R.W., 1974, Morisita's Index of Aggregation, An Introduction to Quantitative Ecology, The McGraw Hill Companies Inc, USA, p. 116-117.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 197-200 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 197-200 (2552)

การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อทดสอบความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ

A Study of the Appropriate Methods for Germination and Vigor Test in *Jatropha curcas* Seeds.

ธัญลักษณ์ มณีวรรณ[1] **สุนันทา จันทกูล**[1] **วันชัย จันทร์ประเสริฐ**[1] **และ สุเทวี ศุขปราการ**[2]

Maneewan, T. [1], Juntakool, S.[1], Janprasert, W.[1] and Suprakarn, S.[2]

Abstract

The objective of this study was to evaluate a suitable procedure of germination and vigor test for *Jatropha curcas* seeds. For the germination test, seeds were germinated by between paper (BP) and sand at 25, 30 ºC and room temperature. The results showed that the highest germination percentages were obtained from seed germinated in sand. While in vigor test, seeds were tested by accelerated aging test at 42 and 45 ºC for 24, 48, 72 and 96 hours. It was found that the accelerated aging regime 45ºC for 48 hours provided highly correlated with field emergence. Results indicated that the germination test in *Jatropha curcas* seeds, sand is appropriate substrate, for seed vigor was also determined by accelerated aging test, the result recommend by exposing *Jatropha curcas* seeds at 45ºC for 48 hours.

Keywords: *Jatropha curcas* seed, germination test, vigor test

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการตรวจสอบความงอกและความแข็งแรงที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ ในการทดสอบความงอก ทดลองโดยเพาะเมล็ดสบู่ดำด้วยกระดาษเพาะแบบ between paper และการเพาะด้วยทรายที่อุณหภูมิ 25, 30 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเมล็ดสบู่ดำที่เพาะด้วยทรายให้ความงอกสูงสุด สำหรับการทดสอบความแข็งแรง ทดลองโดยเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 42 และ 45 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงพบว่า การเร่งอายุที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับความงอกในสภาพไร่สูงสุด ดังนั้นในการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำควรใช้ทรายเป็นวัสดุเพาะ สำหรับการทดสอบความแข็งแรงโดยการเร่งอายุนั้นพบว่าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับเร่งอายุเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ

คำสำคัญ: เมล็ดพันธุ์สบู่ดำ การทดสอบความงอก การทดสอบความแข็งแรง

คำนำ

สบู่ดำ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha curcas* L. อยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae (Linnaeus, 1753) เช่นเดียวกับยางพารา ละหุ่ง และ มันสำปะหลัง เป็นพืชที่เจริญเติบโตเร็ว ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี น้ำมันของเมล็ดสบู่ดำมีศักยภาพสามารถนำมาใช้แทนน้ำมันดีเซลได้ โดยเฉพาะกับเครื่องจักรกลการเกษตร เรือประมงที่มีรอบความเร็วต่ำ จากคุณสมบัติของน้ำมันสบู่ดำที่ไม่สามารถนำมารับประทานได้ จึงทำให้ไม่มีการแข่งขันในการผลิตเป็นอาหาร

การขยายพันธุ์สบู่ดำโดยใช้เมล็ดพันธุ์นั้น คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรก เพื่อให้ทราบถึงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ดี วิธีการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์มีข้อกำหนดและกฎเกณฑ์ระบุไว้ในกฎการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์นานาชาติ โดยมีกฎเกณฑ์ที่ใช้กันอยู่ 2 ระบบ คือ International Rules for Seed Testing บัญญัติโดยสมาคมผู้ตรวจสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (International Seed Testing Association; ISTA) และ Rules for Testing Seeds บัญญัติโดยสมาคมผู้ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (Association of Official Seed Analysts; AOSA) สำหรับเมล็ดพันธุ์สบู่ดำนั้นยังไม่มีคำแนะนำในการตรวจสอบความงอกและความแข็งแรงจากทั้ง 2 สมาคม (จวงจันทร์, 2529) การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ

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

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

[2] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ** 10900

[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดสอบความงอก

ทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำจำนวน 5 accessions ด้วยวิธีการเพาะแบบ between paper (BP) และการเพาะในทราย (sand) ที่อุณหภูมิ 25, 30 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการทดสอบความงอกเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ (0 เดือน) แล้วทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน จากนั้นสุ่มเมล็ดออกมาทดสอบความงอกในแต่ละเดือน เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ตอบสนองต่อวิธีการและอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบความงอก

ในการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ทำการทดสอบ 4 ซ้ำ/ตัวอย่าง แต่ละซ้ำใช้เมล็ดพันธุ์ 50 เมล็ด ประเมินผลโดยนับจำนวนต้นกล้าปกติทุกวันหลังจากเพาะเมล็ด แล้วนำจำนวนต้นกล้าปกติที่ได้จากการประเมินผลไปคำนวณหาความงอก (%) และระยะเวลาเฉลี่ยของการงอก (mean germination time, MGT) ของเมล็ดพันธุ์ เพื่อใช้คำนวณทางสถิติต่อไป

การทดสอบความแข็งแรง ของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการเร่งอายุเมล็ด

ทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำจำนวน 5 accessions ด้วยวิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 42 และ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดด้วยการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ โดยทำการเปรียบเทียบความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพไร่ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความงอกของเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุด้วยวิธีต่างๆกับความงอกในสภาพไร่

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ ด้วยวิธีการ BP และการเพาะในทราย ที่อุณหภูมิ 25, 30 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง (Table1) พบว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นและความงอกของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำที่เพาะในทรายงอกได้ดีกว่าการเพาะด้วยวิธี BP ในทุกช่วงอายุของการเก็บรักษา สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบความงอกของเมล็ดนั้นพบว่า อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ด และเมื่อพิจารณาระยะเวลาเฉลี่ยของการงอกของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำพบว่า วิธีทดสอบความงอกโดยการเพาะในทรายมีระยะเวลาเฉลี่ยของการงอกน้อยกว่าการทดสอบความงอกด้วยวิธีการ BP ในทุกช่วงอายุของการเก็บรักษา และเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบพบว่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง มีระยะเวลาเฉลี่ยของการงอกไม่แตกต่างกันและมีระยะเวลาเฉลี่ยของการงอกน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ทดสอบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในทุกช่วงอายุของการเก็บรักษา เนื่องจากอุณหภูมิที่ทดสอบความงอกมีผลต่ออัตราการดูดน้ำของเมล็ดในระยะ imbibitions โดยที่อุณหภูมิสูงนั้นจะทำให้เมล็ดดูดน้ำได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนั้นอุณหภูมิที่สูงในระดับที่เหมาะสมยังช่วยให้การทำงานของเอนไซม์และปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นได้เร็วกว่าอุณหภูมิที่ต่ำ (Copland และ McDonald, 1995)

อย่างไรก็ตาม กฎการทดสอบของ ISTA (2006) ได้แนะนำวิธีการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ละหุ่งซึ่งเป็นพืชในวงศ์เดียวกับสบู่ดำไว้ว่า สามารถทดสอบได้ทั้งวิธีการเพาะแบบ between paper และ การเพาะในทราย ที่อุณหภูมิสลับ 20-30 องศาเซลเซียส แต่ในการทดสอบเมล็ดพันธุ์สบู่ดำนั้นผลการทดลองพบว่า การเพาะในทรายเมล็ดสบู่ดำสามารถงอกได้ดีกว่าและมีระยะเวลาเฉลี่ยของการงอกน้อยกว่าเมล็ดที่เพาะด้วยวิธีการ BP

สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบนั้น จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องทำให้เมล็ดงอกได้เร็วที่สุด และการทดสอบที่อุณหภูมิทั้ง 2 ระดับนี้ยังสามารถจัดหาตู้เพาะเมล็ดได้ง่ายกว่าอุณหภูมิสลับ ดังนั้นการเลือกใช้ระดับอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบนั้นในกรณีที่ไม่สามารถจัดหาตู้ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสได้ สามารถใช้อุณหภูมิห้องในการทดสอบแทนได้เนื่องจากให้ผลการทดสอบที่ไม่แตกต่างกัน

การทดสอบความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุสามารถใช้ได้กับเมล็ดพันธุ์หลายชนิด (McDonald และคณะ,1978) แต่มีข้อจำกัดคือ อุณหภูมิ ระยะเวลาที่ใช้เร่งอายุ และจำนวนตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้ผลของความงอกและความชื้นภายในเมล็ดแตกต่างกันไปด้วย (Hampton และ TeKrony, 1995) จากการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ 5 accession ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน ด้วยการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 42 และ 45 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุมาทดสอบความงอก เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างความงอกของเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุกับความงอกในสภาพไร่ (Table 2) พบว่าการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสนาน 48 ชั่วโมง มีความสัมพันธ์กับความงอกในสภาพไร่สูงสุด

Table 1 Germination (%) and mean germination time (days) of physic nut seed tested at different temperature and Methods.

Treatment	Germination (%)			MGT(day)		
	0 month	3 month	6 month	0 month	3 month	6 month
Methods						
Sand	89.56a[1/]	87.83a	75.73a	5.80b	6.26b	6.35b
BP	84.77b	82.37b	73.37b	5.86a	6.51a	6.52a
F-test	**	**	**	**	**	**
Temperature						
Room	88.50	85.25	74.80	5.51b	6.31b	6.37b
25 ºC	87.71	85.10	74.15	5.89a	6.59a	6.61a
30 ºC	88.38	84.95	74.70	5.43b	6.27b	6.34b
F-test	ns	ns	ns	**	**	**
C.V.%	3.70	3.90	6.02	6.30	5.40	6.20

**: Significant at 95% probability level; ns = Non Significant

[1/]Mean values followed by the same letter in each column are not significantly different at the probability level of 0.05

Table 2 Correlation coefficients of germination percentage between aging and field emergence.

Methods	months						
	0	1	2	3	4	5	6
42ºC 24 hours	0.335^{ns}	0.118^{ns}	0.179^{ns}	0.270^{ns}	0.137^{ns}	0.484^{**}	0.355^{ns}
42ºC 48 hours	0.414^{ns}	0.132^{ns}	0.339^{ns}	0.282^{ns}	0.036^{ns}	0.394^{ns}	0.202^{ns}
42ºC 72 hours	0.487^{**}	0.127^{ns}	0.322^{ns}	0.239^{ns}	0.051^{ns}	0.333^{ns}	0.332^{ns}
42ºC 96 hours	0.489^{**}	0.010^{ns}	0.105^{ns}	0.103^{ns}	0.243^{ns}	0.210^{ns}	0.339^{ns}
45ºC 24 hours	0.542^{**}	0.042^{ns}	0.464^{*}	0.604^{**}	0.473^{*}	0.517^{**}	0.510^{**}
45ºC 48 hours	0.499^{**}	0.547^{ns}	0.505^{**}	0.550^{**}	0.577^{**}	0.618^{**}	0.588^{**}
45ºC 72 hours	0.318^{ns}	0.215^{ns}	0.253^{ns}	0.642^{**}	0.224^{ns}	0.010^{ns}	0.021^{ns}
45ºC 96 hours	0.613^{**}	0.016^{ns}	0.209^{ns}	0.560^{**}	0.040^{ns}	0.270^{ns}	0.088^{ns}

* and ** significant at 95 and 99 % probability levels, respectively

สรุปผล

การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำควรใช้ทรายเป็นวัสดุเพาะที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสโดยการเลือกระดับอุณหภูมิในการทดสอบในกรณีที่ไม่สามารถจัดหาตู้ควบคุมอุณหภูมิได้สามารถเลือกใช้อุณหภูมิห้องในการทดสอบแทน เนื่องจากให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกันสำหรับการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำด้วยวิธีการเร่งอายุ (accelerated aging test) ควรใช้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมงในการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ

เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

Copeland, L.O. and Mc Donald, M.B., 1995, Principles of Seed Science and Technology, Chapman&Hill, New York, 409 p.

ISTA, 1995, Handbook of Vigour Test Methods, Edited by J.G. Hampton and D.M. TeKrony, International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.

Linnaeus,C., 1753, Species plantarum, *Jatropha* pp. 1006-1007, Impensis Laurentii Salvii, Stockholm.

McDonald, M.B., Jr., K.L. Toa, C.C. Baskin, D.F. Grape and J.F. Harrington, 1978, AOSA Vigour Test Subcommittee Report, Association of Official Seed Analysts Newsletter, 52: 31-42.

ผลการจัดการวิธีการปลูกของสบู่ดำ 3 พันธุ์
Effect of Planting Method Management on Three Jatropha Varieties

นิตยา สมภูงา[1] อิสรา สุขสถาน[1] และสุนันทา จันทกูล[1]
Somphu-nga, N.[1], Sooksathan, I.[1] and Juntakool, S.[1]

Abstract

Field trial of jatropha planting method was conducted during October 2006- september 2008 at National Corn and Sorghum Research center, Pakchong, Nakhon Ratchasima Province. The treatment consisted of 2 methods of planting; from seed or cutting, using 3 selected jatropha varieties; Kamphaengsaen (KPS), KU-BP80 and KU-BP78. Experimental design was randomized complete block with 4 replications. In the first year (2007) and second year (2008) plant height and canopy width of jatropha from seed performed better over those from cutting. For seed yield KU-BP 78 gave highest seed yield in both first and second year with the higher yield than seed planting over that from cutting; 158.31 over 157.63 kg/rai in 1st year and 413.03 over 270.29 kg/rai in 2nd year. KPS variety, gave the low yield, in the same manner as KU-BP78 .The 1st year seed yield were 82.57 kg/rai from seed planting and 77.31 kg/rai from cutting and in 2nd year were 301.00 and 197.75 kg/rai, respectively. On the other hand, KU-BP80 performed better yield from cutting plant over that from seed plant (118.78 over 34.60 kg/rai in 1st year and 209.49 over 165.54 kg/rai in 2nd year respectively.

Keywords: jatropha, planting method, seed, cutting

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบวิธีการปลูกจากเมล็ดและกิ่งพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำ 3 พันธุ์ ได้ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomize completed block มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วยสบู่ดำ 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำแพงแสน (KPS) KU-BP80 และ KU-BP78 จากการทดลองพบว่า ในปีที่1 และ ปีที่ 2 การปลูกด้วยเมล็ดต้นสบู่ดำมีความสูงและทรงพุ่มกว้างมากกว่าที่ปลูกจากกิ่งพันธุ์ทั้ง 3 พันธุ์ สำหรับผลผลิตพันธุ์ KU-BP78 ให้ผลผลิตมากที่สุดทั้ง 2 ปี โดยต้นที่ปลูกด้วยเมล็ดให้ผลผลิตมากกว่าต้นที่ปลูกด้วยกิ่งพันธุ์ คือ ปีที่1 ได้ผลผลิต 158.31 และ 157.63 กก./ไร่ ตามลำดับ ปีที่2 ได้ผลผลิต 413.03 และ 270.29 กก./ไร่ ตามลำดับ และพันธุ์KPS ให้ผลผลิตรองลงมาในทำนองเดียวกันคือ ปีที่1 ได้ผลผลิต 82.54 และ 77.31 กก./ไร่ ตามลำดับ ปีที่ 2 ได้ผลผลิต 301.00 และ 197.75 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ KU-BP80 ต้นที่ปลูกจากกิ่งพันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่าต้นที่ปลูกจากเมล็ดทั้ง 2 ปี คือ ปีที่ 1 ได้ผลผลิต 118.78 และ 34.60 กก./ไร่ ตามลำดับ ปีที่ 2 ได้ผลผลิต 209.49 และ 165.54 กก./ไร่ ตามลำดับ

คำสำคัญ: สบู่ดำ วิธีการปลูก เมล็ด กิ่งพันธุ์

คำนำ

สบู่ดำ (*Jatropha curcas* L.) เป็นไม้พุ่มที่มีความสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ร้อนและแห้งแล้งได้ มีการเจริญเติบโตเร็ว ขยายพันธุ์ได้ทั้งเมล็ดและกิ่งพันธุ์ (Jones และ Miller, 1992) ประยูร (2529) กล่าวว่า พื้นที่ปลูกควรมีการระบายน้ำดี และระยะปลูกกว้างจะให้ผลผลิตสูงกว่าระยะปลูกแคบ เมื่อระยะปลูกลดลงการเติบโตและการให้ผลผลิตจะลดลงเนื่องจากการแก่งแย่งปัจจัยสำหรับการเจริญเติบโตมีผลต่อความสูงและการแตกกิ่งแขนง Kaushik (2003) รายงานว่า เมล็ดสบู่ดำที่ได้จากผลสีเหลืองที่มีอายุ 57 วันหลังดอกบานมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงของต้นกล้าสูงสุด การปลูกสบู่ดำด้วยท่อนพันธุ์ที่มีขนาดความยาว 50 เซนติเมตรขึ้นไปให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกด้วยเมล็ด (บุญอุ้ม, 2532) อย่างไรก็ตามปัจจุบันปัญหาที่พบสำหรับการปลูกสบู่ดำในประเทศไทยคือ สบู่ดำยังให้ผลผลิตต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพันธุ์สบู่ดำที่ปลูกกันโดยทั่วไปเป็นพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ จึงควรมีการวิจัยเพื่อคัดเลือกพันธุ์ของสบู่ดำ ให้เจริญเติบโตเหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ทำให้ได้ผลผลิตสูง มีปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ยังขาดข้อมูลพื้นฐานในการจัดการวิธีการปลูก

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

โดยเฉพาะการปลูกโดยใช้เมล็ดหรือใช้กิ่งพันธุ์ที่น่าจะมีผลต่างกันในพันธุ์สบู่ดำต่างๆ จึงได้ทำการทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการปลูกโดยใช้เมล็ดและกิ่งพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพันธุ์สบู่ดำที่คัดเลือกแล้วของ KU-Biodiesel Project (KU-BP)

อุปกรณ์และวิธีการ

นำต้นกล้าจากเมล็ดและกิ่งพันธุ์สบู่ดำ KPS, KU-BP80 และ KU-BP78 ที่เพาะเตรียมไว้ อายุ 60 วัน ย้ายลงปลูกในแปลงทดลองเดือนตุลาคม 2549 – กันยายน 2551 โดยสภาพอาศัยน้ำฝน ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อ.ปากช่อง จ. นครราชสีมา โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block มี 4 ซ้ำ ระยะปลูก 2×2 เมตร จำนวน 4 แถวต่อแปลงย่อย ใส่ปุ๋ยสูตรเสมอ 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ กำจัดศัตรูพืชและวัชพืชตามความเหมาะสม บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของสบู่ดำทุกเดือนหลังปลูก และผลผลิต น้ำหนัก 100 เมล็ด เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) หาค่า F-test Value ของข้อมูลแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลองโดยใช้วิธี Least Significant Different (LSD)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาวิธีการปลูกสบู่ดำพันธุ์คัดเลือก 3 พันธุ์ ด้วยส่วนที่นำมาปลูก 2 ชนิด คือต้นสบู่จากเมล็ดและกิ่งพันธุ์ พบว่าลักษณะการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของสบู่ดำที่ปลูกด้วยเมล็ดหรือกิ่งพันธุ์ทั้ง 3 พันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 1) คือ ที่อายุ 360 และ 720 วันหลังปลูก ต้นสบู่ดำที่ปลูกด้วยเมล็ดมีความสูงมากกว่าต้นที่ปลูกด้วยกิ่งพันธุ์ โดยพันธุ์ KPS มีความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด 216.48 และ 302.40 เซนติเมตร ตามลำดับ ด้านขนาดของทรงพุ่มมีความกว้างแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่อายุ 360 วันหลังปลูก ต้นที่ปลูกด้วยเมล็ดมีความกว้างทรงพุ่มมากกว่าต้นที่ปลูกด้วยกิ่งพันธุ์ พันธุ์ KU-BP78 มีความกว้างสูงที่สุด 188.00 เซนติเมตร แต่ที่อายุ 720 วันหลังปลูกไม่มีความแตกต่างกัน สอดคล้องกับ อรรถพล และคณะ (2550) ที่พบว่า สบู่ดำที่ปลูกด้วยเมล็ดมีความสูงและทรงพุ่มมากกว่าต้นที่ปลูกจากกิ่งพันธุ์ ต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดมีระบบรากที่แข็งแรงกว่า เนื่องจากมีจำนวนรากมากกว่า ยาวกว่า และเจริญเติบโตได้รวดเร็วเมื่อเทียบกับต้นกล้าที่เพาะกิ่งปักชำที่ต้นกล้าอายุเท่ากัน (บัณฑวรรณ, 2527) เมื่อระบบรากดีแล้วก็จะส่งผลให้การเจริญเติบโตด้านต่างๆดีขึ้นด้วย ทำให้สบู่ดำสามารถหาธาตุอาหารและน้ำได้ดีกว่าต้นที่ปลูกด้วยกิ่ง (Thitithanavanich, 1985)

เมื่อพิจารณาในด้านผลผลิตสำหรับพันธุ์ KPS และ KU-BP78 ต้นที่ปลูกจากกล้าที่เพาะจากเมล็ดและกิ่งพันธุ์ให้ผลผลิตในปีแรกไม่แตกต่างกัน (Table 2) โดยพันธุ์ KU-BP78 ให้ผลผลิตสูงสุด (158.31 กก./ไร่ จากต้นที่ปลูกด้วยเมล็ด 157.63 กก./ไร่ จากต้นที่ปลูกด้วยกิ่งพันธุ์) ส่วนพันธุ์ KU-BP80 ต้นที่ปลูกจากกิ่งพันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่าจากเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (118.78 กก./ไร่ จากต้นที่ปลูกด้วยกิ่งพันธุ์ และ 34.60 กก./ไร่ จากต้นที่ปลูกด้วยเมล็ด)ในปีที่ 2 พันธุ์ KPS และ KU-BP78 ให้ผลแตกต่างจากปีแรกคือ ต้นที่ปลูกจากเมล็ดให้ผลผลิตสูงกว่าต้นที่ปลูกจากกิ่งพันธุ์โดยพันธุ์ KU-BP78 ให้ผลผลิตสูงสุด (413.03 กก./ไร่ จากต้นที่ปลูกด้วยเมล็ด 270.29 กก./ไร่ จากต้นที่ปลูกด้วยกิ่งพันธุ์) ตามด้วยพันธุ์ KPS (301.00 กก./ไร่ จากต้นที่ปลูกด้วยเมล็ด 197.75 กก./ไร่ จากต้นที่ปลูกด้วยกิ่งพันธุ์) ส่วนพันธุ์ KU-BP80 ต้นที่ปลูกจากกิ่งพันธุ์ยังคงให้ผลผลิตสูงกว่าต้นที่ปลูกจากเมล็ดเหมือนเดิม (209.49 กก./ไร่ จากต้นที่ปลูกด้วยกิ่งพันธุ์ 165.54 กก./ไร่ จากต้นที่ปลูกด้วยเมล็ด) แสดงให้เห็นว่าในปีแรกสำหรับพันธุ์ KPS และ KU-BP78 ไม่ว่าจะปลูกด้วยกล้าที่มาจากเมล็ดหรือกิ่งพันธุ์จะให้ผลผลิตเหมือนกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในปีแรก รากของต้นสบู่ดำจากวิธีการปลูกทั้ง 2 อย่าง อาจอยู่ในระดับใกล้เคียงกันในดิน จึงใช้น้ำและแร่ธาตุอาหารในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามพันธุ์ KU-BP80 ต้นที่ปลูกจากกิ่งพันธุ์ให้ผลผลิตที่ดีกว่าจากต้นที่ปลูกจากเมล็ด อาจเป็นเพราะพันธุ์ KU-BP80 มีความไวต่อปริมาณน้ำในดิน กล่าวคือ ถ้าระดับน้ำในดินสูง ระบบรากฝอยจากต้นที่ปลูกจากกิ่งพันธุ์ ดังที่สบู่ดำเป็นพืชที่ชอบดินที่การระบายน้ำดี

สำหรับขนาดเมล็ดของพันธุ์ KU-BP80 มีน้ำหนัก 100 เมล็ด มากกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) แต่วิธีปลูกทั้ง 2 แบบ ไม่มีผลต่อขนาดของเมล็ดในแต่ละพันธุ์ ส่วนเปอร์เซ็นต์การกะเทาะของพันธุ์ต่างๆไม่ว่าจะปลูกด้วยวิธีใดก็ไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 2 ปี

สรุปผล

จากผลการทดลองปลูกสบู่ดำทั้ง 3 พันธุ์ แสดงให้เห็นว่า การปลูกด้วยกล้าจากเมล็ดให้ผลผลิตดีกว่าจากกิ่งพันธุ์ในพันธุ์ KU-BP78 และ KPS ส่วนพันธุ์ KU-BP80 ให้ผลในทางตรงกันข้าม คือ การปลูกด้วยกิ่งพันธุ์ให้ผลดีกว่า แสดงถึงพันธุ์สบู่ดำแต่ละพันธุ์ให้ผลแตกต่างกันขึ้นกับการปลูกด้วยเมล็ดหรือกิ่งพันธุ์ซึ่งน่าจะมีส่วนสัมพันธ์กับระดับและปริมาณน้ำในดินที่มีผลกระทบต่อการดูดน้ำและอาหารของระบบรากแก้วและรากฝอยแตกต่างกันดังนั้นจึงควรได้มีการทดลองซ้ำโดยมีการวัดระดับน้ำในดินเปรียบเทียบความสัมพันธ์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

บัณฑวรรณ ฐิติธนาวนิช, 2527, ปัญหาพิเศษ เรื่องผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวของกิ่งปักชำต่อการเกิดรากของต้นสบู่ดำ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บุญอุ้ม แคล้วโยธา, 2532, การศึกษาวัสดุขยายพันธุ์ และระยะปลูกที่เหมาะสมของสบู่ดำ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ประยูร ห่วงนิกร, 2529, การศึกษาการปลูกสบู่ดำแปลงใหญ่และการเปลี่ยนรูปเอสเทอร์ของน้ำมันสบู่ดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

อรรถพล รุกขพันธุ์ ลิลลี่ กาวีต๊ะ และรังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, 2550, ผลของวิธีการปลูกด้วยเมล็ดและท่อนพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของสบู่ดำพันธุ์คัดเลือก, น. 16-22, ใน โครงการสัมมนาวิชาการ เรื่อง การประชุมวิชาการสบู่ดำแห่งชาติครั้งที่ 1,โครงการเคยูไบโอดีเซล, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Jones, N. and J.H. Miller., 1992, Jatropha Curcas. The World Bank. Asia Technical Department, Agriculture Division. Washington DC.

Kaushik, N., 2003. Effect of Capsule Maturity on Germination and Seedling Vigour in *Jatropha curcas* L. Seed Science and Technology. 31:449-454.

Thitithanavanich, B., 1985, The Effect of Diameter and Length of Stem-cuttings on Root Production of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.), Kasetsart University, Thailand.

Table 1 Plant height and plant canopy width at 360 and 720 day after planting of 3 jatropha varieties.

Varieties	Method	360 DAP plant height (cm.)	360 DAP plant canopy width (cm.)	720 DAP plant height (cm.)	720 DAP plant canopy width (cm.)
	Seed				
KPS		216.48 a[1/]	182.01 a	302.40 a	130.95
KU-BP80		204.66 a	172.03 b	298.80 a	133.88
KU-BP78		191.98 ab	188.00 a	243.43 b	133.88
	Cutting				
KPS		182.08 bc	154.98 c	237.50 b	125.88
KU-BP80		174.71 c	155.46 c	240.65 b	128.25
KU-BP78		177.81 bc	171.40 b	231.53 b	130.75
F-test		**	**	**	ns
LSD5%		14.95	8.10	20.85	18.76
C.V.(%)		5.2	3.1	5.3	9.5

**: Significant at 99% probability level; ns = Non Significant

1/ Mean values followed by the same letter in each column are not significantly different at the probability level of 0.05

Table 2 Seed yield, 100 seed weight and shelling percentage of 3 jatropha varieties at 1st and 2nd year.

Varieties	Method	First year Seed yield (Kg./rai)	First year 100 seed weight (g)	First year Shelling percentage (%)	Second year Seed yield (Kg./rai)	Second year 100 seed weight (g)	Second year Shelling percentage (%)
	Seed						
KPS		82.57 c[1/]	74.59 b	68.62	301.00 b	73.22 a	53.91
KU-BP80		34.60 d	75.45 ab	67.22	165.54 e	72.41 a	50.75
KU-BP78		158.31 a	67.41 c	67.82	413.03 a	64.84 b	68.04
	Cutting						
KPS		77.31 c	74.95 b	64.07	197.75 d	73.20 a	48.03
KU-BP80		118.78 b	76.32 a	67.38	209.49 c	76.21 a	43.43
KU-BP78		157.63 a	68.03 c	67.92	270.29 c	65.93 b	55.34
F-test		**	**	ns	**	**	ns
LSD5%		23.79	1.35	4.98	126.03	5.68	15.09
C.V.(%)		15.0	1.2	4.9	32.2	5.3	18.8

**: Significant at 99% probability level; ns = Non Significant

1/ Mean values followed by the same letter in each column are not significantly different at the probability level of 0.05

การผลิตบัวบกในระบบเกษตรอินทรีย์

Production of Asiatic Pennywort in Organic Farming System

อนันต์ พิริยะภัทรกิจ[1] ประภาพร ตั้งกิจโชติ[2] และ ปิยะ เฉลิมกลิ่น[1]

Piriyaphattarakit, A.[1] Tangkijchote, P.[2] and Chalermglin, P.[1]

Abstract

The growth and yield of Asiatic pennywort in organic farming system during cool, summer, and rainy season was studied at Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) from November, 2006 to September, 2007. Each season was conducted using the factorial arrangement in RCBD with 4 accessions: Nakhon Si Thammarat, Prachin Buri, Rayong and Ubon Ratchathani, and 4 rates of cattle manure: 0.5, 1, 1.5 and 2 kg/m^2 and no manure (control). The growth was recorded every month for three months. The results showed that in cool season, the Nakhon Si Thammarat and the Prachin Buri accessions had the maximum canopy width, and all accessions had the highest number of stolons per plant and plants per stolon. Moreover, the Nakhon Si Thammarat, Rayong and Ubon Ratchathani accessions had the longest stolons, land did not differ in each season. The results also indicated that all accessions had the maximum leaf areas per plant and average yield per area, as grown during cool and summer seasons. The Ubon Ratchathani accession had large leave size, but did not differ from the Nakhon Si Thammarat accession. However, the growth and yield of all Asiatic pennyworth accessions tended to increase with higher rate of manure. The highest asiaticoside content was found in all accessions of Asiatic pennywort during rainy season.

Keywords: asiatic pennywort, organic farming, asiaticoside

บทคัดย่อ

ศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของบัวบกในระบบเกษตรอินทรีย์ช่วงฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2549 ถึงกันยายน 2550 แต่ละฤดูกาล วางแผนการทดลองแบบ RCBD จัดสิ่งทดลองแบบ factorial มี 2 ปัจจัย คือ บัวบก 4 สายต้น ได้แก่ สายต้นนครศรีธรรมราช ปราจีนบุรี ระยอง และอุบลราชธานี และปุ๋ยมูลโค 4 อัตรา คือ 0.5, 1, 1.5 และ 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และไม่ใส่ปุ๋ยมูลโค (แปลงควบคุม) บันทึกการเจริญเติบโตทุกเดือน เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ฤดูหนาวส่งผลให้บัวบกสายต้นนครศรีธรรมราชและปราจีนบุรีมีทรงพุ่มขนาดใหญ่ที่สุด และทุกสายต้นมีจำนวนไหลต่อต้นและจำนวนต้นต่อไหลมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า บัวบกสายต้นนครศรีธรรมราช ระยอง และอุบลราชธานี มีไหลยาวที่สุด และไม่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ผลการทดลองยังพบว่า บัวบกทุกสายต้นมีพื้นที่ใบต่อต้น และผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่มากที่สุดเมื่อปลูกในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน ซึ่งสายต้นอุบลราชธานีมีใบขนาดใหญ่แต่ไม่แตกต่างจากสายต้นนครศรีธรรมราช อย่างไรก็ตามบัวบกทุกสายต้นมีแนวโน้มเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใช้มากขึ้น สำหรับปริมาณสารเอเชียติโคไซด์ของบัวบกทุกสายต้นพบมากที่สุดเมื่อปลูกในช่วงฤดูฝน

คำสำคัญ: บัวบก เกษตรอินทรีย์ เอเชียติโคไซด์

คำนำ

บัวบก *Centella asiatica* (L) Urb. เป็นพืชผักสมุนไพรชนิดหนึ่ง นิยมบริโภคในรูปของผักสด และเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยทำให้ระบบการย่อยอาหารทำงานดีขึ้น สำหรับใบและเถาบัวบกสามารถนำมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ได้แก่ น้ำบัวบก เป็นต้น หรือผลิตเป็นยาสมุนไพรเนื่องจากมีสารเอเชียติโคไซด์ นอกจากนี้บัวบกยังมีสรรพคุณในการสมานแผลสด แก้ฟก

[1] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[1] Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Mu 3. Technopolis, Tambon Khlong Ha, Aumper Khlong Luang, Pathum Thani 12120, Thailand.

[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, Thailand.

ซ้ำ รักษาแผลในการเพาะอาหาร ยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งบางชนิด และฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดเชื้อหนองได้ดี (วีณา, 2543)

ระบบเกษตรอินทรีย์ (Organic farming) เป็นระบบเกษตรที่หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีทุกชนิด เช่น สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช วัชพืช รวมทั้งปุ๋ยเคมี และฮอร์โมนต่างๆ โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ (วิฑูรย์, 2547) เนื่องจากปัจจุบันความต้องการสินค้าเกษตรอินทรีย์มีมากขึ้น เพราะผลผลิตดังกล่าวมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค รวมทั้งมีคุณภาพ และรสชาติดี อย่างไรก็ตามการปลูกบัวบกในระบบเกษตรอินทรีย์ทางการค้ายังไม่ได้รับการส่งเสริม แต่มีการปลูกเฉพาะบางพื้นที่ โดยนิยมใช้พันธุ์พื้นบ้านที่มีอยู่ในแต่ละท้องถิ่น คาดว่าบัวบกแต่ละสายต้นและฤดูกาลปลูกอาจส่งผลให้การเจริญเติบโตและปริมาณการผลิตสารเอเชียติโคไซด์แตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารเอเชียติโคไซด์ของบัวบกแต่ละสายต้นในระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อประโยชน์ทางการค้า และการศึกษาสรรพคุณทางยาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมบัวบกจากแหล่งปลูกธรรมชาติในประเทศไทย ได้แก่ ภาคตะวันออก (จังหวัดระยอง ปราจีนบุรี) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัดอุบลราชธานี) และภาคใต้ (จังหวัดนครศรีธรรมราช) คัดเลือกบัวบก 4 สายต้น ที่มีปริมาณสารเอเชียติโคไซด์สูงสุด ซึ่งวิเคราะห์โดยภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยปลูกบัวบก 3 ฤดูกาล คือ ฤดูหนาว (พฤศจิกายน – มกราคม) ฤดูร้อน (มีนาคม – พฤษภาคม) และฤดูฝน (กรกฎาคม – กันยายน) ด้วยการปักชำไหล ใช้ระยะปลูก 20x20 เซนติเมตร ในแปลงขนาด 1x2 ตารางเมตร ที่แปลงทดลองเกษตรอินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2549 ถึงเดือนกันยายน 2550 การปลูกแต่ละฤดูกาล วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (randomized complete block design) จำนวน 3 ซ้ำ (บล็อก) แต่ละบล็อคจัดสิ่งทดลองแบบ factorial มี 2 ปัจจัย คือ บัวบก 4 สายต้น ได้แก่ สายต้นนครศรีธรรมราช ปราจีนบุรี ระยอง และอุบลราชธานี ปุ๋ยมูลโค 4 อัตรา คือ 0.5, 1, 1.5 และ 2 กก./ตร.ม. และไม่ใส่ปุ๋ยมูลโค (แปลงควบคุม) บันทึกความกว้างทรงพุ่ม ความยาวไหล จำนวนไหลต่อต้น และจำนวนต้นต่อไหลทุกเดือน เป็นเวลา 3 เดือน รวมทั้งวัดพื้นที่ใบต่อต้นด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ (leaf area meter) ของบริษัท LI-COR Inc., U.S.A. บันทึกผลผลิตสดเฉลี่ยต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร และวิเคราะห์ปริมาณสารเอเชียติโคไซด์ โดยห้องปฏิบัติการภาควิชาเภสัชเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SAS (1996) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของบัวบกแต่ละสายต้นอายุ 3 เดือน เมื่อใส่ปุ๋ยมูลโคอัตราต่างๆ และปลูกในฤดูกาลต่างๆ ปรากฏผลดังนี้ความกว้างทรงพุ่มและความยาวไหล พบว่า ฤดูหนาวส่งผลให้บัวบกสายต้นนครศรีธรรมราช และปราจีนบุรี มีทรงพุ่มขนาดใหญ่ที่สุด เฉลี่ย 20.60 เซนติเมตร รวมทั้งบัวบกทุกสายต้นมีไหลยาวที่สุด เฉลี่ย 51.73 เซนติเมตร ส่วนสายต้นระยอง และอุบลราชธานี มีขนาดทรงพุ่มไม่แตกต่างกันเมื่อปลูกในฤดูกาลต่างๆ ในขณะที่ฤดูร้อนส่งผลให้ทรงพุ่มของบัวบกสายต้นปราจีนบุรีมีขนาดเล็ก และไหลสั้นที่สุด เฉลี่ย 14.91 และ 29.76 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยมูลโคทุกอัตราไม่มีผลต่อขนาดทรงพุ่มและความยาวไหลของบัวบกทุกสายต้นเมื่อปลูกในฤดูหนาว ยกเว้นช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ซึ่งพบว่าการใส่ปุ๋ยมูลโคอัตรา 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ส่งผลให้บัวบกทุกสายต้นมีทรงพุ่มขนาดใหญ่และไหลยาวที่สุด (Figure 1A and 1B) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใส่ปุ๋ยมูลโคอัตราสูงสุดที่ใช้ในการทดลองนี้ ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำให้ดินโปร่ง ร่วน และเก็บความชื้นได้ดี (Smith และคณะ, 1992) รวมทั้งยังมีอินทรียวัตถุ และปริมาณธาตุอาหารพืชมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม จึงส่งผลให้บัวบกทุกสายต้นเจริญเติบโตดี

เมื่อนับจำนวนไหลต่อต้นและจำนวนต้นต่อไหลพบว่าฤดูหนาวส่งผลให้บัวบกทุกสายต้นมีค่าเฉลี่ยดังกล่าวมากที่สุดเช่นเดียวกัน ในขณะที่ฤดูร้อนทำให้บัวบกสายต้นนครศรีธรรมราชมีจำนวนไหลต่อต้นน้อยที่สุด เฉลี่ย 4.23 ไหล ส่วนสายต้นปราจีนบุรีและอุบลราชธานีมีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อไหลน้อยที่สุด เท่ากับ 4.64 ต้น สำหรับการใส่ปุ๋ยมูลโคทุกอัตราในฤดูหนาวส่งผลให้บัวบกทุกสายต้นมีจำนวนไหลต่อต้นและจำนวนต้นต่อไหลมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยมูลโคอัตราสูงขึ้นทำให้ค่าเฉลี่ยดังกล่าวของบัวบกทุกสายต้นเพิ่มขึ้นทุกฤดูกาล (Figure1C and 1D)

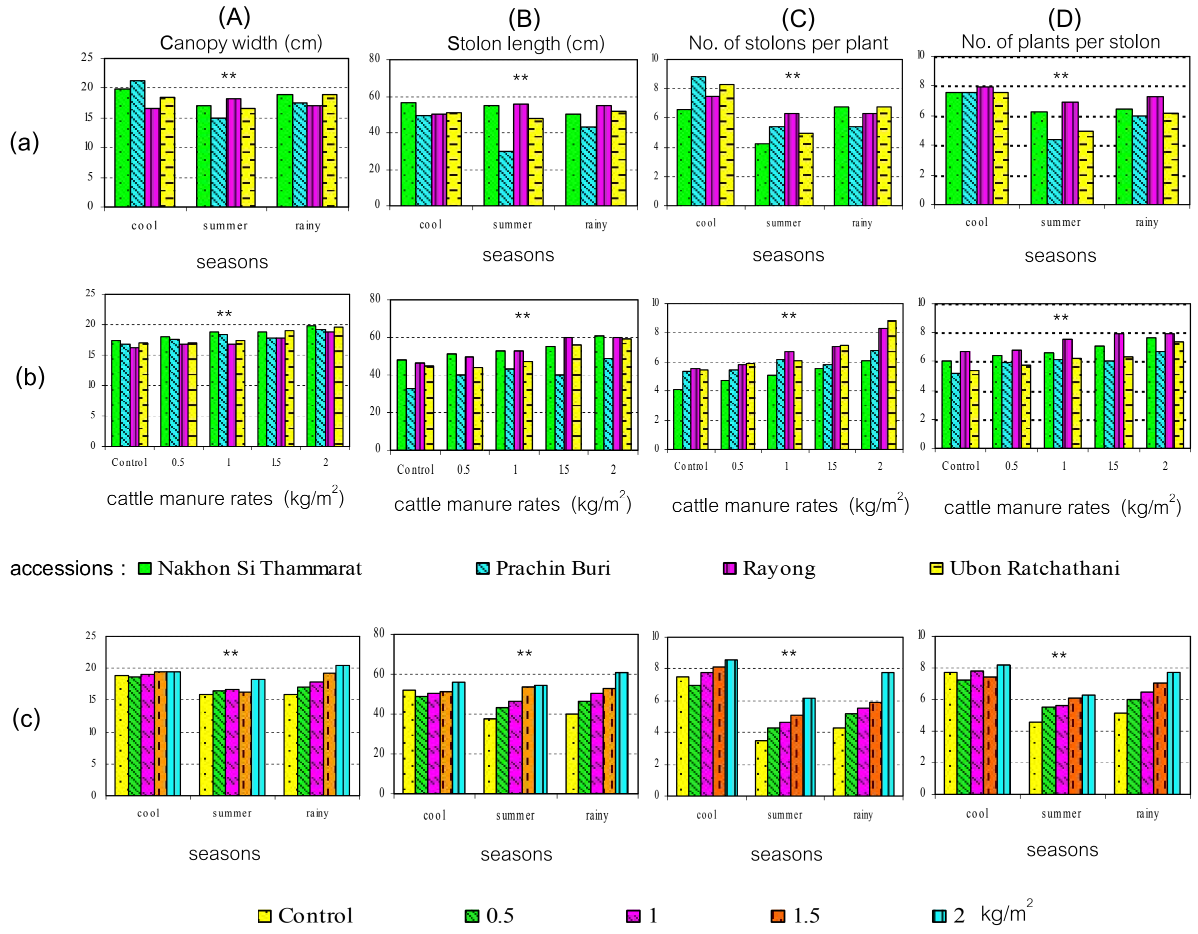


Figure 1 Canopy width (A), stolon length (B), number of stolons per plant (C) and number of plants per stolon (D), of various accessions of Asiatic pennywort, rates of cattle manure and seasons.

(a) = accessions x seasons **(b)** = accessions x cattle manure rates **(c)** = cattle manure rates x seasons

** = Significant at the level of $P \leq 0.01$

นอกจากนี้ยังพบว่า ฤดูหนาวและฤดูร้อนส่งผลให้บัวบกทุกสายต้นมีพื้นที่ใบต่อต้น รวมทั้งผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่มากกว่าฤดูฝน โดยสายต้นนครศรีธรรมราช และอุบลราชธานี มีพื้นที่ใบเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 99.44 ตารางเซนติเมตร ส่วนสายต้นระยองมีผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรมากที่สุด เท่ากับ 2.09 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยมูลโคอัตราต่างๆ พบว่า พื้นที่ใบต่อต้น และผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ของบัวบกทุกสายต้นเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่สูงขึ้น (Figure 2A and 2B)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารเอเชียติโคไซด์ในใบบัวบกแต่ละสายต้น พบว่า ฤดูฝนส่งผลให้บัวบกสายต้นนครศรีธรรมราช ระยอง และอุบลราชธานีมีปริมาณสารดังกล่าวมากที่สุด เฉลี่ย 3.58 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งส่งผลให้บัวบกทุกสายต้นมีปริมาณสารเอเชียติโคไซด์มากกว่าฤดูกาลอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากสายต้นของบัวบกและฤดูกาลมีผลต่อการผลิตสารเอเชียติโคไซด์ด้วย (Hamid และคณะ, 2002) สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณสารเอเชียติโคไซด์ของสายต้นระยองซึ่งรวบรวมในฤดูฝน มีปริมาณสารสูงสุดเท่ากับ 3.47 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ สายต้นปราจีนบุรี อุบลราชธานี และนครศรีธรรมราช ซึ่งรวบรวมในฤดูร้อน มีปริมาณ 3.35, 2.47 และ 2.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ปฐม, 2550) ในขณะที่ฤดูหนาวมีผลทำให้บัวบกสายต้นดังกล่าวมีปริมาณสารเอเชียติโคไซด์น้อยที่สุด เฉลี่ย 0.94 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2C)

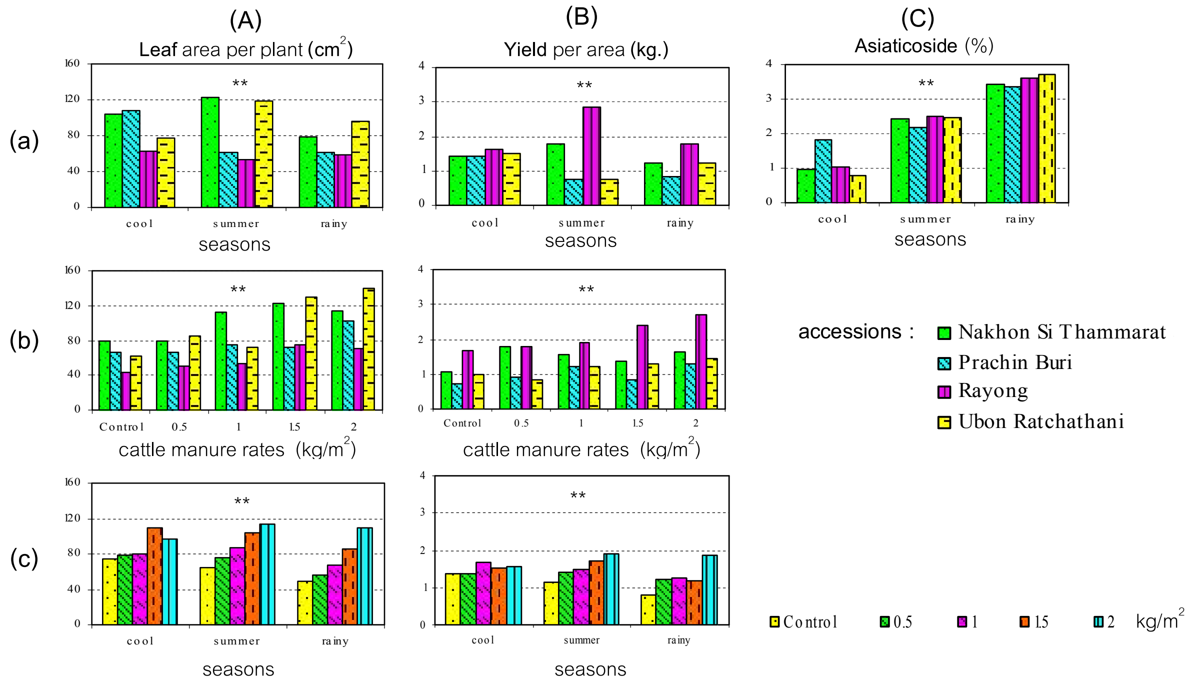


Figure 2 Leaf area per plant (A), yields per area (B) and asiaticoside content (C), of various accessions of Asiatic pennywort, rates of cattle manure and seasons.

(a) = accession x season (b) = accession x cattle manure rate (c) = season x cattle manure rate

** = Significant at the level of P $\leq$ 0.01

สรุปผล

จากการปลูกบัวบกแต่ละสายต้นในฤดูกาลต่างๆ พบว่า ฤดูหนาวส่งผลให้บัวบกทุกสายต้นมีจำนวนไหลต่อต้นและจำนวนต้นต่อไหลมากที่สุด รวมทั้งยังส่งผลให้สายต้นนครศรีธรรมราช และปราจีนบุรี มีทรงพุ่มขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยมูลโคในอัตราสูงส่งผลให้บัวบกทุกสายต้นเจริญเติบโตดี มีผลผลิตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการปลูกบัวบกเพื่อจำหน่ายผลผลิตของใบสด ควรปลูกสายต้นปราจีนบุรี และระยองในฤดูหนาว สำหรับสายต้นนครศรีธรรมราช และอุบลราชธานี ควรปลูกในฤดูร้อน ทั้งนี้เพราะฤดูกาลดังกล่าวส่งผลให้ใบบัวบกมีขนาดใหญ่ ส่วนการปลูกเพื่อเน้นผลผลิตรวมต่อพื้นที่ควรปลูกบัวบกสายต้นระยอง เพราะสายต้นดังกล่าวให้น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อพื้นที่มากที่สุดทุกฤดูกาล สำหรับปริมาณสารเอเชียติโคไซด์พบมากที่สุดในบัวบกทุกสายต้นในฤดูฝน

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุน (บางส่วน) ภายใต้การสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท – เอก ระหว่างคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

ปฐม โสมวงศ์, 2550, การแยก การทำให้บริสุทธิ์ และการวิเคราะห์หาปริมาณของเอเชียติโคไซด์ มาดีคัสโซไซด์ กรดเอเชียติก และกรดมาดีคัสซิกในบัวบกสายพันธุ์ต่างๆ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2547, ความรู้เบื้องต้นเกษตรอินทรีย์, พิมพ์ครั้งที่ 3, ที ซี จี พริ้นติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ.

วีณา เชิดบุญชาติ, 2543, ปลูกผักไทยได้ทั้งอาหารและยา, อมรินทร์บุ๊คเซ็นเตอร์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

Hamid, A., Shah, Z.M., Muse, R. and Mohamed, S., 2002, Characterization of Antioxidative Activities of Various Extracts of *Centella asiatica* (L.) Urban, Food Chemistry, 77(4): 465 - 469.

Smith, J.L., Papendick, R.I, Bezdicek, D.F. and Lynch, J.M., 1992, Soil Organic Matter Dynamics and Crop Residue Management, p. 65-94., In: F.B. Metting, Jr., ed., Soil Microbial Ecology, Marcel Decker, Inc., New York.

อิทธิพลของไคโตซาน (Chitosan) ต่อสารออกฤทธิ์ Catechin และอนุพันธ์
Effect of Chitosan on Catechin and Its Derivatives

นภาภรณ์ แซ่ลี้[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Sae-Lee, N. [1], Kerdchoechuen, O.[1], and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

The effect of chitosan at concentrations of 0, 5, 10, 20 ppm and pH at 4.5, 5.5 and 6.5 on epigallocatechin gallate (EGCG) and its derivatives (gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epicatechin (EC), gallcatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG), and catechin gallate (CG)) in Assam tea (*Camellia sinensis* var. Assamica) was conducted. It was found that EGCG and its derivatives were greater in tea subjected in chitosan at pH 4.5-5.5. Results also showed that usage of chitosan at 5 ppm and pH of solution at 4.5 have greater EGCG and its derivatives but usage of chitosan at 10-20 ppm and pH at 5.5-6.5 showed relatively high contents of EGCG and its derivative. In this study, phenolic was increased when tea was subjected in chitosan 5 ppm, pH 4.5 and chitosan 20 ppm, pH 6.5 of which phenolic contents were 25-30%.
Keywords: Assam tea, chitosan, epigallocatechin gallage (EGCG) and derivatives, phenolics

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการใช้ไคโตซาน (chitosan) เข้มข้น 0, 5, 10 และ 20 พีพีเอ็ม และมีพีเอช 4.5, 5.5 และ 6.5 ต่อการปรับปรุงคุณภาพชาอัสสัม (*Camellia sinensis* var. Assamica) ให้ได้ epigallocatechin gallate (EGCG) และอนุพันธ์ของ catechins อีก 6 ชนิด ได้แก่ gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epicatechin (EC), gallcatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG), และ catechin gallate (CG) สูงขึ้น พบว่า และการใช้ไคโตซานเข้มข้น และพีเอช 4.5-5.5 มีผลต่อปริมาณสาร EGCG และอนุพันธ์ทั้ง 6 ชนิด อย่างไรก็ตามพบปริมาณ EGCG สูงสุดในใบชาที่ปลูกในพีเอช 5.5 เท่ากับ 15.02 mg/g น้ำหนักแห้ง และการใช้ไคโตซานเข้มข้น 5 พีพีเอ็ม พีเอช 4.5 ส่งผลให้ EGCG และอนุพันธ์สูง ส่วนการใช้ไคโตซานเข้มข้น 10-20 พีพีเอ็ม และพีเอช 5.5-6.5 ปริมาณ EGCG และอนุพันธ์มีแนวโน้มสูงขึ้น สำหรับปริมาณ phenolics พบในชาที่ใช้ไคโตซาน 5 พีพีเอ็ม และพีเอช 4.5 และไคโตซาน 20 พีพีเอ็ม และพีเอช 6.5 โดยมีค่า phenolics เท่ากับร้อยละ 25-30
คำสำคัญ: ชาอัสสัม ไคโตซาน epigallocatechin gallage (EGCG) และอนุพันธ์ ฟีนอลิก

คำนำ

ปัจจุบันสาร polyphenol ในชา โดยเฉพาะ EGCG ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็น antioxidant, antibacterial และ antiallergic activity ซึ่งนอกจากนำมาบริโภคเป็นเครื่องดื่มแล้ว ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง ในยา หรือผลิตในรูป capsule และเครื่องดื่มบำรุงสุขภาพ (Fennema และคณะ, 2001) แต่การปลูกชาอัสสัมในไทยมีปัญหาด้านคุณภาพที่ด้อยกว่าชาจีน จำเป็นที่จะต้องศึกษาปรับปรุงคุณภาพของชาให้ได้สาร EGCG และอนุพันธ์ (GC, EGC, EC, GCG, ECG, และ CG) เพิ่มสูงขึ้น โดยนำเทคโนโลยีก่อนการเก็บเกี่ยวมาใช้ ในการปรับปรุงคุณภาพผลผลิตมีรายงานว่าการใช้ chitosan สามารถใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตและกระตุ้นการสร้างสารบางชนิดในพืชมากขึ้น (Bautista-Banos, 2006) chitosan เป็นพอลิเมอร์ที่มีโมโลกุลขนาดใหญ่ น้ำหนักโมเลกุลสูง (high molecular polymer) เป็นสารไม่มีพิษ รวมทั้งเป็นสาร bioactive ที่นำมาใช้เป็นสารป้องกันรา (fungicide) และเป็นสารป้องกันเนื้อเยื่อพืช (elicitation of defence mechanisms in plant tissue) *gradiforum* ในปี 1992 Benhamou และ Theriault ใช้ chitosan ในการควบคุมโรคบนลำต้นและรากของมะเขือเทศ และพบว่า chitosan ช่วยเพิ่มการสังเคราะห์สาร phenolics compound และ phytoalexins เพื่อต้านทานเชื้อราในมะเขือเทศ นอกจากนี้ยังมีการใช้ chitosan ในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชและเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างสาร secondary metabolite ในพืชทดลองหลายชนิด (Harborne, 1999) ดังนั้นในการงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาอิทธิพล

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University, 83 Mu 8 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ของ chitosan ต่อการเพิ่มขึ้นของสาร phenolic และ EGCG รวมทั้งอนุพันธ์ของ catechins อื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของชาพันธุ์นี้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดลองในแปลงปลูกโดยใช้ต้นชาพันธุ์อัสสัมอายุ 3 ปี ที่เพาะจากเมล็ดในกระถางขนาด 10 ลิตร ปลูกโดยใช้ระบบไฮโดรโปนิคที่มีทรายเป็นวัสดุปลูก ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Hewitt (1963) โดยให้สารละลาย chitosan เข้มข้น 0, 5, 10, และ 20 พีพีเอ็ม ที่ pH เท่ากับ 4.5, 5.5 และ 6.5 (น้ำกลั่น) วางแผนการทดลองแบบ 4 x 3 factorial in Randomized complete block design (RCBD) ติดตามผลทุก 30 วัน นาน 120 วัน บันทึกข้อมูล ได้แก่ ปริมาณ total phenolic (วิเคราะห์ในรูปของสารประกอบฟีนอลิคโดยวิธี folin-ciocalteau phenol test) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตรด้วยเครื่องใช้ Spectrophotometer ปริมาณ EGCG และอนุพันธ์ของ catechins อื่นๆ (GC, EGC, EC, GCG, ECG, และ CG) ด้วย เทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (บริษัท Agilent Technologies รุ่น LC 1200 series) คอลัมน์ที่ใช้ ZURBUAX Eclipse XDB-C18 reverse phase (4.6 mm x 150 mm, 5 μm) และ condition ที่ใช้วิเคราะห์ เป็น isocratic elution system มี mobile phase 2 ชนิด โดย mobile phase A คือ 0.05 M ortho-phosphoric acid และ mobile phase B ใช้ acetonitile (ACN) และใช้สัดส่วนของ A: B เท่ากับ 87:13 (โดยปริมาตร) ใช้ flow rate เท่ากับ 0.5 mL/min นาน 60 นาที โดยฉีดตัวอย่างในปริมาณ เท่ากับ 20 μL ซึ่งในการวิเคราะห์ใช้ UV-visible diode-array ความยาวคลื่น 231 nm และวิเคราะห์ปริมาณเทียบกับสาร standard

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของ chitosan เข้มข้น 0, 5, 10 และ 20 พีพีเอ็ม และ pH 4.5, 5.5 และ 6.5 ต่อการปรับปรุงคุณภาพชาอัสสัม ให้มีปริมาณ EGCG และอนุพันธ์ของ catechins อีก 6 ชนิด ได้แก่ GC, EGC, EC, GCG, ECG, และ CG สูงขึ้น พบว่า อิทธิพลของ chitosan และพีเอชต่อปริมาณ EGCG และอนุพันธ์ (Table 1) มีดังนี้ สาร GC พบปริมาณสูงสุดในใบชาที่ได้รับไคโตซานเข้มข้น 5 ppm พีเอช 4.5 โดยมีปริมาณเท่ากับ 22.42 mg/g น้ำหนักแห้ง ปริมาณ EGC พบสูงสุดในใบชา control พีเอช 5.5 และการใช้ chitosan เข้มข้น 20 พีพีเอ็ม พีเอช 6.5 มีปริมาณ 17.22 และ 17.32 mg/g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สาร EC พบสูงสุดในใบชา control พีเอช 4.5 มีปริมาณ 20.82 mg/g น้ำหนักแห้ง สำหรับสาร GCG พบว่าการใช้ chitosan เข้มข้น 5 พีพีเอ็ม พีเอช 4.5 ทำให้มีปริมาณสารสูงสุด ประมาณ 10.55 mg/g น้ำหนักแห้ง สำหรับสาร ECG พบสูงสุดในใบชา control ที่พีเอช 4.5 และ 5.5 มีปริมาณเท่ากับ 4.75 และ 4.89 mg/g น้ำหนักแห้ง และปริมาณสาร CG พบปริมาณสารสูงสุดในใบชาที่ได้รับ chitosan เข้มข้น 20 พีพีเอ็ม พีเอช 6.5 โดยพบว่ามีปริมาณ 5.96 mg/g น้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตามพบปริมาณ EGCG สูงสุดในใบชาที่ได้รับพีเอช 5.5 เท่ากับ 15.02 mg/g น้ำหนักแห้ง และการใช้ไคโตซานเข้มข้น 5 พีพีเอ็ม พีเอช 4.5 ส่งผลให้ EGCG และอนุพันธ์สูง ส่วนการใช้ไคโตซานเข้มข้น 10-20 พีพีเอ็ม และพีเอช 5.5-6.5 ปริมาณ EGCG และอนุพันธ์มีแนวโน้มสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณสาร EGCG และอนุพันธ์ สอดคล้องกับรายงานของ Bautista-Banos (2006) ที่รายงานว่าการใช้ไคโตซานทำให้ปริมาณ catechins สูงขึ้น โดยเฉพาะพีเอช 4.5 และ 5.5 นอกจาก chitosan ยังช่วยเพิ่มการสังเคราะห์สาร phenolics compound และ phytoalexins (Benhamou และ Theriault, 1992) แล้วยังสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชและเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างสาร secondary metabolite (Harborne, 1999) เช่น สาร caffeoyl (sinapic, coumaric และอนุพันธ์ ferulic) ซึ่งเป็นสาร phenolic (Hassni และคณะ, 2004) สำหรับปริมาณ phenolics พบว่า chitosan ไม่ส่งผลต่อปริมาณ phenolics ในใบชา อย่างไรก็ตาม การใช้ chitosan เข้มข้น 5 ppm ที่พีเอช 4.5 และเข้มข้น 20 ppm พีเอช 6.5 มีแนวโน้มทำให้ปริมาณ phenolics เพิ่มสูงขึ้น (Table 1) อาจเนื่องมาจากการที่ chitosan มีผลต่อ enzyme phenylalanine ammonia lyase (PAL) และ peroxidase และ polyphenol oxidase อาจส่งผลต่อการสังเคราะห์สาร phenolics เพิ่มขึ้นได้ (Harborne, 1999; Romnazzi และคณะ, 2002; Hassni และคณะ, 2004)

สรุปผล

การใช้ chitosan เข้มข้น สามารถปรับปรุงคุณภาพของชาอัสสัมให้มีปริมาณ สาร EGCG และอนุพันธุ์ (GC, EGC, EC, GCG, ECG และ CG) ให้เพิ่มสูงขึ้นได้ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มปริมาณสาร phenolics ได้ร้อยละ 20-30

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยโครงการ เพิ่มมูลค่าชาอัสสัมก่อนการเก็บเกี่ยวให้มีสารออกฤทธิ์ epigallocatechin gallate (EGCG) และอนุพันธ์สูง

เอกสารอ้างอิง

Bautista-Banos, S., 2006, Chitosan as a Potential Natural Compound to Control Pre and Post Harvest Diseases of Horticultural Commodities (Review), Crop Protection, 25: 108-118.

Benhamou, N. and Theriault, G., 1992, Treatment whitch Chitosan Enhances Resistance of Tomato Plants to The Crown and Root Pathogen *Fusarium oxysporum* f.sp. Radicis-lycopersici, Physiological Molecular Plant Pathology, 41: 34-52.

Fennema, O.R., Karel, M., sanderson, G.W. and Whitaker, J.R., 2001, Green tea; Health Benfits and Applications. Marcel Dekker, Inc, USA, 252 p.

Harborne, J.B., 1999, Chemicals from Plants, Perspectives on Secondary Plant Products, Imperial College Press, pp.1-25.

Hassni, M., El hadrami, A, Daayf, F., Barka, E.A. and El Hadrami, I., 2004, Chitosan, Antifungal Against *Fusarioum oxysporum* f.sp. Albedinis and Elicitor of Defense Reactions in Date Palm Roots, Phytopathol Mediterranian, 43: 65-73.

Romanazzi, G., Nigro, F., Ippolito, A., Vernere, Di. and Salerno, M., 2002, Effects of Pre and Post Harvest Chitosan Treatments to Control Storage Gray Mold of Table Grapes, Journal of Food Science, 67: 1862-1867.

Table 1 Effect of chitosan at concentration (0, 5, 10, 20 ppm) at pH (4.5, 5.5 and 6.5) on the EGCG and its derivatives contents.

pH	Concentration (ppm)	ความเข้มข้น (mg/g of dry weight)						
		GC	EGC	EC	EGCG	GCG	ECG	CG
					เดือนที่ 1			
4.5	0	9.94	13.33	20.02	8.51	3.83	4.12	1.63^{ab}
	5	10.61	10.45	11.70	7.30	3.16	3.97	1.17^{abcd}
	10	11.94	12.53	13.09	7.46	3.63	2.59	1.73^{a}
	20	7.30	8.06	3.63	4.50	2.04	0.26	1.03^{abcd}
5.5	0	7.76	12.39	10.55	10.29	3.53	3.47	1.11^{abcd}
	5	8.94	9.99	3.77	8.24	4.05	0.87	0.40^{e}
	10	11.11	13.39	14.57	11.45	3.21	4.11	1.24^{abc}
	20	5.14	5.60	3.28	5.34	2.31	0.80	0.38^{e}
6.5	0	12.77	12.65	8.73	8.83	3.88	2.39	0.84^{cde}
	5	17.26	14.84	5.10	6.80	3.12	0.75	0.49^{de}
	10	10.89	14.49	11.12	9.59	3.63	2.46	0.75^{cde}
	20	8.48	8.70	10.50	4.94	2.64	2.69	0.91^{cde}
	F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
					เดือนที่ 2			
4.5	0	6.51^{b}	4.78^{d}	11.85^{cd}	5.02^{e}	4.84	2.99^{bc}	1.67^{bc}
	5	17.74^{a}	11.28^{bc}	4.60^{de}	8.37^{cde}	7.03	0.91^{d}	0.78^{cd}
	10	16.02^{a}	10.49^{bc}	15.78^{bc}	10.61^{bc}	7.34	4.55^{ab}	2.89^{a}
	20	18.69^{a}	11.97^{bc}	4.41^{de}	6.06^{de}	5.32	0.88^{d}	0.70^{cd}
5.5	0	19.26^{a}	17.32^{a}	25.42^{a}	15.02^{a}	4.24	5.74^{a}	2.63^{ab}
	5	5.37^{b}	5.07^{d}	2.20^{e}	5.03^{e}	3.21	0.61^{d}	0.43^{d}
	10	14.86^{a}	14.13^{ab}	8.38^{cde}	9.75^{bcd}	6.33	2.42^{cd}	1.67^{bc}
	20	5.51^{b}	3.85^{d}	2.44^{e}	4.68^{e}	3.80	0.80^{d}	0.60^{d}
6.5	0	15.61^{a}	8.06^{cd}	8.92^{cde}	9.31^{bcd}	8.87	2.95^{bc}	2.41^{ab}
	5	15.39^{a}	12.33^{abc}	4.76^{de}	6.13^{de}	4.63	0.82^{cd}	0.70^{cd}
	10	13.13^{ab}	13.53^{ab}	10.36^{cde}	6.54^{de}	4.27	2.25^{cd}	1.29^{cd}
	20	18.04^{a}	17.22^{a}	24.53^{ab}	12.37^{ab}	6.99	5.33^{a}	2.71^{a}

Table 1 (Continued)

	F-test	*	**	**	**	ns	**	**
				เดือนที่ 3				
4.5	0	15.82^{a}	11.99^{ab}	20.82	9.63^{ab}	5.60^{ab}	4.74^{a}	2.51^{abc}
	5	3.83^{d}	3.83^{d}	8.56	3.38^{f}	2.27^{c}	3.0^{3b}	1.91^{bcd}
	10	15.65^{a}	10.97^{ab}	19.21	5.25^{def}	3.62^{bc}	2.78^{b}	2.48^{abc}
	20	8.62^{bcd}	7.60^{bcd}	5.35	6.41^{cde}	4.40^{bc}	1.27^{cd}	1.01^{ef}
5.5	0	15.25^{ab}	14.26^{a}	15.19	12.45^{a}	7.84^{a}	4.89^{a}	2.73^{ab}
	5	9.24^{abcd}	7.83^{bcd}	4.03	6.45^{cde}	4.27^{bc}	0.91^{d}	0.57^{f}
	10	10.99^{abc}	9.66^{abc}	9.71	8.82^{bc}	6.33^{ab}	2.53^{bc}	1.76^{cde}
	20	4.44^{cd}	4.85^{cd}	8.58	5.58^{def}	2.46^{c}	2.46^{bc}	1.05^{def}
6.5	0	6.22^{cd}	4.54^{d}	7.43	6.39^{cdef}	4.45^{bc}	3.21^{b}	1.75^{cde}
	5	9.81^{abcd}	7.80^{bcd}	5.54	8.14^{bcd}	6.50^{ab}	2.38^{bc}	1.41^{def}
	10	4.58^{cd}	5.40^{cd}	4.44	3.64^{ef}	2.09^{c}	1.21^{cd}	0.62^{f}
	20	15.04^{ab}	10.84^{ab}	19.50	9.23^{bc}	6.52^{ab}	5.49^{a}	3.18^{a}
	F-test	*	*	ns	**	*	**	**
				เดือนที่ 4				
4.5	0	14.65^{bc}	6.29^{bc}	9.49^{a}	4.80^{bc}	5.85^{b}	2.20^{a}	3.05^{b}
	5	22.42^{a}	8.75^{a}	6.64^{b}	7.72^{a}	10.55^{a}	1.57^{b}	1.86^{bcd}
	10	7.57^{de}	2.81^{ef}g	3.77^{c}	4.62^{bcd}	6.46^{b}	1.45^{b}	2.54^{bc}
	20	16.42^{ab}	7.87^{ab}	2.28^{cd}	6.56^{ab}	5.78^{b}	0.49^{de}	0.41^{ef}
5.5	0	14.79^{bc}	4.40^{cde}	6.24^{b}	3.95^{cde}	5.88^{b}	1.75^{b}	3.00^{b}
	5	7.57^{de}	3.93^{def}	1.91^{cd}	4.70^{bcd}	4.64^{bc}	0.56^{de}	0.48^{ef}
	10	15.66^{bc}	5.09^{cd}	3.88^{c}	5.81^{abc}	9.57^{a}	1.32^{bc}	2.51^{bc}
	20	3.03^{e}	0.69^{h}	0.64^{d}	1.20^{f}	2.35^{c}	0.19^{e}	0.30^{f}
6.5	0	2.65^{e}	0.97^{gh}	2.32^{cd}	1.50^{f}	2.31^{c}	0.87^{cd}	1.56^{cde}
	5	8.16^{de}	1.95^{fgh}	1.82^{cd}	2.01^{ef}	3.54^{bc}	0.28^{e}	0.35^{ef}
	10	2.99^{e}	1.64^{gh}	2.18^{cd}	2.78^{def}	4.17^{bc}	0.46^{de}	0.83^{def}
	20	9.94^{cd}	2.69^{efgh}	2.55^{ef}	2.27^{ef}	3.55^{bc}	0.41^{de}	5.96^{a}
	F-test	**	**	**	**	*	**	**

Remark: Different letters in the same row indicate statistical differences ($p \leq 0.05, 0.01$). Means follow by common letters within each column were not significantly different at 5 % level by DMRT, ns = non significant, *,** significant at 0.05 and 0.01 level

Table 2 Effect of chitosan at concentration (0, 5, 10, 20 ppm) at pH (4.5, 5.5 and 6.5) on the phenolic contents.

pH	Concentration	ปริมาณ phenolics (%)			
	(ppm)	เดือน 1	เดือน 2	เดือน 3	เดือน 4
4.5	0	11.09^{ab}	9.00^{g}	11.10	12.75
	5	11.13^{ab}	12.16^{abc}	9.60	12.35
	10	10.15^{de}	10.84^{cdef}	9.50	9.20
	20	9.63^{e}	11.10^{abcdef}	10.75	12.81
5.5	0	11.20^{ab}	11.14^{abcde}	11.10	12.75
	5	10.97^{abc}	9.54^{fg}	12.70	8.27
	10	10.63^{abcd}	10.45^{defg}	9.50	11.44
	20	10.50^{bcd}	9.76^{efg}	7.60	10.04
6.5	0	11.10^{ab}	12.46^{ab}	10.00	12.56
	5	11.36^{a}	11.05^{bcdef}	9.00	7.96
	10	10.17^{de}	11.36^{abcd}	8.20	9.10
	20	10.24^{cde}	12.67^{a}	8.50	13.14
	F-test	**	**	ns	ns
	LSD	0.78	1.59	4.56	4.92
	CV(%)	4.29	8.58	450.39	18.29

Remark: Different letters in the same row indicate statistical differences ($p \leq 0.05, 0.01$). Means follow by common letters within each column were not significantly different at 5 % level by DMRT, ns = non significant, *,** significant at 0.05 and 0.01 level

การศึกษารูปแบบของค้างต่อการเจริญเติบโตและผลผลผลิตดอกขจร

Study of Staking Types on Growth and Yield Cowslip Creeper (*Telosma minor* Craib.)

เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์[1] ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] และ วริสรา ปลื้มฤดี[1]

Pradabpet, N.[1], Sawatdikarn, S.[1] and Pleumreudee, W.[1]

Abstract

This experimental research was implemented at the Department of Agriculture, the Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University during January–June, 2009. Cowslip creeper (*Telosma minor* Craib.) were planted using five different staking types as follows; tepee arbor, A-frame, T-bar, rectangular and pergola. The findings revealed that cowslip creeper planted using the A-frame staking types had the highest of stem height with 346.67 cm. Significantly differences were not found on leaves area and the leave area index among cowslip creeper planted using the five different staking types. Regarding the cowslip creeper flower yields, it was found that different staking types affected significantly differences on the yields. Cowslip creeper planted using the pergola staking types produced the highest of flowers fresh weight with 1,986.68 grams, with the number of inflorescences at 122.60 inflorescences, and the flower dry weight at 1.58 grams. Cowslip creeper planted using the A-frame staking types produced the highest of 21.38 flowers/inflorescences, and the flowers fresh weight was 2.03 grams/inflorescences, respectively. The cowslip creeper planted using the tepee arbor staking type gave the highest of the proportion between total weights of inflorescences and the production volume with 800.99 grams/m^3. Therefore, Cowslip creeper flower production should be implemented using the pergola staking types.

Keywords: Cowslip creeper, staking types, growth and yield

บทคัดย่อ

การศึกษารูปแบบของค้างต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของดอกขจร ทำการทดลองที่สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน 2552 ปลูกโดยใช้รูปแบบค้างต่างกัน 5 รูปแบบ คือ รูปแบบซุ้มกระโจม ตัวเอ ตัวที สี่เหลี่ยม และซุ้มไม้เลื้อย พบว่า ต้นขจรที่ปลูกโดยใช้รูปแบบค้างตัวเอ มีความสูงต้นเฉลี่ยสูงสุด 346.67 เซนติเมตร ส่วนพื้นที่ใบเฉลี่ยและดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างรูปแบบค้างทั้ง 5 รูปแบบ สำหรับผลผลิตของดอกขจร พบว่า รูปแบบของค้างที่แตกต่างกันทำให้ผลผลิตของต้นขจรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต้นขจรที่ปลูกโดยใช้ค้างรูปแบบซุ้มไม้เลื้อย มีน้ำหนักรวมของช่อดอกเฉลี่ยสูงสุด 1,986.68 กรัม จำนวนช่อดอกเฉลี่ยสูงสุด 122.60 ช่อ และน้ำหนักแห้งของดอกเฉลี่ยสูงสุด 1.58 กรัม ส่วนต้นขจรที่ปลูกโดยใช้ค้างรูปแบบตัวเอ มีจำนวนดอกต่อช่อดอก และน้ำหนักสดต่อช่อดอกเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 21.38 ดอก และ 2.03 กรัม ตามลำดับ และต้นขจรที่ปลูกโดยใช้ค้างรูปแบบซุ้มกระโจมมีน้ำหนักรวมของช่อดอกต่อปริมาตรการสร้างผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 800.99 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นการผลิตดอกขจรให้มีผลผลิตสูงควรปลูกโดยใช้ค้างรูปแบบซุ้มไม้เลื้อย

คำสำคัญ: ขจร รูปแบบค้าง การเจริญเติบโตและผลผลิต

คำนำ

ขจร (Cowslip creeper) เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียบริเวณประเทศจีนและอินเดีย สำหรับในประเทศไทยพบการกระจายตัวในพื้นที่ภาคกลางขึ้นไปจนถึงบริเวณพื้นที่ภาคเหนือ ขจรจัดอยู่ในวงศ์ (family) Asclepiadaceae โดยพืชในวงศ์นี้มีลักษณะพิเศษ คือ ทุกส่วนของพืชมีน้ำยางขาว ตัวอย่างของชนิดพืชในวงศ์นี้นอกจากต้นขจรแล้ว ได้แก่ ดอกรัก รักม่วง รักขาว โมก นมตำเลียหรือโฮย่า ยี่โถและอบเชยเถา เป็นต้น (Carr, 2009) ขจรมีลักษณะเด่นอีกบางลักษณะ คือ เป็นไม้เลื้อยยืนต้น ใบของขจรมีรูปร่างคล้ายรูปหัวใจ เหมือนกับใบโพธิ์ หรือใบพลู (สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง, 2552) ลักษณะช่อดอกเป็นแบบซี่ร่ม

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1]Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya,13000

(umbel) ห้อยเป็นกระจุก เมื่อดอกบานมีลักษณะคล้ายรูปดาว 5 แฉก (Figure 1) และฝักมีรูปร่างยาวรีมีขนาดเล็กคล้ายลูกนุ่น (นิดดา, 2550)

อุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างหนึ่งในการจัดการทรงพุ่มของพืชกลุ่มไม้เลื้อย คือ ค้าง (staking) เพราะตามธรรมชาติของไม้เลื้อยต้องการวัสดุเกาะยึดเพื่อพยุงกิ่งและลำต้นของพืชให้ตั้งขึ้นรับแสง ดังนั้น การจัดการทรงพุ่มของไม้เลื้อยก็คือ การตัดแต่ง (pruning) และจัดวางกิ่งให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ (positioning) โดยให้ครอบคลุมพื้นที่บนค้าง ค้างจึงนับเป็นอุปกรณ์สำคัญสำหรับปลูกพืชกลุ่มไม้เลื้อย โดยเป็นวัสดุเกาะยึดให้พืชใช้อวัยวะพิเศษ เช่น ลำต้นปีนป่าย (climbing stem หรือ climber) หรือมือเกาะ (stem tendril) พยุงลำต้นขึ้นเพื่อการรับแสง ช่วยเพิ่มศักยภาพในการสร้างผลผลิตของพืช เช่น รูปแบบของค้างต่อการให้ผลผลิตดอกพระจันทร์ รูปแบบค้างที่ใช้มี 4 รูปแบบ คือ แบบตัวเอ แบบสี่เหลี่ยม แบบซุ้มกระโจม แบบตัวที (มนตรีและคณะ ,2552) ซึ่งในทำนองเดียวกันต้นขจรจัดเป็นพืชในกลุ่มไม้เลื้อยเช่นเดียวกับดอกพระจันทร์ ผู้วิจัยจึงได้นำรูปแบบค้างที่ใช้ข้างต้นมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ นอกจากนั้น กวิศร์ และ ดวงใจ (2551) ได้ศึกษาผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบที่มีต่อลักษณะทางกิ่งใบ การออกดอกและการติดผลของฝรั่งพันธุ์เย็นสองในปีแรกที่ให้ผลผลิต พบว่า ความแตกต่างของผลผลิตที่เกิดจากการจัดรูปทรงต้นนั้น ทำให้ประสิทธิภาพการรับแสงของใบในส่วนต่าง ๆ ของทรงพุ่มแตกต่างกัน รูปแบบที่ดีควรมีผลให้ใบในทุกส่วนของต้นรับแสงได้ดี และเนื่องจากพื้นที่ภาคกลางยังไม่มีข้อมูลการศึกษาการเจริญเติบโตของขจรที่ปลูกด้วยรูปแบบค้างที่ต่างกัน ดังนั้น วัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อ ศึกษารูปแบบของค้างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิตของขจร

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการทดลองที่สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน 2552 ปลูกโดยใช้รูปแบบค้างต่างกัน 5 รูปแบบ คือ รูปแบบซุ้มกระโจม ตัวเอ ตัวที สี่เหลี่ยม และซุ้มไม้เลื้อย (Figure 2) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) เตรียมแปลงปลูกขจร ขนาดยาว 1.50 เมตร กว้าง 1 เมตร และสูง 10 เซนติเมตร และเตรียมค้างรูปแบบต่าง ๆ 5 รูปแบบ คัดเลือกกิ่งปักชำขจรอายุ 2 สัปดาห์ ที่มีขนาดและความสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน ปลูกลงในแปลงทดลองที่เตรียมไว้ ใช้ระยะปลูก 25X50 เซนติเมตร ปฏิบัติดูแล โดยการรดน้ำ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 10 กรัมต่อต้น ทุก ๆ 14 วัน ภายหลังจากการย้ายปลูกต้นขจรเป็นเวลา 30 วัน ทำการจัดการกิ่งและเถาของต้นขจรให้ยึดเกาะกับค้างด้วยเชือก เมื่อครบกำหนด 90 วัน เริ่มทำการบันทึกผลการทดลองในด้านการเจริญเติบโต คือ ความสูงต้นเฉลี่ย พื้นที่ใบเฉลี่ย และดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย และในด้านการสร้างผลผลิตคือ น้ำหนักรวมของช่อดอกเฉลี่ย จำนวนช่อดอกเฉลี่ย จำนวนดอกต่อช่อเฉลี่ย น้ำหนักสดต่อช่อเฉลี่ย และน้ำหนักแห้งของช่อดอกเฉลี่ย น้ำหนักรวมของช่อดอกต่อปริมาตรการสร้างผลผลิตเฉลี่ย และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

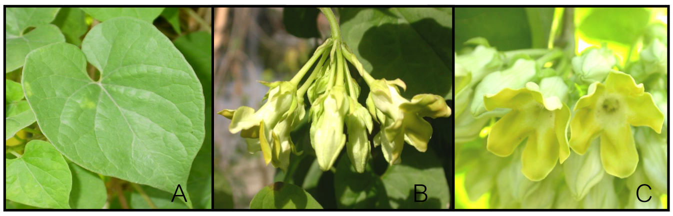


Figure 1 Leaves (A), flower of inflorescences (B), and flower(C).

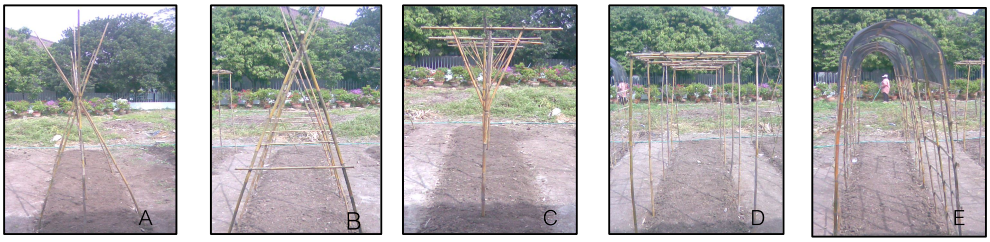


Figure 2 Types of staking of Cowslip Creeper; tepee arbor (A), A-frame (B), T-bar (C), rectangular (D), pergola (E).

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อต้นขจรมีอายุ 90 วัน บันทึกความสูงต้นเฉลี่ย พื้นที่ใบเฉลี่ย และดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย พบว่า รูปแบบของค้างที่แตกต่างกันทำให้การเจริญเติบโตของต้นขจรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค้างรูปแบบซุ้มกระโจม รูปแบบตัวเอ และรูปแบบ

ตัวที มีความสูงต้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 318.67-346.67 เซนติเมตร ส่วนค้างรูปแบบสี่เหลี่ยม และรูปแบบซุ้มไม้เลื้อย มีความสูงต้นเฉลี่ย 291.33 และ 291.67 เซนติเมตร ตามลำดับ ค้างรูปแบบตัวเอและรูปแบบตัวที กับค้างรูปแบบสี่เหลี่ยมและรูปแบบซุ้มไม้เลื้อย พบว่า ความสูงต้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การที่ต้นขจรมีความสูงเฉลี่ยใกล้เคียงกันอาจเนื่องมาจากเป็นช่วงแรกของการเจริญเติบโตด้านลำต้นของพืช ซึ่งยังไม่ได้รับอิทธิพลจากการบังแสงภายในทรงพุ่ม แต่ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากธาตุอาหารพืชที่ให้ทางดิน และการรับแสงและการสร้างอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของลำต้นไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ กวิศร์ และ ดวงใจ (2551) ที่พบว่า ระบบรูปทรงต้นไม่มีผลทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นเพิ่มขึ้น และพื้นที่หน้าตัดของลำต้นแตกต่างกัน ส่วนพื้นที่ใบเฉลี่ยและดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยของต้นขจรที่ปลูกด้วยรูปแบบค้างที่แตกต่างกันมีค่าพื้นที่ใบเฉลี่ยและดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table1) สอดคล้องกับ กวิศร์ และ ดวงใจ (2551) ที่พบว่าในปีแรกของการให้ผลผลิต ระบบรูปทรงต้นไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติในลักษณะทางกิ่งใบ ทำให้ประสิทธิภาพการรับแสงของใบในส่วนต่างๆ แตกต่างกัน ทรงต้นที่ดีมีผลให้ใบในทุกส่วนของต้นได้รับแสงดี และส่งผลให้รูปทรงต้นเจริญเติบโตเต็มที่ (กวิศร์, 2546) พื้นที่ใบกับดัชนีพื้นที่ใบเป็นค่าการเจริญเติบโตที่เป็นไปตามลักษณะประจำพันธุ์พืชนั้นๆ คือ มีความสม่ำเสมอของลักษณะประจำพันธุ์ ทางด้านสัณฐานวิทยา สรีรวิทยาหรือคุณสมบัติอื่นที่เป็นผลเนื่องจากการแสดงออกของสภาพทางพันธุกรรมที่จำเพาะต่อพันธุ์พืชนั้น (พระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช, 2542)

จากการศึกษารูปแบบของค้างที่มีผลต่อการสร้างผลผลิตของต้นขจร น้ำหนักรวมของช่อดอกเฉลี่ย จำนวนช่อดอกเฉลี่ย จำนวนดอกต่อช่อเฉลี่ย น้ำหนักสดต่อช่อเฉลี่ย น้ำหนักแห้งของช่อดอกเฉลี่ย และน้ำหนักรวมของช่อดอกต่อปริมาตรการสร้างผลผลิตเฉลี่ย พบว่า รูปแบบของค้างที่แตกต่างกันทำให้การสร้างผลผลิตของต้นขจรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นขจรที่ปลูกกับค้างรูปแบบซุ้มไม้เลื้อย ให้น้ำหนักรวมของช่อดอกเฉลี่ย จำนวนช่อดอกเฉลี่ย และน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1,986.68 กรัม, 122.60 ช่อดอก และ 1.58 กรัม ตามลำดับ ส่วนต้นขจรที่ปลูกโดยใช้ค้างรูปแบบตัวเอให้จำนวนดอกต่อช่อเฉลี่ย และน้ำหนักสดต่อช่อดอกเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 21.38 ดอก และ 2.03 กรัม ตามลำดับ และต้นขจรที่ปลูกโดยใช้ค้างรูปแบบซุ้มกระโจมมีน้ำหนักรวมของช่อดอกต่อปริมาตรการสร้างผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 800.99 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนต้นขจรที่ปลูกโดยใช้ค้างรูปแบบตัวที และรูปแบบสี่เหลี่ยม มีค่าปริมาณการสร้างผลผลิตใกล้เคียงกัน น้อยกว่าขจรที่ปลูกด้วยค้างแบบอื่นๆ (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับ มนตรี และคณะ (2552) ที่พบว่ารูปแบบของค้างที่แตกต่างกันทำให้ผลผลิตดอกตูมแตกต่างกัน

การปลูกต้นขจรโดยใช้ค้างรูปแบบต่างๆ กัน 5 รูปแบบ ให้ผลการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตดอกขจรที่แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับ มนตรี และคณะ (2552) ที่ศึกษารูปแบบของค้างต่อการให้ผลผลิตดอกพระจันทร์ โดยรูปแบบของค้างที่แตกต่างกันทำให้ผลผลิตดอกตูมแตกต่างกันด้วย ค้างรูปแบบตัวเอ และรูปแบบสี่เหลี่ยมทำให้ผลผลิตดอกพระจันทร์สูงที่สุด แต่จากการทดลอง ค้างรูปแบบซุ้มไม้เลื้อยให้ผลการสร้างผลผลิตดีที่สุดใน 3 ด้าน ได้แก่ น้ำหนักรวมของช่อดอกเฉลี่ย จำนวนช่อดอกเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งของช่อดอกเฉลี่ย ซึ่งเมื่อวิเคราะห์รูปทรงของค้างรูปแบบซุ้มไม้เลื้อย พบว่า มีปริมาตรที่มากกว่าค้างรูปแบบอื่นๆ ซึ่งอาจทำให้ผลผลิตที่ได้จากค้างรูปแบบซุ้มไม้เลื้อยมากกว่าค้างรูปแบบอื่นด้วย สอดคล้องกับมนตรี และคณะ (2552) ที่กล่าวว่า พื้นที่การใช้ประโยชน์ของค้างแต่ละแบบไม่เท่ากัน ผลผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากรูปแบบของค้างที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงแนะนำให้ปลูกต้นขจรโดยใช้ค้างแบบซุ้มไม้เลื้อยจะทำให้ได้ผลผลิตและผลตอบแทนสูงกว่าการใช้ค้างรูปแบบอื่นๆ

สรุปผล

การปลูกต้นขจรโดยใช้ค้างรูปแบบตัวเอทำให้ต้นขจรมีความสูงต้นเฉลี่ยมากที่สุด แต่ต้นขจรมีพื้นที่ใบเฉลี่ยและดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกันเมื่อปลูกโดยใช้รูปแบบค้างแตกต่างกัน และรูปแบบค้างที่ใช้สำหรับปลูกต้นขจรที่ดีที่สุด คือรูปแบบซุ้มไม้เลื้อยเพราะมีผลต่อการสร้างผลผลิตของต้นขจรมากที่สุด 3 ด้าน คือ ด้านน้ำหนักรวมของช่อดอกเฉลี่ย จำนวนช่อดอกเฉลี่ย และน้ำหนักแห้งของช่อดอกเฉลี่ย รองลงมา คือ รูปแบบตัวเอ เพราะมีผลต่อการสร้างผลผลิตของต้นขจรมากที่สุด 2 ด้าน คือ จำนวนดอกต่อช่อเฉลี่ย และน้ำหนักสดต่อช่อเฉลี่ย ส่วนรูปแบบซุ้มกระโจม มีผลต่อการสร้างผลผลิตของต้นขจรมากที่สุด 1 ด้าน คือ น้ำหนักรวมของช่อดอกต่อปริมาตรการสร้างผลผลิตเฉลี่ย ดังนั้น การผลิตดอกขจรควรเลือกใช้รูปแบบค้างแบบซุ้มไม้เลื้อย

Table 1 Stem height, leaves area and leaves area index of Cowslip creeper from different staking types.

Type of staking	Stem height (cm.)	Leaves area (cm^2)	Leaves area index
tepee arbor	318.67[ab]	38.02	25.35
A-frame	346.67[a]	40.93	27.28
T-bar	333.33[a]	44.35	29.56
rectangular	291.33[b]	31.62	21.08
pergola	291.67[b]	41.36	27.58
F-test	*	ns	ns
C.V.%	5.36	22.79	22.79

In the same column, Mean followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 2 Flowers fresh weight, number of inflorescences, number of flower, flowers fresh weight, flower dry weight and total weights of inflorescences/the production volume of cowslip creeper from different staking types.

Type of staking	Flowers fresh weight (g.)	Number of inflorescences	Number of flower	Flowers fresh weight (g.)	Flower dry weight (g.)	Total weights of inflorescences/ the production volume (g/m^3)
tepee arbor	800.99[b]	42.07[b]	20.87	1.99[a]	1.50	800.99[a]
A-frame	847.29[b]	43.80[b]	21.38	2.03[a]	1.50	564.86[ab]
T-bar	962.35[b]	57.13[b]	19.08	1.80[ab]	1.53	320.79[b]
rectangular	848.49[b]	49.57[b]	18.81	1.85[ab]	1.51	282.83[b]
pergola	1,986.68[a]	122.60[a]	17.84	1.65[b]	1.58	553.39[ab]
F-test	*	*	ns	*	ns	*
C.V.%	46.41	31.93	19.44	31.10	6.08	41.46

In the same column, Mean followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

เอกสารอ้างอิง

กวิศร์ วานิชกุล, 2546, การจัดทรงต้นและการตัดแต่งไม้ผล, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กวิศร์ วานิชกุล และดวงใจ นิสัยมั่น, 2551, ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบที่มีต่อลักษณะทางกิ่งใบ การออกดอกและการติดผลของฝรั่งพันธุ์เย็นสองในปีแรกที่ให้ผลผลิต, แก่นเกษตร, 36(2): 153-158.

นิดดา หงส์วิวัฒน์, 2550, ผัก 333 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน, บริษัท เอช. เอ็น. กรุ๊ป จำกัด,กรุงเทพฯ.

พระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช, 2542, [สืบค้น], http://www.acfs.go.th/km/act_plant_protection_2542.php, [30/ July/09].

มนตรี แก้วดวง, สายันต์ ตันพานิช, สุรสิทธิ์ วงษ์สัจจานันท์ และพงษ์ศักดิ์ แก้วศรี, 2552, การศึกษารูปแบบของค้างต่อการให้ผลผลิตดอกพระจันทร์, วิทยาศาสตร์เกษตร, 40(1): 189-192.

สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง, 2552, ขจร. ผักพื้นบ้านในประเทศไทย, [สืบค้น], http://lampang.doae.go.th/Vegetable/www/Plant/kajorn.htm, [19/ December/ 08].

Carr, G., 2009, Asclepiadaceae, Vascular Plant Family Access Page, [Online], http://www.botany.hawaii.edu/faculty/carr/pfamilies.htm, [15/January/09].

การศึกษาหาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดที่มีอยู่ในพืชสด และต้มชนิดต่าง ๆ

Study on Total Polyphenol in Various Fresh and Boiled Plants

ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล[1] และ นันธิยา จำปาทอง[1]

Larptansuphaphol, T. and Jhumpathong, N.[1]

Abstract

Various fresh and boiled plants (vegetables, herbs and beans) were studied on total polyphenol by Folin-Ciocalteu Phenol reagent method. From the results, total polyphenol in various fresh plants were between 192.00 - 742.88 mg/L GAE. Ethanol extracted Water Convolvulus leave had the highest total polyphenol (706.13 mg/L GAE) whereas water extracted Chinese Kale leave had the highest value (730.75 mg/L GAE). For herbs, ethanol extracted Shallot showed the highest value (737.25 mg/L GAE) whereas water extracted Porcupine Orange leave had the highest value (695.50 mg/L GAE). For beans, ethanol extracted Peanut had the highest value (554.25 mg/LGAE) whereas water extracted Peanut had the highest value (742.88 mg/LGAE). The values in boiled plants were between 156.75 - 742.88 mg/L GAE. Ethanol extracted Chinese Kale leave had the highest value (697.75 mg/L GAE) whereas water extracted Celery leave showed the highest value (708.12 mg/L GAE). For herbs, ethanol extracted Porcupine Orange leave had the highest value (736.25 mg/L GAE) whereas water extracted Shallot showed the highest value (561.25 mg/L GAE). For beans, ethanol extracted Peanut had the highest value (742.88 mg/L GAE) whereas water Peanut gave the highest value (492.38 mg/L GAE).

Keywords: total polyphenol, plants, GAE

บทคัดย่อ

ตัวอย่างพืชสดและต้ม (ผัก สมุนไพร และถั่ว) ชนิดต่างๆ นำมาวิเคราะห์หาปริมาณของโพลีฟีนอลทั้งหมด (total polyphenol) โดยวิธี Folin Ciocalteu phenol reagent จากการศึกษาปริมาณของโพลีฟีนอลทั้งหมด ในกลุ่มตัวอย่างพืชสด พบว่าอยู่ระหว่าง 192.00-742.88 mg/L GAE ตัวอย่างผักที่ใช้เอทานอลสกัด ใบผักบุ้ง มีปริมาณมากที่สุด 706.13 mg/L GAE, ที่ใช้น้ำสกัด ใบคะน้า มีปริมาณมากที่สุด 730.75 mg/L GAE ตัวอย่างสมุนไพรที่ใช้เอทานอลสกัด หอมแดง มีปริมาณมากที่สุด 737.25 mg/L GAE, ที่ใช้น้ำสกัด ใบมะกรูด มีปริมาณมากที่สุด 695.50 mg/L GAE ตัวอย่างถั่วที่ใช้เอทานอลสกัด ถั่วลิสง มีปริมาณมากที่สุด 554.25 mg/L GAE , ที่ใช้น้ำสกัด ถั่วลิสง มีปริมาณมากที่สุด 742.88 mg/L GAE , ตัวอย่างต้มที่พบอยู่ระหว่าง 156.75 - 742.88 mg/L GAE ตัวอย่างผักที่ใช้เอทานอลสกัด ใบคะน้า มีปริมาณมากที่สุด 697.75 mg/L GAE , ที่ใช้น้ำสกัด ใบตั้งโอ๋ มีปริมาณมากที่สุด 708.12 mg/L GAE ตัวอย่างสมุนไพรที่ใช้เอทานอลสกัด ใบมะกรูด มีปริมาณมากที่สุด 736.25 mg/L GAE , ที่ใช้น้ำสกัด หอมแดง มีปริมาณมากที่สุด 561.25 mg/L GAE ตัวอย่างถั่วที่ใช้เอทานอลสกัด ถั่วลิสง มีปริมาณมากที่สุด 742.88 mg/LGAE , ที่ใช้น้ำสกัด ถั่วลิสง มีปริมาณมากที่สุด 492.38 mg/L GAE

คำสำคัญ: โพลีฟีนอลทั้งหมด พืชสวน GAE

คำนำ

อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย และยังสามารถเกิดขึ้นได้จากการได้รับสารพิษจากสิ่งแวดล้อม สารเคมี รังสี ยาบางชนิด เนื่องจากเป็นอนุภาคไม่คงตัว จึงทำปฏิกิริยากับโมเลกุลที่อยู่ติดกันได้อย่างรวดเร็ว เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่าออกซิเดชัน (oxidation) ซึ่งอาจก่อผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อร่างกายได้ เช่นก่อให้เกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจ ภาวะข้อต่ออักเสบ ต้อกระจก และการเสื่อมของอวัยวะต่างๆ สารกลุ่มโพลีฟีนอลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (โอภา และคณะ, 2549) และ (นันท์นภัส, 2551) ดังนั้นการวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมทั้งหมดที่พบในพืชได้แก่ ผัก สมุนไพร และถั่วชนิดต่าง ๆ สดและต้ม โดยทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu Phenol Reagent

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1]Department of Biotechnology Faculty of Applied Science King Mongkut University of Technology North Bangkok Bangsue Bangkok 10800

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างพืชผัก สมุนไพร และถั่ว ได้แก่ คะน้า ผักบุ้งจีน ตั้งโอ๋ กวางตุ้ง หอมแดง ข่า ขมิ้น ตะไคร้ ใบมะกรูด ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วเขียว ถั่วลิสงและถั่วเหลือง สดและผ่านความร้อนด้วยการต้ม โดยเตรียมตัวอย่างจากการ ชั่งน้ำหนักพืชสด และต้มแต่ละชนิด 35 กรัม นำมาใส่ภาชนะแล้วเติมน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทำการปั่นด้วยเครื่อง Blender จนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน กรองด้วยผ้าขาวบาง เก็บส่วนใสที่ได้ในขวดพลาสติกเก็บตัวอย่าง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นทำซ้ำ แต่เปลี่ยนจากน้ำเป็น 95%เอทานอล ปริมาตร 50 มิลลิลิตรแทน แล้วนำตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu phenol reagent (Singleton และคณะ, 2004) โดยคำนวณหาปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในรูปของ milligrams of gallic acid equivalents per liter (mg/L GAE) โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการตรวจวัดปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของ Folin-Ciocalteu phenol reagent ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร โดยใช้ Gallic acid เป็นสารประกอบมาตรฐาน เพื่อใช้เปรียบเทียบกับตัวอย่างในการทดลอง ดังนั้นค่าโพลีฟีนอลจะถูกรายงานผลอยู่ในรูปที่เป็นอิสระ มีความคงทนต่อการเกิดไฮโดรไลซิสแสดงผลดัง Table 1 ถึง 3 และ Figure 1 ถึง 3 ตามลำดับดังนี้

Table 1 Average total polyphenol in fresh and boiled vegetables.

ลำดับที่	ผัก	ปริมาณโพลีฟีนอลเฉลี่ย (mg/L GAE)			
		เอทานอลกับผักสด	เอทานอลกับผักต้ม	น้ำกับผักสด	น้ำกับผักต้ม
1	ใบคะน้า	705.63	697.75	730.74	631.25
2	ใบผักบุ้ง	706.13	346.38	640.88	368.13
3	ใบกวางตุ้ง	637.88	642.13	609.63	641.95
4	ใบตั้งโอ๋	496.00	600.75	449.63	708.12
5	ก้านคะน้า	605.50	488.63	591.63	371.75
6	ก้านผักบุ้ง	491.75	156.75	294.50	182.63
7	ก้านกวางตุ้ง	293.63	292.00	214.25	203.70
8	ก้านตั้งโอ๋	237.25	244.88	223.25	372.25

Table 2 Average total polyphenol in fresh and boiled herbs.

ลำดับที่	สมุนไพร	ปริมาณโพลีฟีนอลเฉลี่ย (mg/L GAE)			
		เอทานอลกับสมุนไพรสด	เอทานอลกับสมุนไพรต้ม	น้ำกับสมุนไพรสด	น้ำกับสมุนไพรต้ม
1	ขมิ้น	506.75	697.25	374.13	358.75
2	ข่า	543.25	541.13	672.75	344.13
3	ตะไคร้	647.25	710.88	450.75	377.88
4	หอมแดง	737.25	632.00	672.75	561.25
5	ใบมะกรูด	614.00	736.25	695.50	466.63

Table 3 Average total polyphenol in fresh and boiled beans.

ลำดับที่	ถั่ว	ปริมาณโพลีฟีนอลเฉลี่ย (mg/L GAE)			
		เอทานอลกับถั่วสด	เอทานอลกับถั่วต้ม	น้ำกับถั่วสด	น้ำกับถั่วต้ม
1	ถั่วเหลือง	211.75	341.38	582.13	372.88
2	ถั่วเขียว	192.00	387.00	541.50	386.00
3	ถั่วดำ	202.38	257.63	676.50	339.00
4	ถั่วแดง	487.25	320.13	708.88	270.38
5	ถั่วลิสง	554.25	505.50	742.88	492.38

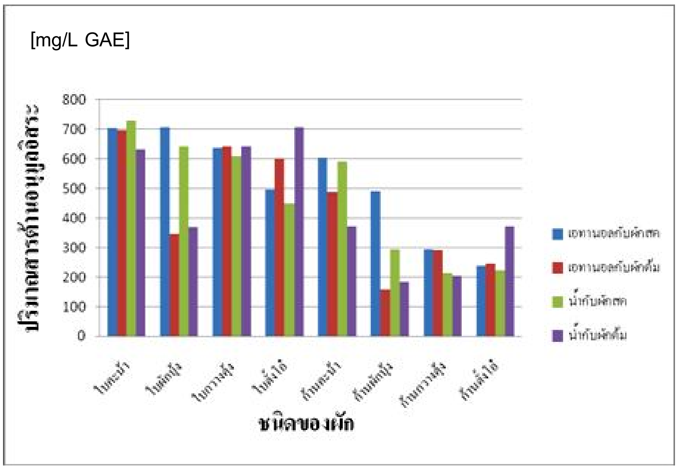


Figure 1 Comparison of average total polyphenol in fresh and boiled vegetables.

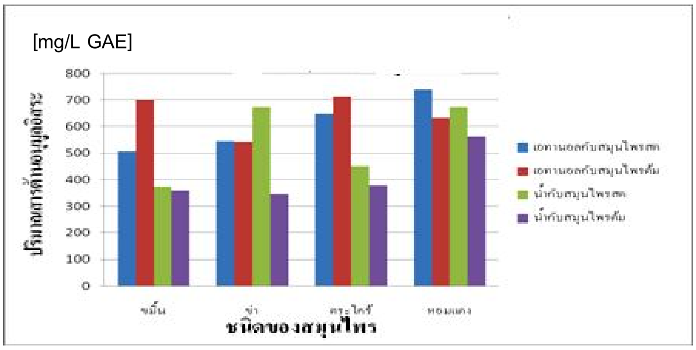


Figure 2 Comparison of average total polyphenol in fresh and boiled herbs.

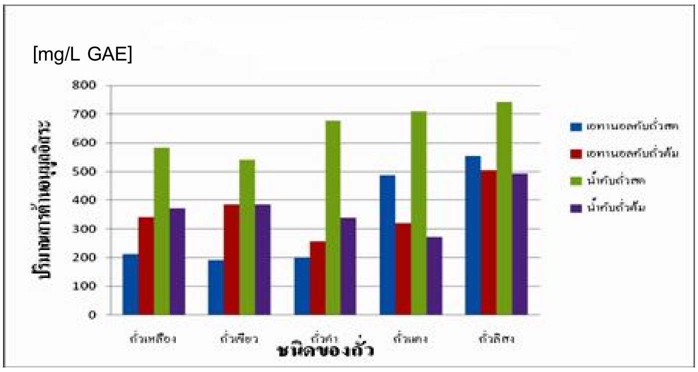


Figure 3 Comparison of average total polyphenol in fresh and boiled beans.

กลุ่มตัวอย่างสด

ตัวอย่างผักสดที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสกัดจ พบว่าใบผักบุ้ง จะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างผักสดที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสกัด จะพบว่า ใบคะน้า จะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างสมุนไพรสดที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสกัด จะพบว่า หอมแดง จะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างสมุนไพรสดที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสกัด พบว่าใบมะกรูด จะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างถั่วสดที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสกัด พบว่า ถั่วลิสง จะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างถั่วสดที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสกัด พบว่า ถั่วลิสง จะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด

จากการทดลองพบว่าปริมาณสารโพลีฟีนอลที่มีอยู่ในพืชตัวอย่างผัก สมุนไพร และถั่วในกลุ่มตัวอย่างสด ที่ได้จากการทดสอบโดยใช้ตัวทำละลายทั้งสองสกัด พบว่าไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากตัวทำละลายสกัดทั้งสองมีคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่างต้ม

ตัวอย่างผักต้มที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสกัด พบว่าใบคะน้า จะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างผักต้มที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสกัด พบว่า ใบตั้งโอ๋ จะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างสมุนไพรต้มที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสกัดพบว่าใบมะกรูดจะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างสมุนไพรต้มที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสกัดพบว่าหอมแดง จะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างถั่วต้มที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสกัดพบว่า ถั่วลิสง จะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด ตัวอย่างถั่วต้มที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายสกัดพบว่า ถั่วลิสง จะมีปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด

จากการทดลองพบว่า ปริมาณสารโพลีฟีนอลที่มีอยู่ในกลุ่มตัวอย่างต้มที่ได้จากการทดสอบโดยใช้ตัวทำละลายทั้งสองสกัด พบว่าไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันเช่นเดียวกับกลุ่มตัวอย่างสด

สรุปผล

การศึกษาปริมาณของโพลีฟีนอลทั้งหมด (total polyphenol) ในกลุ่มตัวอย่างพืชสวนสดพบว่าอยู่ระหว่าง 192.00-742.88 mg/L GAE ตัวอย่างผักที่ใช้เอทานอลสกัด ใบผักบุ้ง มีปริมาณมากที่สุด 706.13 mg/L GAE ตัวอย่างผักที่ใช้น้ำสกัด ใบคะน้า มีปริมาณมากที่สุด 730.75 mg/L GAE ส่วนตัวอย่างสมุนไพรที่ใช้เอทานอลสกัด หอมแดง มีปริมาณมากที่สุด 737.25 mg/LGAE ตัวอย่างสมุนไพรที่ใช้น้ำสกัด ใบมะกรูด มีปริมาณมากที่สุด 695.50 mg/LGAE ส่วนตัวอย่างถั่วที่ใช้เอทานอลสกัด ถั่วลิสง มีปริมาณมากที่สุด 554.25 mg/L GAE ตัวอย่างถั่วที่ใช้น้ำสกัด ถั่วลิสง มีปริมาณมากที่สุด 742.88 mg/L GAE ตัวอย่างต้มที่พบอยู่ระหว่าง 156.75 - 742.88 mg/L GAE ตัวอย่างผักที่ใช้เอทานอลสกัด ใบคะน้า มีปริมาณมากที่สุด 697.75 mg/L GAE ตัวอย่างผักที่ใช้น้ำสกัด ใบตั้งโอ๋ มีปริมาณมากที่สุด 708.12 mg/LGAE ส่วนตัวอย่างสมุนไพรที่ใช้เอทานอลสกัด ใบมะกรูด มีปริมาณมากที่สุด 736.25 mg/LGAE ตัวอย่างสมุนไพรที่ใช้น้ำสกัด หอมแดง มีปริมาณมากที่สุด 561.25 mg/L GAE ส่วนตัวอย่างถั่วที่ใช้เอทานอลสกัด ถั่วลิสง มีปริมาณมากที่สุด 742.88 mg/L GAE ตัวอย่างถั่วที่ใช้น้ำสกัด ถั่วลิสงมีปริมาณมากที่สุด 492.38 mg/L GAE

เอกสารอ้างอิง

นันท์นภัส เติมวงศ์, 2551, ความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีโนลิกส์ กับความสามารถรวมในการต้านอนุมูลอิสระในพืช, ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์, 8(2): 114-124 และ http://sci.bsru.ac.th/dept/mt/picnew/n1.doc [August 25,2009]

โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูง, จันทนา บุญยะรัตน์ และ มาลีรักษ์ อัตต์สินทอง, 2549, สารต้านอนุมูลอิสระ, พี.เอส.พริ้นท์, กรุงเทพฯ.

Singleton, V.L., Ornthafer, R. and Lamuela-Raventos, R.M., 2004, Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrater and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent, Methods in Enzymology, 299: 152-178.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 221-224 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 221-224 (2552)

การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของสบู่ที่ทำจากน้ำมันพืช 8 ชนิด

Study on the Efficiency of Antibiotic Soap Made from 8 Various Kinds of Plant Oil

เพ็ญจา จิตจำรูญโชคไชย[1] และ กิ่งแก้ว หิรัญเกิด[2]
Jitjumroonchokchai, P.[1] and Hirankerd, K.[2]

Abstract

Palm oil is a main raw material for soap production in Thailand, while the other kinds of oil can also be used for making soap. The objective of this research was to studied the efficiency of antibiotic soap making from various kinds of plant oil such as sunflower , rice bran, olive, palm, soybean , sesame, corn and coconut. The process of soap making by mixing plant oil 1,000 gm. with NaOH 35 gm. and Vaseline 25 gm. The formed of soap were tested after 3 weeks and found that the antibiotic soap made from soybean oil and sunflower oil could not be formed. The efficiency was tested by *Escherichia coli*. The result shows that the soap made from coconut oil can protect *Escherichia coli* better than the others. The testing of stability value of soap found that the soup made from palm oil has highest stability as 0.16396 gm.

Keywords: antibiotic, *Escherichia coli*, soap, plant oil

บทคัดย่อ

การผลิตสบู่ในประเทศไทยจะใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตโดยที่ยังมีน้ำมันจากพืชหลายชนิดที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตได้เช่นกัน จุดมุ่งหมายของการทดลองนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียของสบู่ที่ทำจากน้ำมันพืชแตกต่างกัน 8 ชนิด ได้แก่ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันรำข้าว น้ำมันมะกอก น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันงา น้ำมันข้าวโพด และ น้ำมันมะพร้าว โดยการนำน้ำมันแต่ละชนิด1,000 กรัม ผสมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) 35 กรัม และ วาสลีน 25 กรัม เทลงในแบบพิมพ์ ทิ้งไว้ 3 สัปดาห์เพื่อให้สบู่คงรูป จากการทดลองพบว่าสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันจากเมล็ดทานตะวันไม่สามารถคงรูปได้ จึงนำสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันที่เหลือมาทดสอบเรื่องการคงตัวและประสิทธิภาพการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* พบว่าสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียมากที่สุด การทดสอบความคงตัวของสบู่พบว่า สบู่ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มมีค่าความคงตัวสูงสุดโดยมีค่าเท่ากับ 0.61396 กรัม

คำสำคัญ: สารยับยั้ง แบคทีเรีย *Escherichia coli* สบู่ น้ำมันพืช

คำนำ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสากรรมตามประเภท สบู่ถูตัว (มอก. 29-2531) ว่าสบู่ (soap) เป็นเกลือโลหะ เกลือแอมโมเนีย หรือเกลือเอมีนของกรดไขมันของน้ำมัน หรือไขมันจากพืช และ/หรือสัตว์ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) โดยทั่วไปสบู่มีสูตรโครงสร้าง R-C-OOM โดยที่ R มักจะเป็น C_{11-23} และ M เป็นอิมัลซิฟายเออร์ผสมประเภทน้ำมันในน้ำ การใช้น้ำมันจากพืชชนิดอื่นมาทำเป็นสบู่ได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวางโดยที่ Bhattacharyya และ Chatterjee (2007) ได้ทำการศึกษาการใช้น้ำมันปาล์มมาผลิตเป็นสบู่สำหรับใช้ในห้องน้ำและพบว่ามีประสิทธิภาพในการคงตัวและเหมาะสำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใช้ทำความสะอาด

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือe-mail:doctorbkk@yahoo.com
[1]Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand. e-mail: doctorbkk@yahoo.com
[2]สาขาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]Technopreneurship and Innovation Management Program, Chulalongkorn University, Thailand.

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Larson และคณะ (2004) พบว่า การใช้สบู่ถูมือช่วยยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคหลายชนิด Voss (1975) กล่าวว่าสบู่ที่มีส่วนผสมของพืชสมุนไพรท้องถิ่นมีประสิทธิภาพในการลดเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* บนผิวหนังได้ถึง 62% การศึกษาสบู่ที่ผลิตน้ำมันพืชที่แตกต่างกัน 8 ชนิด มีจุดประสงค์เพื่อ หาประสิทธิภาพของสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันพืชที่แตกตัวกันว่าสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันพืชชนิดใดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli*. (*E.coli*) และมีคุณสมบัติในการคงตัวได้ดีที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

น้ำมันพืชที่เลือกใช้ มี 8 ชนิด คือ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน (sun flower seed oil) น้ำมันรำข้าว (rice bran oil) น้ำมันมะกอก (olive oil) น้ำมันปาล์ม (palm oil) น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) น้ำมันงา (sesame oil) น้ำมันข้าวโพด (corn oil) และน้ำมันมะพร้าว (coconut oil) แบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ คือ *E.coli* ATCC 25922 สารช่วยเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การผลิตสบู่ การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *E.coli* และทดสอบการคงตัวของสบู่

การผลิตสบู่ โดยนำน้ำมัน 8 ชนิด มาอย่างละ 200 กรัมหรือ 200 มล. (ทำอย่างละ 5 ขวด) เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปในขวดๆ ละ 20 กรัม นำไปอุ่นที่อุณภูมิ 60 องศาเซลเซียส เทลงในแบบพิมพ์ ทิ้งไว้ที่อุณภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน นำมาทดสอบความคงตัวและทดสอบประสิทธิภาพการความต้านเชื้อแบคทีเรีย *E.coli*

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองผลิตสบู่จากน้ำมันชนิดต่างๆ 8 ชนิด โดยทำการตรวจดูการขึ้นรูปและการแข็งตัวของสบู่ทุก 5 วัน เป็นเวลา 30 วัน แสดงดัง Table 1

Table 1 Time duration of soap forming in 8 various plants oil.

Various kinds of oil	Days						
	1	5	10	15	20	25	30
Sunflower seed oil	-	-	-	-	-	-	-
Rice barn oil	*	+	+	+	+	+	+
Olive oil	*	*	*	+	+	+	+
Palm oil	+	+	+	+	+	+	+
Soybean oil	-	-	-	-	-	-	-
Sesame oil	*	*	*	+	+	+	+
Corn oil	*	*	+	+	+	+	+
Coconut oil	*	+	+	+	+	+	+

* Formed in liquid soap

+ Formed in solid soap

- Unformed in soap

จาก Table 1 พบว่า มีน้ำมันพืชสองชนิดที่ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นสบู่ก้อนได้ คือ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันและน้ำมันถั่วเหลือง ส่วนสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มสามารถขึ้นรูปเป็นก้อนสบู่ได้เร็วที่สุด นำสบู่ที่สามารถขึ้นรูปได้มาทดสอบการคงตัวของสบู่ในน้ำ ผลการทดลองพบว่า สบู่ที่ผลิตผลิตจากน้ำมันรำข้าว น้ำมันมะกอก น้ำมันปาล์ม น้ำมันงา น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันมะพร้าว มีน้ำหนักหายไป 2.24904, 2.08886, 0.61396, 2.58366, 2.75898 และ 1.32451 กรัม ตามลำดับ แสดงดัง Figure 1.

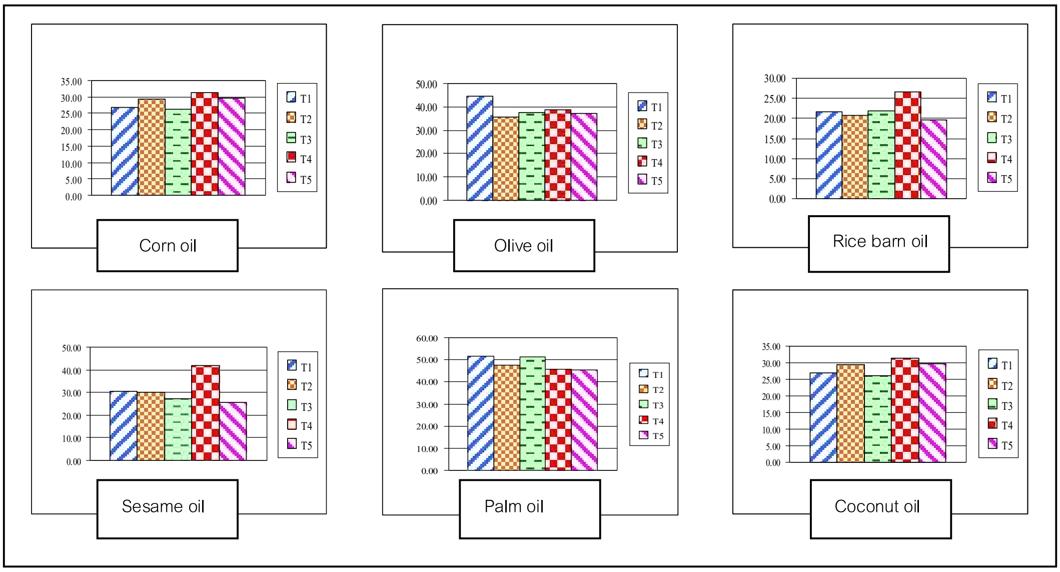


Figure 1 Stability of soap made from various kinds of oil.

ดังนั้นค่าคงตัวของสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มมีค่าสูงกว่าสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันชนิดอื่นเนื่องจากมีน้ำหนักที่หายไปจากการทดสอบน้อยกว่าสบู่ที่นำมาทำการทดสอบอีก 5 ชนิด การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *E.coli* โดยนำสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันทั้ง 6 ชนิดที่สามารถขึ้นรูปเป็นก้อนสบู่แข็งได้มาละลายน้ำผสมเชื้อ แบคทีเรีย *E.coli* ใส่ลงในรูที่เจาะในอาหารเลี้ยงเชื้อ ผลการทดลองแสดงดัง Figure 2

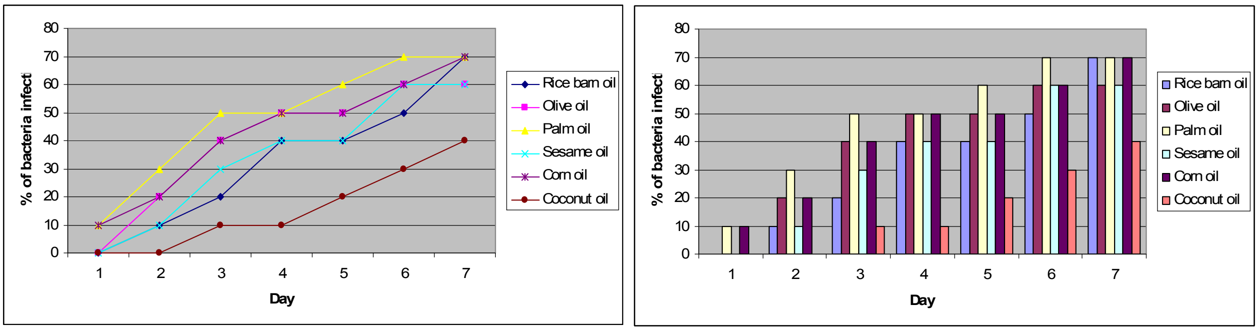


Figure 2 The percentage of *E.coli* infection in soap made from various kinds of oil.

จาก Figure 2 แสดงให้เห็นถึงการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรีย *E.coli* ในจานเพาะเชื้อที่ทดสอบด้วยนำสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันชนิดอื่น ซึ่งมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 95% การทดลองผลิตสบู่จากน้ำมันที่แตกต่างกัน 8 ชนิด ทำการทดสอบกับเชื้อ *E.coli* ชนิดเดียว ตามความเป็นจริงเชื้อแบคทีเรียที่สามารถปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกายได้มีอีกหลายชนิด ดังนั้นจึงควรมีการทดสอบกับเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่น อาทิ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นเชื้อที่พบบนผิวหนังเป็นปริมาณมากชนิดหนึ่ง

สรุปผล

การทดลองผลิตสบู่จากน้ำมัน 8 ชนิด ประกอบด้วย น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันรำข้าว น้ำมันมะกอก น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันงา น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันมะพร้าว แบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ คือ *E.coli* พบว่า น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันและน้ำมันถั่วเหลืองไม่สามารถขึ้นรูปเป็นสบู่ก้อนแข็งได้ ส่วนการคงตัวของสบู่ พบว่า สบู่ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มมีการคงตัวของสบู่มากที่สุด สำหรับประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *E.coli* พบว่า สบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียดีกว่าสบู่ที่ผลิตจากน้ำมันชนิดอื่น

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532, มาตรฐานอุตสาหกรรม-สบู่ซักล้าง: ข้อกำหนดทั่วไป. มอก. 152-2531, เอกสารมาตรฐานอุตสาหกรรม, กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, 230 หน้า.

Bhattacharyya, D.K. and Chatterjee, B., 2007, Palm Oil Fatty Acids in Soap and Detergent Formulations, Journal of the American Oil Chemists' Society, 61(2): 417-419.

Larson E.L., Lin S.X., Gomez-Pichardo, C. and Della-Latta, P., 2004, Effect of Antibacterial Home Cleaning and Handwashing Products on Infectious Disease Symptoms: a Randomized, Double-Blind Trial, Annals of Internal Medicine, 140(5): 321-329.

Voss, J.G., 1975, Effects of an Antibacterial Soap on the Ecology of Aerobic Bacterial Flora of Human Skin, Applied Microbiology, 30(4): 551–556.

สารสกัดจากพลูคาวและสาบเสือที่มีอิทธิพลต่อเชื้อ *Colletotrichum capsici* และ *Fusarium oxysporum*

Plucao (*Houttuynia cordata*) Thunb. and Sabsua (*Eupatorium odoratum* L.) Extracts Influence *Colletotrichum capsici* and *Fusarium oxysporum*

สนธยา พุทธวงศ์[1] และ ศศิธร วงศ์เรือง[1]
Puttawong, S.[1] and Worngroung, S.[1]

Abstract

Effect of plucao and sabsua extracts on growth of *Fusarium oxysporum* wilt and root rot fungus and *Collectotrichum capsici* cause of anthracnose disease were tested using paper disc diffusion toxicity monitoring. Extracting test plants using a ratio of plant and solvent of 1:5 (g/ml) gave the highest inhibition on *F. oxysporum* and *C. capsici* compared with extraction ratio of 1:7.5 and 1:10 (g/ml). Extracts of plucao and sabsua with 95 % ethanol were more inhibiting of the growth of both of fungi compared to extracts with water and hexane. The results revealed that sabsua extract by 95 % ethanol could inhibit mycelium growth of *F. oxysporum* and *C. capsici* at 52.92 % and 64.02 %, respectively. The plucao extract by 95 % ethanol gave the highest mycelial inhibition at 50.24 % for *F. oxysporum* and 62.35 % for *C. capsici* when the plant extracts was added into potato dextrose agar. Spore germination inhibition of *F. oxysporum* and *C. capsici* was also studied in potato dextrose agar mixed with plant extracted at 0.1 %, 0.5 % and 1.0 % (v/v) concentration. One percent sabsua extract showed highest spore germination inhibition, 66.95 % for *F. oxysporum* and 59.50 % for *C. capsici*.

Keywords: Sabsua, plucao, *Collectotrichum capsici*, *Fusarium oxysporum*

บทคัดย่อ

ผลของสารสกัดจากสาบเสือและพลูคาวเพื่อยับยั้งการเจริญของโรคเหี่ยวจาก *Fusarium oxysporum* และ *Collectotrichum capsici* สาเหตุของโรคแอนเทรคโนส โดยวิธี paper disc diffusion technique พบว่าสารสกัดจากสาบเสือและพลูคาวที่อัตราส่วนพืชต่อตัวทำละลาย 1:5 กรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับที่อัตราส่วนพืชต่อตัวทำละลาย 1:7.5 และ 1:10 กรัม/มิลลิลิตร สารสกัดจากพลูคาวและสาบเสือที่สกัดด้วย 95 เปอร์เซ็นต์เอทานอลสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้งสองได้ดีกว่าเฮกเซนและน้ำ สารสกัดโดยการใช้ 95 เปอร์เซ็นต์เอทานอลเป็นตัวทำละลายจากพืชทั้ง 2 ชนิด ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์ของเชื้อราได้สูงสุด เมื่อเทียบกับการสกัดโดยใช้น้ำและเฮกเซน สารสกัดจากสาบเสือที่สกัดด้วย95 เปอร์เซ็นต์เอทานอลสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อ *F. oxysporum* และ *C. capsici* ได้สูงสุด 52.92 เปอร์เซ็นต์ และ 64.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดจากพลูคาวยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อ *F. oxysporum* และ *C. capsici* ได้สูงสุด 50.24 เปอร์เซ็นต์ และ 62.35 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลในการยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อ *F. oxysporum* และ *C. capsici* ในอาหาร PDA ที่มีสารสกัดจากพืชในความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) พบว่า สารสกัดจากสาบเสือที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้สูงสุดคือ 66.95 เปอร์เซ็นต์ ของ *F. oxysporum* และ 59.50 เปอร์เซ็นต์ *C. capsici* และ ตามลำดับ.

คำสำคัญ: พลูคาว สาบเสือ *Collectotrichum capsici Fusarium oxysporum*

Introduction

Chilli (*Capsicum annum* L.) is one of the most important horticultural crops in Thailand. Anthracnose caused by *Colletotrichum capsici* is a major problem on mature fruits causing severe losses due to both pre-harvest and post-harvest fruit decay. Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* is also the most important tropical disease with typical symptom of vein clearing on the outer, younger leaflets, and yellowing of the oldest leaves (Agros,

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 50100
[1] Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, 50100, Thailand

1988). Control of chilli anthracnose fruits rot and fusarium wilt normally relied on chemicals. These resulted in many undesirable problems including health hazards in human, induced resistance in target organisms, and create the toxin residue in environment (Okigbo and Ogbonnaya, 2006). General strategy of biological control using bio-control agents such as antagonistic microorganisms, natural plant-derived and animal-derived compounds can used and replaced the chemical compound (Pal and Gardener, 2006) with higher benefit for both farmer and consumer. Plucao and Sabsue are indigenous species in the Northern of Thailand. Plucao (*Houttuynia cordata* Thunb.), a medicinal plant of Saururaceae family, consists of a variety of flavoids, flavonoid glycosides, pyridine alkaloids and essential oil. Sabsua (*Eupatorium odoratum* Linn) contains many chemical compounds such as essential oil (eupatol, l – eupatene, ceryl alcohol, trihydric alcohol (C25 H34O5)), alkaloids (anisic acid, tannin, acacetin, coumarin, lupeol, salvigenin, flavone)

Materials and Methods

Effect of plant extracts from Plucao and Sabsua by paper disc diffusion technique

Plucao or Sabsua fresh leaves was used at a ratio of 1:5, 1:7.5 or 1:10 (g/ml) fresh leaves per solvent (water, hexane and 95% ethanol). The culture of *C. capsici* and *F. oxysporum* was maintained in PDA slant. Stock culture was transferred to PDA plate. The 5-day-old culture of *C. capsici* and *F. oxysporum* was used for preparation of fungal spore suspension by dilute the spore in distilled water and adjusted concentration to 1×10^6 spore/ml. Spore suspension (0.1 ml) was spread on PDA. A drop of 10 μl of each plant extract and distilled water (control) was applied on 0.5 cm paper disc and placed on the plate. After that the plate was incubated at room temperatures for 3-4 days and clear zone was measured. The experiment was performed in three replication and statistical analysis by Complete Randomized Design (CRD).

Effect of plant extracts from Plucao and Sabsua on the in vitro mycelium growth and spore germination inhibition.

Mycelium growth inhibition

Plucao or Sabsua fresh leaves was used at a ratio of 1:5, 1:7.5 or 1:10 (g/ml) fresh leaves per solvent (water, hexane and 95% ethanol). The extracts were mixed into PDA culture at 0.1, 0.5 and 1% (v/v) concentration. Fungal mycelia disc (0.2 mm) was prepared from PDA culture of 5-day-old culture of *C. capsici* and *F. oxysporum*. Three replicated was conducted in each treatment by inoculated single fungal disc at the centre and incubated at room temperature for 5 day before mycelial diameter measuremen (Gopinath et al., 2006)t. The PDA plate containing no Plucao and Sabsua extracts was used as control.

Spore germination inhibition

Plucao or Sabsua fresh leaves was used at a ratio of 1:5, 1:7.5 or 1:10 (g/ml) fresh leaves per solvent (water, hexane and 95% ethanol). Spore suspension of *C. capsici* and *F. oxysporum* was prepared as described above. The concentration of spore was adjusted to 1×10^2 spore/ml by diluting in sterile distilled water. Petri plates of PDA mixed with Plucao or Sabsua extracts at 0.1, 0.5 and 1% (v/v) concentration was spread with 0.1 ml spore suspension. The plates were incubated at room temperature for 5 day and spore germination was recorded. PDA plates without the plant extract were used as control (Gopinath et al., 2006).

Results and Discussion

Effect of plant extracts from Plucao and Sabsua by paper disc diffusion technique

The result showed that Plucao and Sabsua extracted by water distillation and solvent extraction at 1:5 gave better inhibition effect on both *F. oxysporum* and *C. capsici* compared with extraction ratio of 1:7.5 and 1:10 (g/ml). The Plants extracted by ethanol extraction at 1:5 ratio gave highest inhibition effect on *C. capsici* and *F. oxysporum* (Table 1).

Effect of plant extracts from Plucao and Sabsua on in vitro mycelium growth and spore germination

The effected of Plucao and Sabsua extracts to inhibit mycelium growth of *F. oxysporum* and *C. capsici* was present in Figure 1. The result showed that Plucao and Sabsua extracts by 95% ethanol was the most effective method for inhibition of mycelium growth of both *C. capsici* and *F. oxysporum* when compare to water and hexane. The inhibition effect on spore germination to *F. oxysporum* and *C. capsici* was showed in Figure 2. The result was similar to the effected of mycelium growth inhibition. The Sabsua extract gave mycelium growth inhibition up to 64.02% and 52.91% for *C. capsici* and *F. oxysporum* respectively, at 1% concentration. The Sabsua extract also gave highest inhibition effect of spore germination. At 1%, 59.50% and 66.95% inhibition was obtained for *C. capsici* and *F. oxysporum* respectively.

Table 1 Inhibition effect of Plucao and Sabsua extracted on *F. oxysporum* and *C. capsici* by paper disc diffusion technique.

Extraction ratio (w/v)	Clear zone (cm)			
	F. oxysporum		*C. capsici*	
	Plucao	Sabsua	Plucao	Sabsua
95% Ethanol				
1:5	0.86^{a}	0.68^{a}	0.92^{a}	0.79^{a}
1:7.5	0.53^{c}	0.48^{bcd}	0.61^{b}	0.56^{c}
1:10	0.33^{e}	0.45^{cd}	0.54^{bc}	0.46^{cd}
Water distillation				
1:5	0.67^{b}	0.58^{ab}	0.59^{b}	0.73^{ab}
1:7.5	0.49^{c}	0.47^{bcd}	0.45^{cd}	0.59^{bc}
1:10	0.36^{de}	0.37^{de}	0.36^{de}	0.45^{cd}
Hexane				
1:5	0.46^{cd}	0.52^{bc}	0.59^{b}	0.50^{cd}
1:7.5	0.45^{cd}	0.42^{cde}	0.38^{de}	0.34^{de}
1:10	0.26^{e}	0.31^{e}	0.32^{e}	0.22^{e}
Control	0.00^{f}	0.00^{f}	0.00^{f}	0.00^{f}

Different letters in each column indicates significant level was set at $P < 0.05$

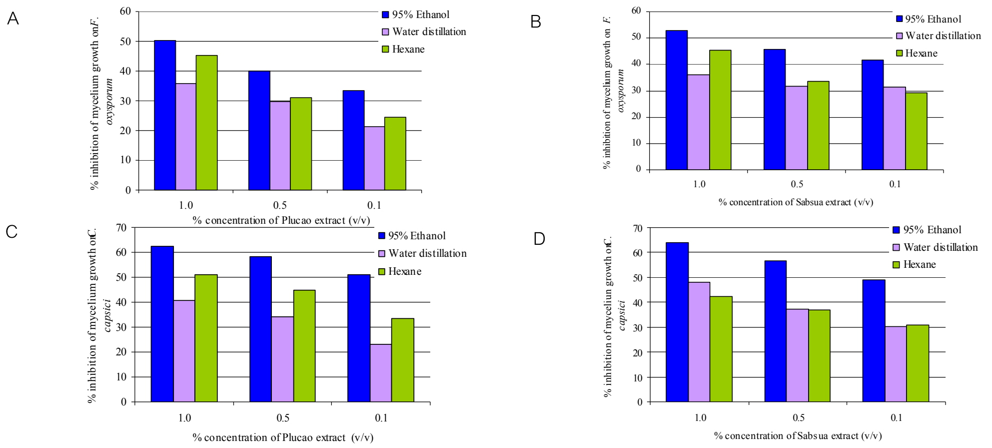


Figure 1 Inhibition effected of mycelium growth.

A. Plucao extract on *F .oxysporum* B. Sabsua extract on *F. oxysporum*

C. Plucao extract on *C. capsici* D. Sabsua extract on *C. capsici*

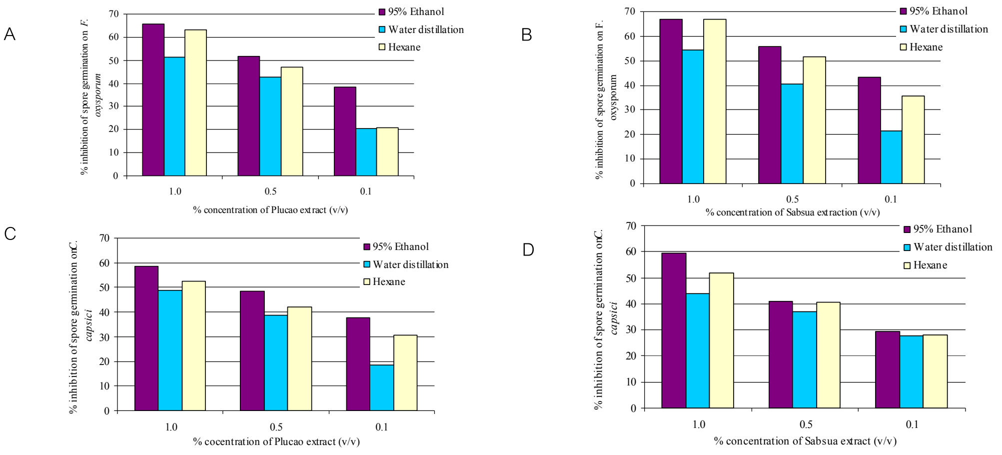


Figure 2 Inhibition effected of spore germination.

A. Plucao extract on *F. oxysporum* B. Sabsua extract on *F. oxysporum*

C. Plucao extract on *C. capsici* D. Sabsua extract on *C. capsici*

Summary

The extracts from Plucao and Sabsua by water distillation and solvent extraction at 1:5 gave highest inhibition effect on *F. oxysporum* and *C. capsici*. The Plucao and Sabsua extracted by 95% ethanol was the most effective method for inhibition effect on mycelium growth and spore germination of *C. capsici* and *F. oxysporum* when compare to water and hexane extraction method. The Sabsua extract at 1% gave high inhibition of mycelium growth (64.02%) for *C. capsici* and (52.91%) for *Fusarium oxysporum*. For inhibition effected of spore germination, it was fould that 1% Sabsua extract gave the highest inhibition effect at 59.50% and 66.95% for *C. capsici* and *F. oxysporum* respectively.

Literature cited

Agros, G.N., 1988, Plant Pathology (3rd ed.), New York: Academic Press.

Gopinath, K., Radhakrishnan, N.V., and Jayaraj, J., 2006, Effect of propiconazole and difenoconazole on the control of anthracnose of chilli fruits caused by *Colletotrichum capsici*, Crop Protection, 25(9): 1024-1031.

Okigbo, R.N. and Ogbonnaya, U.O, 2006, Antifungal Effects of Two Tropical Plant Leaf Extracts (*Ocimum gratissimum* and *Aframomum melegueta*) on Postharvest Yam (*Dioscorea* spp.) Rot, African Journal of Biotechnology, 5(9): 727-731.

Pal, K.K. and Gardener, B.M., 2006 (Eds), The Plant Health Instructor in Biological Control of Plant Pathogens, Constable, London, England, 206 p.

การขยายพันธุ์ผักปลังในสภาพปลอดเชื้อ

In Vitro Propagation of Ceylon Spinach (*Basella rubra* L.)

ธนิกานต์ พุ่มชาวสวน[1] และ ศศิธร วงศ์เรือง[1]
Pumchaosuan T.[1] and Wongroung S.[1]

Abstract

In vitro culture of Ceylon spinach (*Basella rubra* L.) was preliminary studied for anthocyanin production. Two types of explants including stem and leaf were used for callus induction. The method for sterization and concentration of plant growth regulators were optimized. It was found that sterilization by 7 % (v/v) Clorox for 15 min. and placed on Murashige and Skoog (MS) medium containing 0.1 µM 2,4-D and 5 µM BA gave a result of 100 % callus production from the stem type explant. The callus was subject to cell culture studied. Effect of sucrose concentration on cell culture of Ceylon spinach was investigated and it was found that 0.5070 g $L^{-1}d^{-1}$ growth rate can be obtained at 3 % sucrose. Anthocyanin production of the callus was induced by expose Ceylon spinach callus to UV light for 0, 5, 10, 20 and 30 min. and cultured on LS medium with 2,4-D and BA at 3 µM for 2 weeks. The result showed that callus treated with UV for 20 min. and 30 min. produced anthocyanin at 1.293 and 1.157 mg/100 g fresh cell weight respectively, whereas anthoctanin from the control callus was found at 1.001 mg/100 g fresh cell weight.

Keywords: propagation, *Basella rubra* L., anthocyanin, UV

บทคัดย่อ

การขยายพันธุ์ผักปลัง (*Basella rubra* L.) จากลำต้นและใบโดยการหาสภาวะที่เหมาะสมฟอกฆ่าเชื้อและระดับของสารควบคุมการเจริญ ผลการทดลองพบว่าการฟอกฆ่าเชื้อด้วย คลอร๊อกซ์เข้มข้นร้อยละ 7 (ปริมาณ/ปริมาณ) เป็นเวลา 15 นาที แล้ววางบนอาหาร Murashige and Skoog ที่มี 2,4-D 0.1 ไมโครโมล ร่วมกับ BA 5 ไมโครโมล มีการเกิดแคลลัสจากลำต้นสูงสุดถึงร้อยละ 100 เมื่อนำแคลลัสที่ได้นำมาศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสต่อการเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอย พบว่ามีอัตราการเจริญเท่ากับ 0.5070 กรัมต่อลิตรต่อวันในอาหารที่มีซูโครสร้อยละ 3 การตรวจสอบการผลิตแอนโทไซยานินในแคลลัสที่ได้จากลำต้นผักปลังด้วยรังสียูวีเป็นเวลา 0, 5, 10, 20 และ 30 นาที แล้วเลี้ยงในอาหาร LS ที่มี 2,4-D ร่วมกับ BA 3 ไมโครโมล เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าแคลลัสที่ได้รับรังสียูวีเป็นเวลา 20 และ 30 นาที สามารถผลิตแอนโทไซยานินได้ 1.293 และ 1.157 มิลลิกรัมต่อ 100กรัม น้ำหนักสัดส่วนแคลลัสที่เลี้ยงในสภาวะควบคุมการผลิตแอนโทไซยานินได้ 1.001 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

คำสำคัญ: การขยายพันธุ์ ผักปลังแดง แอนโทไซยานิน รังสียูวี

Introduction

Increasing attention has been paid by consumers to the health and nutrition aspects such as vitamins content, mineral elements and antioxidants of horticultural products (Scalzo *et al.*, 2005). Many type of fruits and vegetables contain significant levels of biologically activity components that impart health benefits beyond basic nutrient (Oomah and Mazza, 2000). Ceylon spinach (*Basella rubra* L.) are known for being rich in β-carotene and vitamin A (Eliana *et al.*, 2007). Interest in the role of antioxidants in human health has promoted research in the field of horticulture and food science to evaluate fruit and vegetable antioxidants and to determine how their content and activity can be maintained or even improved (Ayala-Zavala *et al.*, 2004).

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50100
[1]Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, 50100, Thailand

This preliminary research shows promise in callus producing for metabolite production. The objectives of this study were to propagation of Ceylon spinach (*B. rubra* L.) under in vitro condition, to study effect of sucrose on cell suspension culture of Ceylon spinach and to study effect of UV on anthocyanin production.

Materials and Methods

Induction and culture of callus

Basell rubra L. was procured from the Study centre of sufficiency economy according to His Majesty's initiative support centre, Chiang Mai, Thailand. Leaf and stem of *B. rubra* L. were rinsed in 70 % (v/v) ethanol for 1 seconds, sterilized by immersion for15 minutes in 7 % (v/v) sodium hypochlorite solution containing Tween 80, and rinsed three times in sterilized distilled water. The sterilized leaves (5 x 5 mm.) and stems 2 – 3 mm. in thinness were cut into pieces or blocks and placed on Murashige and Skoog medium (MS medium) supplemented with 3% sucrose, various concentration (0, 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 4 and 5 $\mu M\ L^{-1}$) of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and BA. The medium was solidified by 0.7 – 0.8% agar. The cultures were incubated in 16 hr. light and 8 hr. dark at 25^{o}C under cool white fluorescent and regeneration was observe.

The effect of sucrose concentration on cell suspension

Fourteen-day-old callus was transfer to 25 ml. of MS medium containing different concentration 3%, 6% and 9% (w/v) of carbon source to induce the anthocyanin production in 125-ml. flask. They are incubated on a reciprocal shaker (150 rpm.) in 16 hr. light and 8 hr. dark at 25^{o}C under cool white fluorescent. Cell growth was estimated by measurement of fresh cell weight. Cell was separated from the culture medium by vacuum filtration and weighed as a fresh cell weight (fcw).

Measurement of anthocyanin content

Anthocyanin was extracted overnight at 4^{o}C from 1 g. of fresh cells with 10 ml. of ethanolic containing 0.1% HCL. After removing the cell debris by centrifugation, absorbance at 535 nm of the clear supernatant was measured and anthocyanin content was calculated (Pasqua *et al.*, 2005)

Effect of UV on anthocyanin production in tissue culture.

Treatments consisted of callus placed on the LS medium contain 0.6 μML^{-1} 2,4-D and BA, the sample without light treatment was used as a control. Callus was subjected to 4 UV illumination durations (5, 10, 20 and 30 min). After UV illumination, control and illuminated callus was stored at 16 hr. light and 8 hr. dark at 25^{o}C under cool white fluorescent. Samples were taken after 14 day incubation.

Results and Discussion

Callus induction

Stem of Ceylon spinach was cultured on MS medium supplement with various concentration of 2,4-D combination with BA. Within 4 week of inoculation in media supplement with 0.1 $\mu M\ L^{-1}$ 2,4-D combination with 5 $\mu M\ L^{-1}$ BA, stem explants formed 100% callus (Table 1). Morphological variation of the induced callus was observed and they were categorized as friable callus, red compact and green compact (Figure. 1). The highest dry weight of callus (125.50 ± 7.85) were record at MS media supplemented with 0.1 $\mu M\ L^{-1}$ 2,4-D combination with 5 $\mu M\ L^{-1}$ BA.

(A.) (B.) (C.)

Figure 1 Characteristic of Callus initiation from stem explants culture on MS medium with 2,4-D and BA.
(A.) Friable callus (0.1 µML^{-1} 2,4-D + 5 µML^{-1} BA.) (B.) Red compact (0.1 µML^{-1} 2,4-D + 3 µML^{-1} BA.)
(C.) Green compact (0.5 µML^{-1} 2,4-D + 1 µML^{-1} BA.)

Table 1 Callusing (%) and dry weight (mg.) of Ceylon spinach on MS media contains 2,4-D combination with BA.

2,4-D µM / BA µM	0	0.1	0.5	1	2	3	4	5
0	95 / 39.50	95 / 35.00	95 / 30	100 / 40	100 / 45	100 / 65	100 / 77.50	100 / 82.75
0.1	100 / 85.25	100 / 95	100 / 85.25	100 / 100	100 / 90	100 / 98.25	100 / 100	100 / 125.50
0.5	85 / 60	85 / 63	80 / 46.25	80 / 65	80 / 55	80 / 37.50	80 / 65	80 / 47.50
1	72 / 35	72 / 47.50	72 / 30	60 / 30	50 / 55.25	50 / 51.75	50 / 50.25	50 / 47.25
2	25 / 50.50	0 / 53.50	0 / 40.75	0 / 48.25	0 / 51.50	0 / 51.25	0 / 40.75	0 / 35.75
3	0 / 56.25	0 / 60.50	0 / 58.75	0 / 62.75	0 / 57.50	0 / 55.50	0 / 60.25	0 / 50.25
4	0 / 56.25	0 / 63.75	0 / 56.75	0 / 47.50	0 / 54.75	0 / 46.50	0 / 53.75	0 / 65.25
5	0 / 51	0 / 55	0 / 65	0 / 46.75	0 / 45	0 / 51.25	0 / 49.75	0 / 60

The effect of sucrose concentration on cell suspension

Cell-suspension in 3, 6 and 9% sucrose were compared as show in Figure. 2. The log phase of cell-suspension was 6 to 10 days after inoculation at 3% and 6% sucrose medium respectively. Cell-suspension in 9% sucrose was slow-growing during the first 9 day of inoculation. Growth rate of cell-suspension was show in Table 2. Plant cell, tissue or organ culture normally requires the incorporation of a carbon source to the culture medium (Vespasiano and Wanger, 2003) and each species require different concentration. There are many reports on effect of sucrose concentrations on cell suspension for metabolite production. For example, *Morinda elliptica* (Rubiaceae) cell suspension culture were established for the production of anthraquinones on MS medium and it was found that 8% (w/v) sucrose was the best condition in enhancing both cell growth and anthraquinone (Abdullah *et. al.*, 1998).

Table 2 Effect of sucrose concentration (3, 6 and 9% w/v) of Ceylon spinach on MS medium.

Sucrose concentration (%w/v)	Growth rate (gL^{-1}d^{-1})
3	0.5070
6	0.4056
9	0.0546

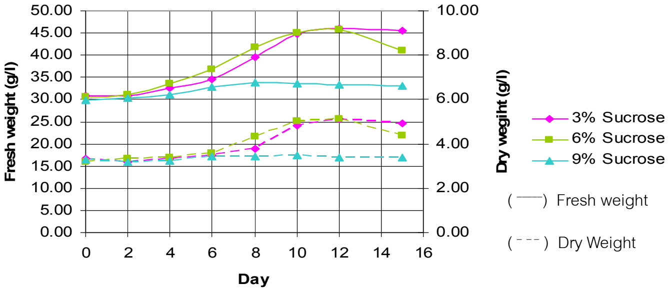


Figure. 2 Growth rate of cell suspension on MS medium contain 3, 6 and 9% (w/v) sucrose.

Effect of UV on anthocyanin production in tissue culture.

The result in this study showed that UV illumination effect anthocyanin production in callus of Ceylon spinach. Callus treated by UV for 20 and 30 min produced anthocyanin at 1.293 and 1.157 mg./100 g. fresh cell weight respectively (Table 4). Similar report concerning the relation between anthocyanin production and UV treatment was described by Mustafa *et al*., (2008). The report concluded that UV illumination was the best condition for enhancing of the anthocyanin accumulation in strawberry.

Table 4 Effect of UV on anthocyanin production in callus of Ceylon spinach after 14 day incubation.

UV illumination (min)	Anthocyanin content (mg./ 100 g. fresh weight)
0	1.001
5	0.953
10	0.856
20	1.293
30	1.157

Summary

Stem of Ceylon gave the highest callusing on MS medium supplement with 0.1 μM L^{-1} 2,4-D and 5 μM L^{-1} BA. Cell-suspension in 3% sucrose medium produced a maximum of fresh weight and dry weight after 15 day. Anthocyanin content varied in different type of explant. Callus treated with UV illumination effect anthocyanin production. For this experiment, the highest anthocyanin production was obtained in calluses treated with 20 min. UV- illumination.

Literature cited

Abdullah, M.A., Ali, A.M., Marziah, M., Lajis, N.H. and Ariff, A.B., 1998, Establishment of Cell Suspension Cultures of Morinda Elliptica for the Production of Anthraquinones, Plant cell, Tissue and Organ Culture, 54(3): 173–182.

Eliana, F.O., Paulo, C.S. and Milton, C.C., 2007, Stability of Anthocyanin in Spinach Vine (*Basella rubra*) Fruits, Ciencia Investigacion Agraria, 34(2): 115-120.

Mustafa, M., Hassan, E.M., Kermode, M.W. and Zahran, E.M., 2008, Antioxidant and Nutritional Properties of Date Fruit from Elche Grove as Affected by Maturation and Phenotypic Variability of Date Palm, Food Science and Technology International, 15(1): 65-72

Oomah, B.D. and Mazza, G., 2000, Functional Food. In: Francis, F.J. (ed.), The Wiley Encyclopedia of Science and Technology, Vol. 2, Wiley, New York, 1176–1182 p.

Scalzo, J., Politi, A., Pellegrini, N., Mezzetti, B and Battino, M., 2005, Plant Genotype Affects Total Antioxidants Capacity and Phenolic Contents in Fruit, Nutrition, 21(2): 207–213.

Vespasiano B.P.N and Wanger C.O., 2003, Carbon Source and Their Osmotic Potential in Plant Tissue Culture: Dose it matter?, Scientia Horticulturae, 97: 193–202.

คุณลักษณะของโปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ดที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วยน้ำร้อน สำหรับใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส

Characterization of Mushroom Protein Hydrolysate Hydrolyzed by Hot Water Use as Flavoring Agent

แพรวไพลิน ตันติบุตร[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ปนิดา บรรจงสินศิริ[2]

Tontibout, P.[1], Laohakunjit, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Banjonsinsiri, P.[2]

Abstract

Mushroom protein hydrolysates (MPHs) from shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) and oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer.) were hydrolyzed by hot water at 95°C. Each mushroom was varied 2 different hydrolysis times at 12 and 24 hours. The results showd that the best condition to produce mushroom protein hydrolysates was at 24 hours hydrolysis with the highest degree of hydrolysis 50.11%, 46.52% and salt content at 2.40% and 1.60%, respectively. MPHs from shiitake mushroom was light brown color which L*, a* and b* values were 36.3, -1.5 and +5.2, respectively. MPHs from oyster mushroom was light brown color which L*, a* and b* values were 36.2, -1.5 and +5.0, respectively. Using Dynamic headspace gas chromatography-mass spectrometry (DHS GC-MS) analysis, 7 major volatile compounds were identified in MPHs as benzaldehyde, 2-heptenal, 1, 2, 4-trithiolane, 3-octanone, 2-undecenal, 2-dodecenal, and pentanoic acid.

Keywords: mushroom protein hydrolysate, heat treatment, flavoring agent

บทคัดย่อ

โปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ดจากเห็ดหอม (*Lentinula edodes*) และเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer.) โดยการไฮโดรไลซ์ด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95°C แปรระยะเวลาในการให้ความร้อนที่ 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมและเห็ดนางรมคือ ระยะเวลาในการให้ความร้อนที่ 24 ชั่วโมง โดยมีค่าระดับการย่อยสลายร้อยละ 50.11 และ 46.52 มีปริมาณเกลือร้อยละ 2.40 และ 1.60 ตามลำดับ โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากเห็ดหอมมีสีน้ำตาลอ่อน มีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 36.3, -1.5 และ +5.2 ตามลำดับ ส่วนโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากเห็ดนางรมมีสีน้ำตาลอ่อน มีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 36.2, -1.5 และ +5.0 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยให้กลิ่นในโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากเห็ดทั้งสองชนิดด้วยวิธี Dynamic headspace gas chromatography-mass spectrometry (DHS GC-MS) พบสารหอมระเหยที่สำคัญในโปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ด 7 ชนิด คือ benzaldehyde, 2-heptenal, 1, 2, 4-trithiolane, 3-octanone, 2-undecenal, 2-dodecenal, และ pentanoic acid

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ด การให้ความร้อน สารปรุงแต่งกลิ่นรส

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 3 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut University of Technology Thonburi 83 Moo 8 Tha-kam, Bangkhuntien, Bangkok 10150

[2]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ถ.เลียบคลองห้า ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[2]Thailand Institue of Sciencific and Technological Research (TISTR) 35 Moo 3 Technopolis, Klongha, Klongluang, Pathumthani 12120

คำนำ

ปัจจุบันเห็ดมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเห็ดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) ซึ่งมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิด เช่น โปรตีน (เห็ดบางชนิดมีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 40 ของน้ำหนักแห้ง) คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ นอกจากนี้เห็ดบางชนิดยังมีสรรพคุณทางยาด้วย จากการที่เห็ดมีโปรตีนสูงประมาณร้อยละ 10-40 มีกรดอะมิโนที่จำเป็นที่พบมากคือ ลิวซีนและไลซีน รวมทั้งยังมีกลูตามิก ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ทำให้มีกลิ่นรสที่ดี สามารถนำเห็ดมาผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซท เพื่อพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสต่างๆ ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารได้ การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทได้จากการย่อยสลายโปรตีนจากพืชที่มีโปรตีนสูง วิธีการย่อยสลายที่นิยมใช้มี 3 วิธี คือ การใช้กรด ด่าง และเอนไซม์ (Hudson, 1992) ซึ่งสองวิธีแรกทำให้เกิดสารพิษ และสูญเสียคุณค่าทางอาหาร (Howell, 1996) ส่วนการใช้เอนไซม์ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง และโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้อาจมีรสขม ไม่เป็นที่ยอมรับ (สุปราณี, 2539) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทโดยการไฮโดรไลซ์ด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูง 95°C เนื่องจากการให้ความร้อนสูงเป็นการทำให้โปรตีนเสียสภาพ สามารถย่อยสลายพันธะเปปไทด์และกรดอะมิโนได้บางส่วน แม้ว่าประสิทธิภาพการย่อยสลายอาจไม่เทียบเท่ากับการย่อยสลายด้วย กรด ด่าง และเอนไซม์ก็ตาม แต่การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอม และเห็ดนางรม โดยการให้ความร้อนสูง ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาการเกิดสารพิษจากการใช้กรด ด่าง และลดต้นทุนหรือลดปัญหาโปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีรสขมจากการใช้เอนไซม์

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเห็ดหอมและเห็ดนางรมผงอบแห้งใส่ลงในขวดก้นกลม จากนั้นเติมน้ำที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อในอัตราส่วน 1:20 แล้วนำมาไฮโดรไลซ์ด้วยน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 95°C แปรเวลาในการไฮโดรไลซ์ 12 และ 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี–กายภาพ ดังนี้ วิเคราะห์ระดับการย่อยสลาย (%DH) โดยวิธี Trichloroacetic acid (TCA), %yield, ปริมาณเกลือ โดยใช้ salinity refractometers, ค่า pH โดยใช้ pH meter, ค่าสี (L*, a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta color reader รุ่น C-10) และเลือกสภาวะที่ดีที่สุดของโปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ดหอมและเห็ดนางรมมาวิเคราะห์สารหอมระเหยให้กลิ่นรส ด้วย Dynamic headspace gas chromatography-mass spectrometry (DHS GC-MS) โดยใช้ column HP-5MS (60 m x 0.32 nm x 1.00 um) อุณหภูมิของ oven ถูกตั้งโปรแกรมไว้ที่ 55°C เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเพิ่มทีละ 8°C/นาที จนถึง 180°C เป็นเวลา 5 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิอีกทีละ 8°C/นาที จนถึง 220°C เป็นเวลา 10 นาที ใช้แก๊สฮีเลียมเป็น carrier gas ที่อัตราการไหลคงที่ คือ 1.0 มล./นาที จากนั้นวิเคราะห์สารให้กลิ่นรสเทียบจาก NIST-MS และ Wiley library และคำนวณค่า Retention Indexs (R.I.) จากสาร n-alkane standard (C_6-C_{20}) วางแผนการทดลองแบบ 2 x 2 factorial in completely randomized design ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (1990)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

โปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ด (MPHs) จากเห็ดหอมและเห็ดนางรมโดยการไฮโดรไลซ์ด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 95°C ที่เวลา 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง มีค่าระดับการย่อยสลาย (%DH) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ MPHs จากเห็ดทั้งสองชนิดมี %DH สูงสุดที่เวลา 24 ชั่วโมง (Figure 1) โดย MPHs จากเห็ดหอมมี %DH สูงสุดร้อยละ 46.52 มีค่า yield ร้อยละ 74.62 มีปริมาณเกลือร้อยละ 2.40 มีสีน้ำตาลอ่อน มีค่า L*, a*, b* เท่ากับ 36.3, -1.5 และ +5.2 ตามลำดับ (Table 1) ส่วน MPHs จากเห็ดนางรมมี %DH สูงสุดร้อยละ 50.11 มีค่า %yield ร้อยละ 75.63 มีปริมาณเกลือร้อยละ 1.60 มีสีน้ำตาลอ่อน มีค่า L*, a*, b* เท่ากับ 36.2, -1.5 และ +5.0 ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Blortz และ Muller (2003) ที่ไฮโดรไลซ์เห็ดกระดุมโดยการใช้น้ำที่ 50°C และมี % DH ร้อยละ 25 แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิในการไฮโดรไลซ์สูงกว่านี้ คาดว่า%DH ที่ได้น่าจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อพิจารณา %DH ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดทั้งสองชนิดพบว่า ทั้งที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดนางรมมี %DH สูงกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอม ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณโปรตีนในเห็ดเริ่มต้น (เห็ดนางรมปริมาณโปรตีนร้อยละ 19 และเห็ดหอมมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 17 ของน้ำหนักแห้ง) แต่ % yield ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดทั้งสองชนิดมีค่าไม่แต่ต่างกัน ($p > 0.05$) แสดงว่าชนิดของเห็ดและเวลาในการไฮโดรไลซ์ไม่มีผลต่อ %yield ส่วนปริมาณเกลือในโปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ดหอมมีค่าสูงกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ดนางรมเอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 1.60-2.40 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณเกลือในเห็ดเริ่มต้นก่อนนำไปไฮโดรไลซ์ แสดงให้เห็นว่าชนิดของเห็ดมีผลต่อปริมาณเกลือ

ในโปรตีนไฮโดรไลเซท เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยให้กลิ่นในโปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ดทั้งสองชนิดจากสภาวะที่มี %DH สูงสุด พบว่ามีสารหอมระเหยให้กลิ่นชนิดเดียวกัน คือ benzaldehyde (almond), 2-heptenal (green), 1, 2, 4-trithiolane, 3-octanone (mushroom, oily), 2-undecenal (sweet), 2-dodecenal (oily), และ pentanoic acid (green, fresh) แต่มี %relative peak area ต่างกันตามชนิดของเห็ด (Table 2) ยกเว้น 1, 2, 4-trithiolane ที่พบเฉพาะในเห็ดหอมเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับ Caglarirmak และคณะ (2007) ที่รายงานว่า 1, 2, 4-trithiolane เป็นสารให้กลิ่นรสที่สำคัญพบเฉพาะในเห็ดหอม นอกจากนี้ยังพบว่า 3-octanone เป็นสารหอมระเหยให้กลิ่นที่สำคัญมีคาร์บอน 8 อะตอม ที่มีลักษณะเป็นกลิ่นเห็ดสุกหรือเห็ดที่ผ่านการให้ความร้อน ซึ่งสามารถพบได้ในเห็ดทั่วไปหลายชนิด เช่น เห็ดหอม เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม และกระดุม (Misharina และคณะ, 2007)

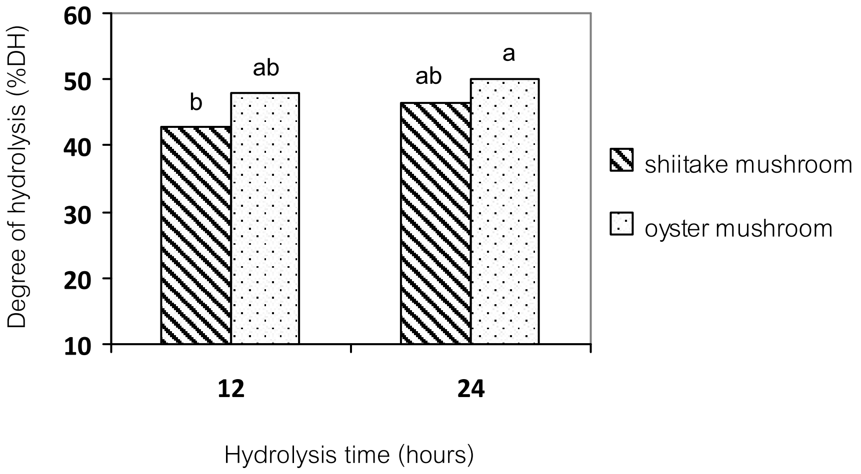


Figure 1 %Degree of hydrolysis (%DH) of shiitake and oyster mushroom protein hydrolysate by hot water at 95°C and hydrolysis time at 12 and 24 hours.

Table 1 %yield, %NaCl, pH and color value of shiitake and oyster mushroom protein hydrolysate by hot water at 95°C and hydrolysis time at 12 and 24 hours.

Condition		Yield (%)	NaCl (%)	pH	Color value		
					L*	a*	b*
Shiitake mushroom	control	-	2.40[a]	5.80	-	-	-
	12 h.	73.09	2.40[a]	5.87	36.3	-1.5	4.9
	24 h.	74.62	2.40[a]	5.84	36.3	-1.5	5.2
Oyster mushroom	control	-	1.60[b]	5.80	-	-	-
	12 h.	73.53	1.60[b]	5.78	36.3	-1.6	5.0
	24 h.	75.63	1.60[b]	5.81	36.2	-1.5	5.0
F-test		NS	*	NS	NS	NS	NS

NS mean in the same column are not significant difference ($p > 0.05$)

* mean the letters in the same column are significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 2 Volatile compounds in shiitake and oyster mushroom protein hydrolysate by hot water at 95°C and hydrolysis time at 24 hours.

Peak	Volatile compound	R.I.	Relative peak area (%)		Odor description
			Shiitake	Oyster	
1	benzaldehyde	942	62.48	76.56	almond
2	2-heptenal	1060	4.92	6.03	green
3	1,2,4-trithiolane	1118	17.60	-	-
4	3-octanone	1372	2.20	2.70	mushroom, oily
5	2-undecenal	1456	1.50	1.83	sweet
6	2-dodecenal	1556	6.75	8.27	oily
7	pentanoic acid	1594	4.54	4.61	green, fresh

สรุปผล

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดหอมและเห็ดนางรมโดยการไฮโดรไลซ์ด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 95°C เวลาการย่อยสลาย 24 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่ดีที่สุด คือมี % DH ร้อยละ 46.52 และร้อยละ 50.11 ตามลำดับ นอกจากนี้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดทั้งสองชนิดยังมี pH ค่าเกลือ ค่าสี และสารหอมระเหยให้กลิ่นที่ไม่แตกต่างกันและสามารถนำไปพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ โครงการสร้างภาคีบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

สุปราณี แย้มพราย, 2539, การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากของเหลือจากโรงงานผลิตซูริมิเพื่อใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 119 หน้า

Caglarirmak, N., 2007, The Nutrient of Exotic Mushroom (*Lentinula edodes* and *Pleurotus* species) and an Estimated Approach to the Volatile Compounds, Food Chemistry, 105: 1188-1194.

Hudson, B.J.F., 1992, Biochemistry of Food Proteins, Elsevier Applied Science, London, 235-248.

Howell, N.K., 1996, Chemical and enzymatic modification, 235-280.

Misharina, T.A., Muhutdinova, S.M., Zharikova, G.G., Terenina, M.B. and Krikunova, N.I., 2007, The Composition of Volatile Compounds of Cepe (*Boletus edulis*) and Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus*), Applied Biochemistry and Microbiology, 45: 187-193.

ผลของสารสกัดจากส้มป่อยและยาสูบในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Colletotrichum capsici*

Effect of Soap Pod and Tobacco on Inhibition of *Colletotrichum capsici*

ภาณุพล จังคศิริ[1] และ ศศิธร วงศ์เรือง[1]
Changkasiri, P.[1] and Wongroung, S.[1]

Abstract

The effect of types of solvent and time of exposure on two local plant extracts including soap pod *(Acacia concinna* (Willd.) DC.) and tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) were studied individually by using 70% ethanol, 95% ethanol, and methanol for 1, 2 and 3 days. It was found that extraction with 70% ethanol for 3 days gave the highest yield of crude extract of 0.32 % (w/w) from soap pod and 0.11 % (w/w) from tobacco. The result from the plant extract analysis showed that crude extract of soap pod contains saponin as high as 60mg/g. These plant extracts were evaluated for growth inhibition of *Colletotrichum capsici* at 2,000, 10,000, 20,000, and 40,000 ppm. The result revealed that crude extract from both soap pod and tobacco at 40,000 ppm was the most effective concentration for mycelium growth inhibition. The highest inhibition of 100% and 25.5% was obtained for crude extract of soap pod and tobacco, respectively. In addition, spore germination was inhibited to 100% by 20,000 ppm soap pod extract and 88.88% by 40,000 ppm tobacco extract.

Keywords: chilli, plant extract, *Collectotrichum capsici*, saponin

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของตัวทำละลายและเวลาต่อการสกัดสารจากพืชท้องถิ่น 2 ชนิด คือ ส้มป่อยและยาสูบ โดยใช้เอทานอล 70% เอทานอล 95% และเมทานอล เปรียบเทียบเวลาในการสกัดที่ 1, 2 และ 3 วัน พบว่าการสกัดด้วยเอทานอล 70% นาน 3 วัน จะให้ปริมาณสารสกัด (crude extract) มากที่สุดคือ 32.2 เปอร์เซนต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) จากส้มป่อย และ 11.1 เปอร์เซนต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) จากยาสูบ การวิเคราะห์สารสกัดที่ได้ พบว่าส้มป่อยมีปริมาณ saponin ถึง 60 มิลลิกรัม/กรัม ของสารสกัด ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Collectotrichum capsici* ที่ระดับความเข้มข้น 2000, 10000, 20000 และ 40000 พีพีเอ็ม พบว่าสารสกัดจากส้มป่อยและยาสูบ สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์เชื้อรา *Collectotrichum capsici* ได้ดีเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น โดยที่ระดับความเข้มข้น 40,000 พีพีเอ็ม สารสกัดจากส้มป่อยและยาสูบสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Collectotrichum capsici* ได้สูงสุด 100 และ 25.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการทดลองยังพบว่าสารสกัดจากส้มป่อยสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ที่ความเข้มข้น 20,000 พีพีเอ็ม ส่วนสารสกัดจากยาสูบสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้สูงสุดเพียง 88.88 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 40,000 พีพีเอ็ม

คำสำคัญ: พริก สารสกัดจากพืช *Collectotrichum capsici* ซาโปนิน

Introduction

Chilli (*Capsicum annuam*) is a member of solanaceae family and one of important economic crops cultivated in Thailand. The major problem for agriculturist cultivated chilli in Thailand is fungal pathogen. Anthracnose, caused by *Colletotrichum* sp., is a common disease in chilli (Agrios, 2005). The quick and effective management of anthracnose disease in chilli is generally achieved by the use of synthetic fungicide (Takeda and Sakuoka, 1997). However, some fungicides are hazardous substances and create health hazards in human due to their residue toxicity. Therefore, biological material should be used instead of chemical substance for more acceptance by the consumer. Local plants in Thailand are natural resources, yielding valuable herbal product and often used in the treatment of various symptoms and diseases. Many reports concentrate on antifungal activity of saponin

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 50100
[1] Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand.

extract. (Chapagain *et al*., 2007) but the use of saponin extract to preserve chilli from *collectotrichum* sp. has never been reported. In this study, tobacco and soap pod which are local plants have been selected to study saponin composition and antimicrobial activity.

Materials and Methods

Isolation of Colletotrichum sp. and Test of pathogenicity on chilli

The fresh chilli fruit was selected and soaked in the 5% Clorox solution for 1 min. and put on PDA medium plate. The plate was incubated at room temperature for 3 days. The fungi grow on PDA medium plate were isolated and purified. Spore suspension of isolated pathogen was prepared and spray onto the surface of fresh healthy chilli fruit and incubated in moist chamber at room temperature for 7 days. Selected the active isolated fungi from the plant for re-isolation. Finally, The fungal morphology and characteristic was used for identification (Barnett and Barry, 1987).

Preparation of plant extracts

Ten gram of dry soap pod and tobacco was extracted with 100 ml methanol, 70% ethanol and 95% ethanol in flask for 1,2 and 3 days. After that the mixture was filtered by a cotton cloth. The supernatant was collected and concentrated on rotary evaporator at 45°c for methanol, 70% and 90% ethanol. After that the crude extract was dry with hot air oven at 60°c and kept at 4 ºc

HPLC analysis

The HPLC analysis was performed with a HPLC instrument (Shimasu, Japan) with ODS C18 column. Then fraction was eluted isocratically with a binary mixture of acetonitrile and 0.10% phosphoric acid solution (42:58). The column temperature was set at 30°c. The total flow rate was at 1.0 ml/min and sample injection volume was 10 µl. The detection wavelength was set at 203 nm on the diode array detector (Chen et al., 2007).

Determination of minimal inhibitory concentration (MIC)

Mycelium inhibition

Plant extracts was diluted in sterile distilled water to produce serial dilutions ranging 2,000 to 40,000 ppm and 1ml of each concentration were mix to PDA medium. Then, the mycelium was put on PDA mixing of each concentration plant extract medium plate. The plate was incubated at room temperature for 7 days. Antifungal activity was observed 1, 3, 5 and 7 days by measuring diameter of inhibition mycelium growth.

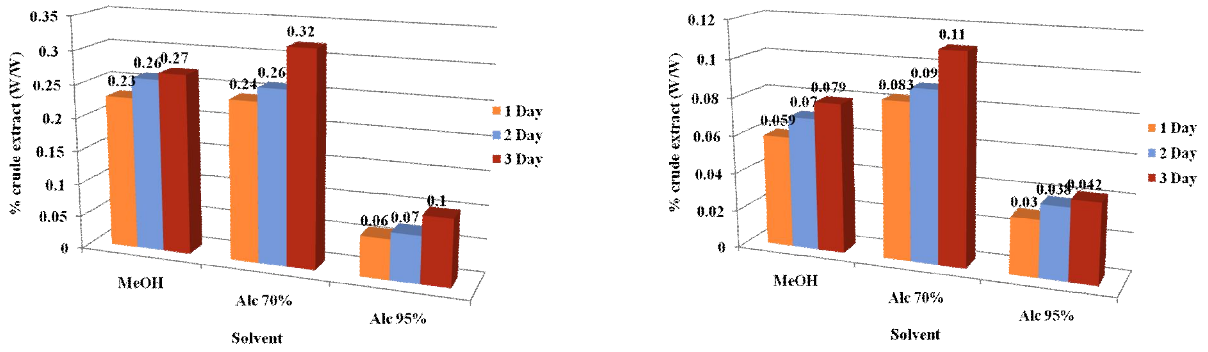
Spore germination inhibition

Prepared spore suspension. PDA plate was spread with 100 µl spore suspension and Incubate at room temperature for 30 min. After that, cut the PDA medium to produce agar wells. 100 µl of plant extracts, diluted in sterile distilled water to produce serial dilutions ranging 2,000 to 40,000 ppm, were add into the well. The plate was incubated at room temperature for 2 days. The inhibition zone was recorded as the mean diameter of triplicate.

Results and Discussion

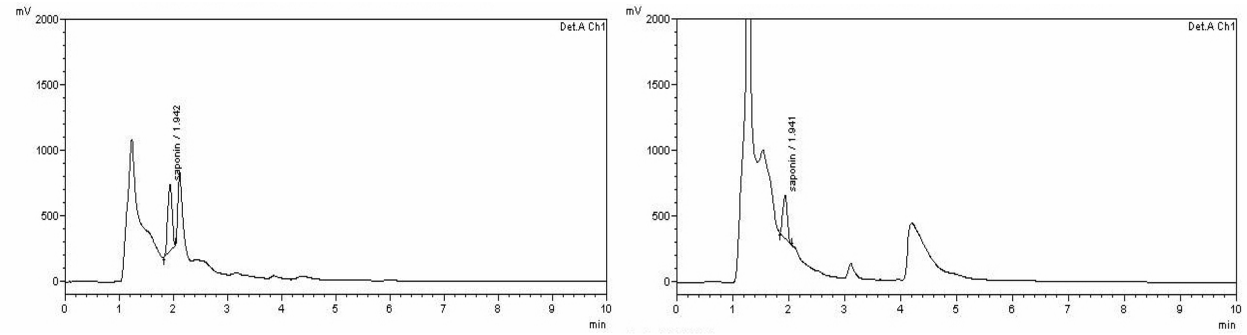
Seven fungal strain were isolates from fresh chilli fruit. After identification, It was found that four isolates were *C. gloeosporioides*, one isolate was *C. capsici*, one isolate was *Fusarium oxysporum* and one isolate was *Aspergillus niger*. All five isolates of *Colletotrichum* sp. were infected on fresh healthy chilli fruit for pathogenicity. The symptoms were similar to that reported by Melanie and Miller (2004). *C. capsici* was selected and used in this experiment. Extraction with 70% ethanol for 3 days gave highest yield of crude extract of 0.32 %(w/w) from soap pod and 0.11 % (w/w) from tobacco (Fig. 1). The result from the plant extract analysis showed that crude extract of soap pod contains saponin as high as 60 mg/g (Fig. 2). Fig. 3 is the result of antifungal inhibition soap pod and tobacco extracts with 70% ethanol at 40,000 ppm was the most effective to inhibited mycelium. Maximal

inhibition for soap pod and tobacco extract were 100% and 25.5%, respectively. Table 1 shows percentage of spore germination inhibition varied according to the kinds and concentration was greater than 20,000 ppm. Some of the result in this experimental were similar to that reported by Vudhivanich (2003) but the difference in the extraction methods and solvents caused some variation in experimental result. Therefore, further investigation on suitable extraction and determination of minimal inhibitory concentration (MIC) are necessary. The latter aspect application of effective Plant extract on control anthracnose of chilli should also be further studie.



(A) (B)

Figure 1 Yield of crude extract (A): Soap pod and (B): Tobacco.



(A) (B)

Figure 2 Chromatograms of plant extract analysis (A): soap pod and (B): tobacco.

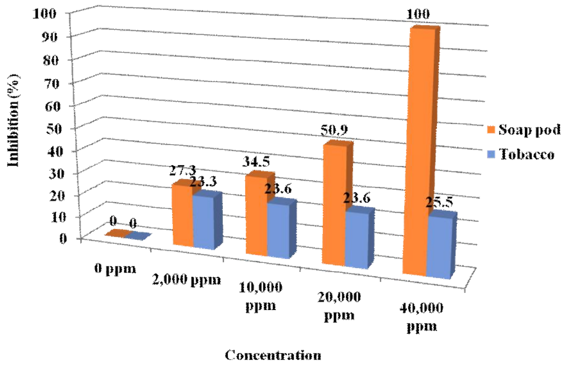


Figure 3 Inhibitory effect of soap pod and tobacco extracts on mycelium growth of *C. capsici*.

Table 1 Percentage of spore germination inhibition.

Test Plant	Concentration of plant extract (ppm)				
	0	2,000	10,000	20,000	40,000
Soap pod	-	-	-	100	100
Tobacco	-	-	-	53.26	88.88

Summary

From 7 isolates, 4 isolate were identified as *C. gloeosporioides*, 1 isolate was *C. capsici*, 1 isolated was *F. oxysporum*, and 1 isolated was *A. niger*. Five isolates of *Coletotrichum* sp. present pathogenicity on chilli fruit. Soap pod and tobacco extracted by 70% ethanol for three day gave highest crude extract at 0.32 % (w/w) and 0.11 % (w/w), respectively. Crude extract of soap pod and tobacco contain saponin at 60 mg/g and 30 mg/g. Soap pod and tobacco extracts with 70% ethanol at 40,000 ppm was the most effective to inhibited mycelium and spore germination. This study indicates that some of Thai plant extracts had high potential for the inhibition of *C. capcisi* growth and might be applicable for anthracnose control.

Literature cited

Agrios, G.N., 2005, Plant Patology (5thed.), Academic Press, London, 274 p.

Barnett, H.L. and Barry, B.H, 1987, Illustrated Genera of Imperfect Fungi. (4thed.), Collier Macmilan Cannada Inc, Canada, 218 p.

Chapagain, P.B., Wiesman, Z. and Tsror, L, 2007, In vitro Study of the Antifungal Activity of Saponin- rich Extracts Against Prevalent Phytopathogenic Fungi, Industrial Crops and Products, 26(2): 109-115.

Chen, L.G., Yang, L.L. and Wang, C.C., 2007, Antiinflammatory Activity of Mangostins from *Garcinia mangostana*, Food Chemical Toxicology, 46: 688-693.

Melanie, L., Ivey, L. and Miller, S.A., 2004, Anthracnose Fruit Rot of Pepper, Journal of Plant Pathology, 22: 243-250.

Takeda, K.Y. and Sakuoka, R.T., 1997, Onions-Bulb and Green Bunching, Home Garden Vegetable, 16: 1-2.

Vudhivanich, S., 2003, Potential of Some Thai Herbal Extracts for Inhibiting Growth of *Ralstonia solanacearum*, the Causal Agent of Bacterial Wilt of Tomato, Kamphaengsaen Academic Journal, 1(2): 70-76.

ผลของสภาวะการให้ความร้อนต่อ สี ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการกำจัดอนุมูลอิสระของผลมะระขี้นก

Effects of Heating Conditions on Color, Chlorophyll Content, Total Phenolic Content and Free Radical Scavenging Capacity of Bitter Gourd Flesh

จิราพร ชัยวรกุล[1] และ อรสา สุริยาพันธ์[1]
Chaiworakul, J.[1] and Suriyaphan, O.[1]

Abstract

The aim of this study was to determine the effects of heating conditions on color (L*,a*, b*), chlorophyll (a and b) content, total phenolic content and free radical scavenging capacity on bitter gourds. Heat treatments included steaming (100°C, 4 min), blanching (100°C, 4 min), boiling (100°C, 4 min) and sterilization (121°C,15 min). Analysis of variance revealed that chlorophyll b content, total phenolic content and DPPH$^{\bullet}$ scavenging capacity in heated bitter gourd flesh significantly reduced while redness (a*), yellowness (b*) and ABTS$^{\bullet+}$ scavenging capacity in heated bitter gourd flesh increased by the intensity of heat treatment ($p<0.05$). Among treatments, steamed bitter gourd had the lowest percentage of reduction in total phenolic content (12.48%). Blanching caused about double loss in total phenolic content in bitter gourd compared to steaming. Although the highest reduction of total phenolic content (43.66 %) was found in sterilized bitter gourd had but it possessed the highest value of ABTS$^{\bullet+}$ scavenging activity (30.87%).

Keywords: bitter gourd, heating condition, total phenolic content, free radical scavenging capacity

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ ศึกษาผลของวิธีและสภาวะการให้ความร้อนที่มีต่อมะระขี้นกในด้านค่าสี (L*,a*, b*) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ วิธีและสภาวะการให้ความร้อนแก่มะระขี้นกมี 4 วิธี ดังนี้ การนึ่ง (100°ซ, 4 นาที) การลวก (100°ซ, 4 นาที) การต้ม (100°ซ, 30 นาที) และการให้ความร้อนในระดับทำให้ปลอดเชื้อ (121°ซ, 15 นาที) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี ANOVA แสดงให้เห็นว่ามะระขี้นกที่ผ่านการให้ความร้อนมี ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูลดีพีพีเอช ลดลง ในขณะที่ ค่าสี (a*, b*) และความสามารถในการกำจัดอนุมูลเอบีทีเอส เพิ่มขึ้น ตามระดับความรุนแรงของความร้อนที่ได้รับ ($p<0.05$) การนึ่งมีผลทำให้มะระขี้นกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงน้อยที่สุด (12.48%) การลวกมะระขี้นกมีการสูญเสียสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นจากการนึ่งอีกประมาณ 2 เท่า การต้มมะระขี้นกภายใต้ความดันไอน้ำส่งผลให้เกิดการสูญเสียสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด (43.66 %) แต่มีค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลเอบีทีเอสสูงสุด (30.87%).

คำสำคัญ: มะระขี้นก สภาวะการให้ความร้อน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

มะระขี้นก (Bitter gourd) เป็นพืชสมุนไพรที่นิยมบริโภคแพร่หลาย โดยนำ ผลหรือยอดมะระขี้นกมาลวกนึ่ง หรือ ต้ม ก่อนนำมาบริโภคร่วมกับอาหาร รายงานวิจัยหลายฉบับได้แสดงให้เห็นว่าผลของมะระขี้นกมีสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพทางด้านการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี (Kubola และ Siriamornpun, 2008; Wu และ NG, 2008) อาจกล่าวได้ว่าความนิยมในการบริโภคมะระขี้นกได้เพิ่มสูงขึ้น ตามการขยายตัวของกลุ่มผู้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ ดังเห็นได้จากปัจจุบันมีการแปรรูปมะระขี้นกในระดับอุตสาหกรรมเพื่อผลิตเป็นมะระขี้นกผง อัดเป็นเม็ด หรือ บรรจุแคปซูล รวมทั้งเป็นส่วนผสมสำหรับเครื่องดื่ม และชาสมุนไพรเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม เป็นที่ทราบกันดีว่า สารประกอบในกลุ่มฟีนอลิกมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือถูกทำลายเนื่องจากความร้อนส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของฤทธิ์ทางชีวภาพ (Hunter และ Fletcher,

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131
[1]Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University 169 LongHadd Bangsaen Road Saensook Chonburi 20131

2002; Turkmen และคณะ, 2005) ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีและสภาวะการให้ความร้อนที่มีต่อค่าสี ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของมะระขี้นก รวมทั้งสมบัติการเป็นสารกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ และ ABTS$^{\bullet +}$ สภาวะความร้อนที่ศึกษา คือ ในระดับปรุงสุกของครัวเรือน (การนึ่ง การลวก และการต้ม) และในระดับการผลิตอาหารกระป๋อง (การทำให้ปลอดเชื้อโดยใช้ไอน้ำความดันสูง, 121°ซ,15 นาที) โดยกำหนดให้ นึ่ง และลวกมะระขี้นกเป็นเวลา 4 นาที เพราะเป็นเวลาที่น้อยที่สุดที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ในมะระขี้นกได้ สำหรับการต้มเลือกใช้เวลา 30 นาทีเพราะเป็นระยะเวลาการต้มโดยทั่วไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการทดลอง

ซื้อผลมะระขี้นก (ความยาวผล 5-9 ซม.) จากตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี ในเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2551 (ครั้งละ 10 กก., จำนวน 3 ครั้ง) ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น ก่อนผ่าผลมะระขี้นก ออกเป็น 2 ซีก แยกส่วนไส้และเมล็ดออก หั่นมะระขี้นกแต่ละซีกเป็น 6 ชิ้น จากนั้นสุ่มตัวอย่างชิ้นมะระขี้นก 2,500 ก. เพื่อแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 500 ก. มะระขี้นกในกลุ่มที่หนึ่งคือ กลุ่มควบคุม (Control) เป็นมะระขี้นกที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน มะระขี้นกในกลุ่มที่สอง-กลุ่มที่สี่ ถูกนำไปให้ความร้อนจากน้ำเดือด (100°ซ) ปริมาตร 6 ลิตร ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ดังนี้ การนึ่งเป็นเวลา 4 นาที (Steaming, STM) การลวกเป็นเวลา 4 นาที (Blanching, BLA) และการต้มเป็นเวลา 30 นาที (Boiling, BOI) ตามลำดับ มะระขี้นกในกลุ่มที่ห้า ถูกนำไปให้ความร้อนระดับทำให้ปลอดเชื้อ (Sterilization, STR) โดยบรรจุมะระขี้นก (50 ก.) ในขวดแก้วที่มีน้ำ (150 ก.) ปิดฝาจำนวน 10 ขวด นำไปให้ความร้อนในหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที ภายหลังการให้ความร้อน นำชิ้นมะระขี้นกแต่ละกลุ่มแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 0±2°ซ เป็นเวลา 1 นาที สะเด็ดน้ำ ก่อนนำชิ้นมะระขี้นกทั้งห้ากลุ่ม เข้าเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (230 มม.ปรอท, 3 วัน) บดชิ้นมะระขี้นกแห้งที่ได้ให้ละเอียดเป็นผง ก่อนบรรจุในถุงโพลีเอทธีลีนปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิ -10±2°ซ

การเตรียมสารสกัดจากผงมะระแห้งเพื่อวิเคราะห์สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ผสมผงมะระขี้นก (1 ก.) ใน เมทานอล (50 มล.) วางขวดบนเครื่องเขย่า (ความเร็ว 200 รอบ/นาที) เป็นเวลา 6 วัน ที่อุณหภูมิห้อง กรองแยกส่วนที่เป็นของเหลว นำเข้าเครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนที่อุณหภูมิ 60°ซ จนสารสกัดมีปริมาตร 6-8 มล. จากนั้นเข้าเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศความเร็วสูง (Speed Vacuum) เก็บสารสกัดในตู้เย็น (8±1 °ซ) เพื่อรอการวิเคราะห์

การวิเคราะห์คุณภาพของผงมะระแห้ง

1. วัดค่าสี (L*, a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Handy colorimeter, BYK Gardner)

$$\Delta E = [(L^*_2-L^*_1)^2+(a^*_2-a^*_1)^2+(b^*_2-b^*_1)^2]^{1/2}$$

เมื่อ L^*_1 ,a^*_1, b^*_1 = ค่าความสว่าง, ค่าความเป็นสีแดง, ค่าความเป็นสีเหลืองของมะระขี้นกกลุ่มควบคุม ตามลำดับ

L^*_2 ,a^*_2 ,b^*_2 = ค่าความสว่าง, ค่าความเป็นสีแดง, ค่าความเป็นสีเหลืองของมะระขี้นกกลุ่มที่ได้รับความร้อน ตามลำดับ

2. วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บี (Chromatic Method) (Arnon, 1949)

คลอโรฟิลล์ เอ (C_a; มิลลิกรัม ต่อกรัม) = $12.70(OD_{663}) - 2.69(OD_{645})$

คลอโรฟิลล์ บี (C_b; มิลลิกรัม ต่อกรัม) = $22.90(OD_{645}) - 4.68(OD_{663})$

เมื่อ OD_{663} และ OD_{645} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดที่ความยาวคลื่น 663nm และ 645 nm ตามลำดับ

3. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยใช้ Folin Ciocalteu's reagent (รัชฎาภรณ์ และ อรสา, 2552)

เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด = $[(P_0-P_1)/P_0 \times 100]$

เมื่อ P_0 และ P_1 คือปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของมะระขี้นกกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับความร้อน ตามลำดับ

4. วิเคราะห์ค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ (Kumaran และ Karunakaran, 2006)

เปอร์เซ็นต์การจับอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ = $[(A_0-A_1)/A_0 \times 100]$

เมื่อ A_0 และ A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์ และสารสกัด ตามลำดับ ที่เวลา 30 นาที

5. วิเคราะห์ค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูล ABTS$^{\bullet +}$ (Re และคณะ, 1999)

เปอร์เซ็นต์การจับอนุมูล ABTS$^{\bullet +}$ = $[[A_0-A_1]/A_0 \times 100]$

เมื่อ A_0 และ A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์ และสารสกัด ตามลำดับ ที่เวลา 15 นาที

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของคุณภาพของมะระขี้นกก่อนและหลังการให้ความร้อน (Table 1 และ Table 2) แสดงให้ว่าความร้อนมีผลต่อลักษณะปรากฏ (ค่าสี) คุณภาพด้านเคมี (ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด) และฤทธิ์ทางชีวภาพ (ความสามารถในการจับกับอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ และ ABTS$^{\bullet+}$) ของมะระขี้นก ซึ่งระดับของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่างๆนั้น ขึ้นกับวิธีและสภาวะการให้ความร้อน ซึ่งอาจเรียงลำดับผลกระทบที่มีต่อคุณภาพที่วิเคราะห์จากน้อยไปมากได้ ดังนี้ การนึ่ง (STM) การลวก (BLA) การต้ม (BOI) และการทำให้ปลอดเชื้อ (STR) ตามลำดับ

Table 1 Chlorophyll a, b content and color value of bitter gourd subjected to heat treatments.

Thermal processing	Mean ± Standard deviation					
	Chlorophyll Content (mg/ 1g $_{dm}$sample)		Color value			
	Chl a^{ns}	*Chl b*	L*^{ns}	a*	b*	ΔE
Control	0.88±0.08	0.46±0.03^{a}	62.14 ± 0.67	-7.03 ± 0.72^{a}	23.15 ± 1.29^{a}	--
STM	0.76±0.11	0.38±0.06^{ab}	60.95 ± 1.82	-3.41 ± 1.72^{b}	24.72 ± 1.29^{ab}	4.28 ± 1.48^{a}
BLA	0.73±0.12	0.33±0.06^{b}	59.86 ± 0.60	-1.18 ± 1.04^{c}	25.46 ± 1.27^{b}	6.79 ± 0.11^{b}
BOI	0.77±0.09	0.20±0.03^{c}	61.84 ± 3.19	1.12 ± 0.42^{d}	25.72 ± 0.67^{b}	9.04 ± 0.71^{c}
STR	0.74±0.10	0.18±0.02^{c}	61.48 ± 4.10	1.86 ± 0.32^{d}	26.80 ± 0.98^{b}	10.10 ± 0.76^{c}

^{ns} Non significance difference within values in the same column ($p>0.05$)

^{a,b,c,d} Significance differences within values in the same column are indicated by different letter ($p<0.05$)

Control = No heat treatment, STM = Steaming (100^{o}C, 4 min), BLA = Blanching (100^{o}C, 4 min), BOI = Boiling (100^{o}C, 30 min), STR= Sterilization (121^{o}C, 15 min)

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการให้ความร้อนแบบการนึ่งกับการลวก พบว่า มะระขี้นกที่ถูกนึ่งและลวกมีปริมาณคลอโรฟิลล์ ค่าสี (L*, b*) และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ และ ABTS$^{\bullet+}$แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่การลวกส่งผลให้มีการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าการนึ่งถึง 2 เท่า (Table 2) คาดว่า เนื่องจากเกิดการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มที่ละลายน้ำจากผนังเซลล์ของมะระขี้นกที่แตกสลายของเนื่องจากความร้อน และการสัมผัสกับน้ำระหว่างการได้รับความร้อนเอื้อให้เกิด leaching ของสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มที่ละลายน้ำสูงขึ้น (Hunter และ Fletcher, 2002) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มที่ละลายน้ำในผลมะระขี้นก ได้แก่ Gallic acid, Tannic acid, (+)-Catechin, และ Caffeic acid (Kubola และ Siriamornpun, 2008) การต้มเป็นเวลา 30 นาที มีผลให้การลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 39% อย่างไรก็ตาม มะระขี้นกที่ได้รับความร้อนในระดับทำให้ปลอดเชื้อมีค่าการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับการต้ม ($p>0.05$)

Table 2 Total phenolic content, DPPH$^{\bullet}$ and ABTS$^{\bullet+}$ scavenging activity of bitter gourd subjected to heat treatments.

Thermal processing	Mean ± Standard deviation			
	Total phenolic content (mg Gallic acid/1 g$_{dm}$sample)	Reduction of total phenolic content (%)	Free radical scavenging activity (%)	
			DPPH$^{\bullet}$	ABTS$^{\bullet+}$
Control	8.65±1.48^{a}	-	32.49±5.61^{a}	15.14±3.43^{b}
STM	7.58±1.33^{ab}	12.48±1.76^{a}	28.02±3.36^{ab}	17.00±4.46^{b}
BLA	6.53±0.07^{bc}	24.20±3.44^{b}	26.96±4.07^{ab}	19.99±4.69^{b}
BOI	5.23±0.48^{c}	39.04±4.63^{c}	21.33±2.24^{b}	22.09±4.09^{b}
STR	4.86±0.78^{c}	43.66±3.71^{c}	22.73±1.06^{b}	30.87±4.08^{a}

^{a,b,c} Significance differences within values in the same column are indicated by different letter ($p<0.05$)

เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระของมะระขี้นกก่อนและภายหลังการให้ความร้อนด้วยวิธีต่างๆ พบว่า มะระขี้นกที่ได้รับความร้อนมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ มีค่าลดลงเช่นกัน (Table 2) ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Turkmen และคณะ (2005) ที่รายงานว่าการนึ่ง และต้มผักหลายชนิด เช่น บรอคโคลี่ ผักโขม มีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกในผักอยู่ในรูปที่เป็นอิสระมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนผักได้รับความร้อน ความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้คาดว่าเป็นผลมาจากวิธีสกัดสารจากตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ หรือ มะระขี้นกมีลักษณะโครงสร้างภายใน รวมทั้งปริมาณและชนิดของสารประกอบฟีนอลิกที่แตกต่างจากผักใบเขียว อย่างไรก็ตาม มะระขี้นกหลังการได้รับความร้อนมีค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูล ABTS$^{\bullet+}$ เพิ่มขึ้น ผลการทดลองที่ได้ แสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการเลือกชนิดและจำนวนของอนุมูลอิสระที่ใช้ในการทดสอบแบบ in vitro โดยเฉพาะเมื่อตัวอย่างเป็นพืช เพราะคลอโรฟิลล์ในตัวอย่างเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระในระบบที่ศึกษาได้ (Hunter และ Fletcher, 2002)

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากพืช เช่น เครื่องดื่มสมุนไพร ลักษณะสี เป็นคุณภาพที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ในงานวิจัยนี้ พบว่า วิธีการให้ความร้อนมีผลทำให้สีของผลมะระขี้นกแตกต่างกันอย่างชัดเจน ($\Delta E > 1$) (Table 1) โดยสีของมะระขี้นกมีสีที่อ่อนลงตามระดับความรุนแรงของความร้อนที่ใช้

สรุปผล

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีและสภาวะการให้ความร้อนที่ศึกษามีผลต่อคุณภาพในด้านต่างๆ ของมะระขี้นก ดังนั้นการทราบข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของวิธีการให้ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่สำคัญของมะระขี้นก ทำให้ผู้บริโภคหรือผู้ประกอบการสามารถเลือกใช้วิธีการให้ความร้อนที่เหมาะสมที่สุดทั้งในการปรุงสุกในระดับครัวเรือน และการแปรรูปในระดับอุตสาหกรรมตามลำดับ เพื่อให้ได้มะระขี้นกหลังการได้รับความร้อนที่ยังคงมีปริมาณของสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในปริมาณสูง ตัวอย่าง เช่น ในระดับครัวเรือนการต้มมะระขี้นกไม่ควรใช้เวลานานเกินกว่า 30 นาที เพราะทำให้เกิดการสูญเสียของสารประกอบในกลุ่มฟีนอลิกสูงมากในระดับเช่นเดียวกับความร้อนที่ใช้ในการผลิตมะระขี้นกบรรจุกระป๋อง สำหรับการผลิตมะระขี้นกแช่เยือกแข็ง หรือ ชามะระขี้นก ระดับอุตสาหกรรม ควรเลือกการนึ่งแทนการลวกในน้ำ ในการเตรียมขั้นต้น

เอกสารอ้างอิง

รัชฎาภรณ์ คะประสบ และ อรสา สุริยาพันธ์, 2552, ผลของการเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดทานตะวันในคุกกี้เนย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(1)(พิเศษ): 401-404.

Hunter, K.J. and Fletcher,.J.M., 2002, The Antioxidant Activity and Composition of Fresh, Frozen, Jarred and Canned Vegetables, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 3(4): 399-406.

Kubola, J. and Siriamornpun, S., 2008, Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Bitter Gourd (*Momordica charantia* L.) Leaf Stem and Fruit Fraction Extracts in vitro, Food Chemistry, 110(4): 881-890.

Kumaran, A. and Karunakaran, R.J., 2006, Antioxidant and Free Radical Scavenging Activity of an Aqueous Extract of *Coleus aromaticus*, Food Chemistry, 97(1): 109-114.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yung, M., and Rice-Evans, C., 1999, Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. Free Rad Biol Med, 26(9-10): 1231-1237.

Turkmen, N., Sari, F. and Velioglu,S., 2005, The Effect of Cooking Methods on Total Phenolics and Antioxidant Activity of Selected Green Vegetables. Food Chemistry, 93(4): 713-718.

Wu, S.J. and Ng, L.T., 2008, Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of Wild Bitter Melon (*Momordica charantia* L. var. *abbreviate* Ser.) in Taiwan, LWT-Food Science and Technology, 41: 323–330.

ผลของเทคนิคทำแห้งต่อฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซน

Effect of Drying Technique on Chitosan Cassava Starch Film

จุฬาลักษณ์ จารุจุฑารัตน์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] รัชฎาวรรณ นิ่มนวล[1] และ สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง[3]

Jarujutarat, J.[1], Kerdchoechuen, O.[2], Laohakunjit, N.[2], Nimnaul, R.[1] and Pratheepthinthong, S.[3]

Abstract

Effect of two drying techniques; water bath and hot air oven at 60, 75 and 90°C was conducted. Physical properties of chitosan cassava starch film; tensile strength (TS), elongation (E), moisture content (MC), water solubility index: (WSI) and water vapor transmittion rate: (WVTR) were evaluated. It was found that film dried by water bath at 60°C resulted in the greatest TS, E, MC and WSI at 142.68 kPa, 16.95%, 11.24 and 10.56, respectively. These properties of the film were decreased when temperature of water bath was greater than 60°C. It was also found that TS and MC values of films dried by hot air oven at 60°C resulted in the highest values at 152.52 kPa and 17.69. However, E and WSI values of films by hot air oven at film dried by hot air oven at 75 and 90°C had greater values. In this study, WVTR of the film was not significant difference.

Keywords: drying technique, cassava starch, tensile strength (TS), elongation (E)

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของเทคนิคการทำแห้ง 2 วิธี คือ water bath และ hot air oven อุณหภูมิ 60, 75 และ 90°C ต่อคุณสมบัติฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซน ได้แก่ แรงต้านทานการดึงขาด (tensile strength: TS) การยืดตัว (elongation: E) ปริมาณความชื้น (moisture content: MC) การละลายน้ำ (water solubility index: WSI) และ อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmittion rate: WVTR) ผลการศึกษา พบว่าฟิล์มที่ทำแห้งโดย water bath ที่อุณหภูมิ 60°C มีค่า TS, E, MC และ WSI สูงสุด คือ 142.68 kPa, ร้อยละ 16.95, 11.24 และ 10.56 ตามลำดับ และค่าเหล่านี้ลดลงเมื่ออุณหภูมิของ water bath สูงขึ้น สำหรับฟิล์มที่ทำให้แห้งโดยใช้ hot air oven อุณหภูมิ 60°C มีค่า TS และ MC สูงสุด เท่ากับ 152.52 kPa และ 17.69 อย่างไรก็ตามค่า E และ WSI ของฟิล์มที่ทำให้แห้งโดยใช้ hot air oven มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูง ส่วนค่า WVTR ของฟิล์มที่ทำให้แห้งทั้ง 2 วิธี มีค่าไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: เทคนิคการทำแห้ง ฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง แรงต้านทานการดึงขาด ค่าการยืดตัว

คำนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์อาหารนั้นมีการพัฒนาขึ้นมาก เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและห่อหุ้มอาหารให้ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ และบรรจุภัณฑ์อาหารที่มีการนำมาใช้อย่างมากก็คือฟิล์มพลาสติก ซึ่งมีคุณสมบัติในการขวางกั้น (barrier) ไม่ให้น้ำ แก๊ส ผ่านเข้าออกอาหารได้ดี จึงยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้นและปลอดภัย แต่ฟิล์มพลาสติกมีต้นทุนในการผลิตสูง ปัญหาการย่อยสลายได้ยากและระยะเวลานาน ซึ่งทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม การค้นคว้าและวิจัยฟิล์มบริโภคได้ เพื่อนำมาใช้แทนฟิล์มพลาสติกจึงได้ขยายวงกว้างขึ้นจากที่ผ่านมา เนื่องจากฟิล์มบริโภคได้มีข้อดีอื่นๆเหนือกว่าฟิล์มพลาสติกหลายด้าน อาทิเช่น สามารถบริโภคฟิล์มได้พร้อมกับอาหารที่บรรจุ ซึ่งเป็นจุดเด่นที่เห็นได้ชัดในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงมีการศึกษาฟิล์มบริโภคได้จากแป้งเป็นวัตถุดิบหลัก คือ แป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากฟิล์มมีลักษณะใส ผิวเรียบ เช่นเดียวกับฟิล์มพลาสติก มีสมบัติต้านทานแรงดึงขาดดี ทนทานต่อการซึม

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กทม. 10140

[1]Department of Printing and Packaging Technology, Faculty of Industrial Technology Education, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha U-tit Rd., Bangmod, Thungkru, Bangkok 10140

[2]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150

[2]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8 Tientalya Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

[3]ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900

[3]Packaging Center of Thailand, Science and Technology Research Institute of Thailand, Jatujak, Bangkok 10900

ผ่านของไขมันและน้ำมันได้สูงมาก จึงเป็นฟิล์มบริโภคที่น่าสนใจนำมาใช้อุตสาหกรรมอาหาร แต่ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีข้อด้อย คือ สามารถดูดซับน้ำสูงมาก (ปนัดดา, 2540)

การขึ้นรูปฟิล์มบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ (biodegradable packaging) ต้องอาศัยกระบวนการทำแห้ง (drying processes) โดยวิธีที่นิยมใช้กัน คือ การใช้ไอน้ำร้อนจากอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิคงที่ 65 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 11–13 ชั่วโมง วิธีการดังกล่าวนี้นอกจากใช้เวลามากแล้วยังผลิตได้ครั้งละไม่มากในการขึ้นรูปฟิล์ม (กนกกร, 2550) ดังนั้นจึงมีการเปรียบเทียบเทคนิคการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ซึ่งการศึกษานี้มุ่งเน้นพัฒนากระบวนการทำแห้ง (drying processes) ในบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาจากฟิล์มแป้งผสมไคโตซาน (ประยุกต์โดย กนกกร, 2550) สำหรับผลไม้ (สด) พร้อมบริโภค เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้

อุปกรณ์และวิธีการ

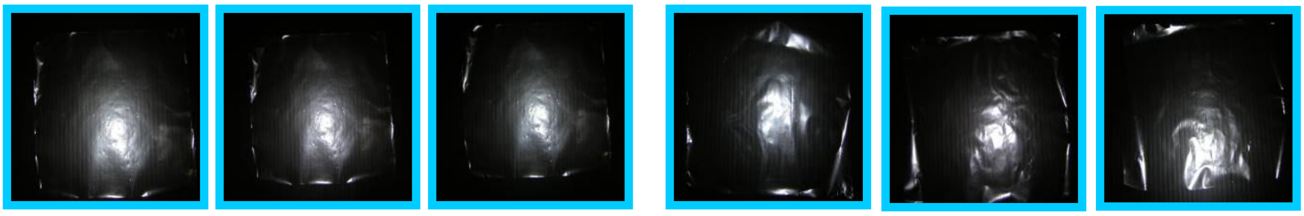
เตรียมฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง (cassava starch) ผสมไคโตแซน โดยการนำแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (แป้ง 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร) ต้มแป้งจนสุกบน hot plate ให้มีลักษณะเหนียว ข้นและมีความหนืด ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 10 นาที เติมสารละลายซอร์บิทอล ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ลงไปในเจลแป้ง (Laohakunjit และ Noomhorm, 2004) เพื่อทำหน้าที่เป็นสารพลาสติไซเซอร์ กวนสารให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปไล่ฟองอากาศออกด้วยเครื่อง sonicator จากนั้นผสมกับสารละลายไคโตแซนเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v) ที่ละลายในกรด acetic ในอัตราส่วนแป้งต่อไคโตแซน 1:1 กวนให้เข้ากัน ขึ้นรูปฟิล์มโดยเทลงบน acrylic plates ที่ปรับระดับความหนาของแผ่นฟิล์ม 1 มิลลิเมตร ใช้เทคนิคการทำแห้งโดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 60°C, 75°C และ 90°C เป็นเวลา 6, 5, 4 ชั่วโมง ตามลำดับ และตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60°C, 75°C และ 90°C เป็นเวลา 3, 2, 1 ชั่วโมงวิเคราะห์สมบัติทางกลของโฟมแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ ความชื้น(moisture content) (moisture analyzer) ความหนา (Thickness) (Fisher Scienific, Pittsburgh, PA) การต้านทานแรงดึงขาด (Tensile Strength) และการยืดตัว (elongation) (ASTM, 1989) การซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapor transmission) (ASTM E96-80, 1995) การละลายน้ำ (WSI) (AACC method 56-20) โดยวางแผนการทดลองแบบ 2×3 factorial in RCBD (randomized complete block design) ทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ SAS Program (1997)

ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะใส โปร่งแสง มันวาวและเรียบทั้งสองด้าน ยืดหยุ่นและนุ่ม ขึ้นรูปฟิล์มด้วยเทคนิคการทำแห้ง water bath และ hot air oven ที่อุณหภูมิ 60°C ทำให้มีค่าแรงต้านทานการดึงขาดสูงที่สุด คือ 142.68 และ 152.52 kPa ตามลำดับ และมีค่าการยืดตัวสูงที่สุด คือ ร้อยละ 16.95 แต่การทำแห้งด้วย hot air oven ที่อุณหภูมิ 90°C ให้ค่าการยืดตัวสูงที่สุด คือ ร้อยละ 8.31 และที่อุณหภูมิ 60°C แผ่นฟิล์มมีค่าปริมาณความชื้นของฟิล์มมากที่สุด คือ ร้อยละ 11.24 และ 17.69 ตามลำดับ และส่วนการละลายน้ำมีค่าสูงสุดเช่นกัน คือ ร้อยละ 10.56 แต่การทำแห้งด้วย hot air oven ที่อุณหภูมิ 90°C ให้ค่าการละลายน้ำสูงที่สุด คือ 17.90 % ส่วนค่าการซึมผ่านของไอน้ำที่ทำแห้งทั้ง 2 วิธี มีค่าไม่แตกต่างกัน (Table 1 และ Figure 1)

Table 1 Effect of drying technique on tensile strength, elongation, moisture content, water solubility index, water vapor transmission rate of cassava starch.

Type	Drying Technique	Temperature (°C)	Tensile strength (kPa)	Elongation (%)	Moisture Content (%)	Water solubility (%)	WVTR
Cassava	Water bath	60	142.68^{b}	16.95^{a}	11.24^{c}	10.56^{c}	4.00
		75	139.73^{b}	16.32^{a}	9.767^{cd}	5.576^{d}	4.03
		90	97.71^{d}	9.48^{b}	6.69^{e}	6.34^{d}	4.20
	Oven	60	152.52^{a}	4.40^{d}	17.69^{a}	16.78^{ab}	3.65
		75	140.46^{b}	6.44^{cd}	15.85^{b}	14.81^{b}	3.90
		90	129.23^{c}	8.31^{bc}	9.34^{d}	17.90^{a}	3.96
F-test			**	**	**	**	NS
C.V.(%)			4.52	14.13	9.34	13.07	8.22
LSD			8.92	2.17	1.63	2.33	0.48



90°C 75 °C 60 °C 90°C 75 °C 60 °C

(a) cassava starch dried by water bath (b) cassava starch dried by hot air oven

Figure 1 Appearance of cassava starch film at different temperatures and drying techniques.

วิจารณ์ผล

การเตรียมฟิล์มบริโภคได้โดยใช้สารละลายที่อุ่นและทำให้ฟิล์มแห้งด้วยความร้อนที่เหมาะสมจะได้แผ่นฟิล์มที่มีลักษณะสมบูรณ์ เพราะการใช้อุณหภูมิสูงเกินไป อาจทำให้อัตราการระเหยของตัวทำละลายเร็วเกินไป โมเลกุลของพอลิเมอร์ถูกตรึงก่อนที่จะเชื่อมกันอย่างสมบูรณ์ทำให้แผ่นฟิล์มมีความหนาไม่สม่ำเสมอ ผิวหน้าขรุขระและแตกง่าย แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะใส โปร่งแสง มันวาวและเรียบทั้งสองด้าน ยืดหยุ่นและนุ่ม เนื่องจากเมื่อแป้งเกิดเจลาติไนซ์ จะมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดใส และการเติมซอร์บิทอลซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดี ทำให้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีความอ่อนตัว เนื่องจากซอร์บิทอลจะไปแทรกจับยึดกับโมเลกุลสตาร์ช ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนลง เกิดการเชื่อมต่อสร้างพันธะที่แข็งแรงจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของ พลาสติไซเซอร์กับสายพอลิเมอร์ของแป้งที่อยู่ใกล้เคียงกันเกิดเป็นโครงสร้างของโมเลกุลที่ยืดหยุ่น (ปนัดดา, 2540; Laohakunjit และ Noomhorm, 2004) การเติมไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่ละลายในกรด acetic ทำให้ฟิล์มแป้งมีการต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวสูง เนื่องจากไคโตแซนที่ใช้กรด acetic เป็นตัวทำละลายเกิดปฏิกิริยาระหว่างกันทำให้โครงสร้างของฟิล์มมีความแข็งแรงมากกว่าการใช้กรดชนิดอื่น (Rhim และคณะ, 1998; Park และคณะ, 2002; Nadarajah, 2005) ซึ่งการต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวของฟิล์มมีค่าผกผันกัน เมื่อการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มเพิ่มขึ้น การยืดตัวของฟิล์มมีค่าลดลง (Caner และคณะ, 1998; Mathew และ Abraham, 2008) และทำให้มีคุณสมบัติด้านการซึมผ่านไอน้ำต่ำ เนื่องจากไคโตแซนมีสมบัติในการซึมผ่านไอน้ำต่ำ (Butler และคณะ, 1996) และปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของแป้งและไคโตแซนมีผลทำให้ฟิล์มมีการซึมผ่านไอน้ำลดลง (Xu และคณะ, 2005; Bangyekan และคณะ, 2006) คุณสมบัติด้านการละลายน้ำนั้น ฟิล์มแป้งที่ได้จากพืชหัวและส่วนรากพืช ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง ละลายน้ำได้ดีกว่าฟิล์มจากแป้งธัญชาติ (Whistler และคณะ, 1984)

สรุปผล

จากการศึกษาเทคนิคทำแห้งต่อคุณสมบัติฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซน พบว่าแผ่นฟิล์มที่ทำแห้งด้วยเทคนิค Water bath ที่อุณหภูมิ 60°C ทำให้การต้านทานการดึงขาด ค่าการยืดตัว ปริมาณความชื้นบนแผ่นฟิล์ม และการละลายน้ำสูงขึ้น และค่าเหล่านี้ลดลงเมื่ออุณหภูมิของ water bath สูงขึ้น สำหรับแผ่นฟิล์มที่ทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่าการต้านทานการดึงขาด ปริมาณความชื้นสูงขึ้น อย่างไรก็ตามค่าการยืดตัวและค่าการละลายน้ำของฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูง ส่วนค่าการซึมผ่านของไอน้ำมีค่าไม่แตกต่างกัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) โครงการการสร้างภาคีในการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโท-เอกระหว่างสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) กับสถาบันการศึกษา ที่สนับสนุนทุนการวิจัยวิทยานิพนธ์

เอกสารอ้างอิง

กรกกร ศรีอนันต์, 2550, การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่บริโภคได้จากแป้งผสมไคโตแซนสำหรับทุเรียนพร้อมบริโภค, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 203 หน้า.

ปนัดดา พวงเกษม, 2540, การเตรียมฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและแนวทางการใช้ประโยชน์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 3-27.

Bangyekan, C., Aht-Ong, D. and Srikulkit, K., 2006, Preparation and Properties Evaluation of Chitosan-Coated Cassava Starch Films, Carbohydrate Polymers, 63(1): 61-71.

Laohakunjit, N. and Noomhorm, A., 2004, Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch film, Starch/Starke, 56(8): 348-356.

Whistler, R.L., Bemiller, J.N. and Paschall, 1984, History and Future Expectation of Starch Use, Starch Chemistry and Technology, Academic Press, San Francisco, p. 1–9.

Rhim, J. W., Weller, C. L. and Ham, K. S., 1998, Characteristics of Chitosan Films as Affected by Type of Solvent Acid, Journal of Food Science and Biotechnology, 7(4): 263-268.

Mathew, S. and Abraham, T.E., 2008, Characterization of Ferulic Acid Incorporated starch – Chitosan Blend Films, Journal of food Hydrocolloids, 22: 826-835.

Butler, B.L., Vergano, P.J., Testin, J.M., Bunn, J.M. and Wiles, J.L., 1996, Mechanical and Barrier Properties of Edible Chitosan Films as Affected by Composition and Storage, Journal of Food Science, 61: 953-955.

Caner, C., Vergano, P.J. and Wiles, J.L., 1998, Chitosan Film Mechanical and Permeation Properties as Affected by Acid, Plasticizer, and Storage, Journal of Food Science, 63: 1049-1053.

Xu, Y.X., Kim, K.M., Hanna, M.A. and Nag, D., 2005, Chitosan-starch Composite Film: Preparation and Characterization, Industrial Crops and Products, 21(2): 185-192.

Park, S.Y., Marsh, K.S. and Rhim, J.W., 2002, Characteristics of Different Molecular Weight Chitosan Films Affected by the Type of Organic Solvents, Journal of Food Science, 67(1): 194-197.

Nadarajah, K., 2005, Development and Characterization of Antimicrobial Edible Films from Crawfish Chitosan, A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, 152 p

ผลของการอบแห้งและภาชนะบรรจุในการยืดอายุการเก็บรักษา กะเพราแดง

Effect of Drying and Packaging on Prolonging Storage Life of Holy Basil (*Ocimum sanctum* Linn.)

สรวิศ แจ่มจำรูญ[1] จิตตา สาตร์เพ็ชร์[1] สุพัตรา เปี่ยมวารี[1] พรพรรณ จันเนียม[1] ธัญวรัตน์ กาจสงคราม[1]และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[2]

Jamjumroon. S.[1], Sartpetch. Ch.[1], Peamvaree. S.[1], Channiam.P.[1], Kajhaongkram.T.[1] and Boonyaritthongchai.P.[2]

Abstract

In present, herbal medicine in Thai massage and body steamed with herbs is very popular including eating and aroma therapy. The problem occurrence during storage period of herb is mold, worm, odor and color changes. These changes make lower quality in herb that decreased the action of preventing disease. This research is focus on using postharvest management in order to decrease postharvest loss of herb (Holy Basil). Holy Basil was dried at 40, 50 and 60 ^{O}C and stored at room temperature in plastic bag and foil packaging bag. The results showed that moisture content of Holy Basil in plastic bag was higher than foil bag at 12 month of storage. Moreover humidity inside plastic bag was also higher than foil packaging bag. Moreover, L value in each treatment was not different significant and Ursolic acid content of all treatment was decreased during storage time

Keywords: holy basil (*Ocimum sanctum* Linn.), temperature drying, storage

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการแพทย์แผนไทยนิยมสมุนไพรในการนวดและอบตัวด้วยสมุนไพร รวมไปถึงการรับประทานสมุนไพรและการรักษาด้วยสมุนไพร ส่วนการเก็บรักษาพืชสมุนไพรเอาไว้เป็นระยะเวลานาน มักจะเกิดการขึ้นราหรือเกิดมีหนอน เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสี กลิ่น ทำให้ยาสมุนไพรเสื่อมคุณภาพลงได้ ทำให้ไม่ออกฤทธิ์ในการบำบัดรักษาโรคได้ ซึ่งงานวิจัยการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียของพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ปรับสมดุลร่างกาย โดยศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งกะเพราแดง ที่ระดับ 40 50 และ60 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องโดยบรรจุใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงพลาสติกใส พบว่าเปอร์เซ็นต์ ความชื้น เมื่อเก็บรักษา 12 เดือนถุงพลาสติกใสมีความชื้นสูงกว่าถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ส่วนค่า(L) ไม่แตกต่างกัน และปริมาณสาร Ursolic acid มีปริมาณลดลง

คำสำคัญ: กะเพราแดง อุณหภูมิการอบแห้ง การเก็บรักษา

บทนำ

กะเพรามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ocimum sanctum* Linn. อยู่ในวงศ์ MALVACEAE เป็นพรรณไม้พุ่มขนาดเล็ก มีความสูงประมาณ 1 - 4 ฟุตโคนของลำต้น เนื้อไม้แข็ง มีขน ใบสีเขียว เรียกว่า กะเพราขาว ใบสีแดงเรียกว่า กะเพราแดง ใบของมันมีขนโดยเฉพาะส่วนที่เป็นยอดของมันจะมีมากกว่าส่วน อื่น ๆ มีกลิ่นหอม กิ่งก้านเป็นรูปสี่เหลี่ยม ส่วนปลายอ่อน ดอกออกเป็นช่อตั้งขึ้นไปเป็นชั้น ๆ คล้ายรูปฉัตร กลีบดอกกะเพราขาว มีสีขาว แต่ ถ้าเป็นกะเพราแดง มีสีชมพูอมม่วง เมื่อแก่หรือแห้ง เมล็ดจะเป็นสีดำ อยู่ข้างในซึ่งหุ้มด้วยกลีบเลี้ยงของมัน ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด ใบกะเพราเป็นสมุนไพรพื้นบ้านที่อยู่คู่กับคนไทยมานาน นอกจากนำมาปรุงอาหารได้รสชาติที่อร่อยแล้ว ใบกะเพรายังมีสรรพคุณเป็นยา ถ้ารับประทานเป็นประจำ แม้จะไม่มีประสิทธิภาพเท่ายาแผนปัจจุบันแต่ก็ช่วยให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงได้บ้าง นอกจากนี้ ยังพบว่าใบกะเพรายังช่วยลดอารมณ์ฉุนเฉียวให้มีอารมณ์ดีขึ้นอีกด้วย ตามตำรายาไทยนิยมใช้กะเพราแดงเพราะมีกลิ่นแรงกว่า สารที่ออกฤทธิ์สำคัญในกะเพราก็คือ น้ำมันหอมระเหย มีตัวยาสำคัญหลายชนิด (ดรุณ และคณะ, 2543)

[1]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[1]Thailand Institute of Scientific and Technological Research 35 Mu3,Technopolis,Khlong Luang, Pathum Thani 12120, Thailand

[2]สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

[2]Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok10150

สารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของคนเราที่มีอยู่ในสารสกัดดังกล่าว เป็นสารเคมีในกลุ่มของฟีนอลลิค ไดเทอร์ปีน (phenolic diterpine) โดยพบว่า สารเหล่านี้จะให้ผลในการกำจัดสารพิษชนิดต่างๆ ในร่างกาย โดยเฉพาะอนุมูลอิสระ (Free Radicals) ที่มีผลในการทำลายเซลล์และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะมะเร็ง

ผลการวิจัยของ Dr.Singletary จากภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและสารอาหารสำหรับมนุษย์ (Department of Food Science and Human Nutrition) มหาวิทยาลัยแห่งอิลินอยด์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งตีพิมพ์ในวารสาร Cancer letter ปี 1996 ก็ได้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดคาร์นาโซล และ กรดเออร์โซลิค (ursolic acid) มีส่วนให้ผลในการต้านภาวะมะเร็ง หรือทูเมอร์ (antitumerigenic activity)ได้ในสัตว์ทดลอง โดยเฉพาะในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งในกะเพาแดงพบว่ามีสาร ursolic acid ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการหลั่ง histamine จาก mast cell ดังนั้นจึงมีการศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งและภาชนะเก็บรักษาเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของสารเมื่อเก็บระยะนาน (Rajasekarn, 1984; Silva, 2008)

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดแยกสิ่งปลอมปนที่ติดมากับกะเพราแดง ออกให้หมด ล้างให้สะอาด ทำการหั่น ให้ได้ขนาดประมาณ 2 นิ้ว โดยใช้เครื่องหั่นพืชสมุนไพร นำไปอบที่อุณหภูมิระดับต่างๆ กัน 4 ระดับ คือ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง และชุดควบคุม (โดยการผึ่งในร่มให้แห้ง) นำกะเพราแดงที่อบปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นขนาดใหญ่ จากนั้นทำการบรรจุกะเพราแดงใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 18 × 21 เซนติเมตร ถุงละประมาณ 100 กรัม ผนึกปากถุงด้วยเครื่องผนึกสูญญากาศ ในการทดลองได้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวนการทดลองละ 3 ซ้ำ ในระหว่างเก็บรักษา ทำการสุ่มตัวอย่างของกะเพราแดงทุกๆ 3 เดือน เป็นเวลา 1 ปี เพื่อนำมาตรวจสอบ การวิเคราะห์ความชื้น, การเปลี่ยนแปลงของสี และวิเคราะห์หาปริมาณสาร ursolic acid

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการเปลี่ยนแปลงสีของกะเพราแดง 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม (ตากในที่ร่มมีลมโกรกจนแห้ง) นำไปบดบรรจุไว้ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับ กะเพราแดง 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม (ตากในที่ร่มมีลมโกรกจนแห้ง) แล้วนำไปบดและบรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 ± 5 นำมาวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงสีของกะเพราแดงอบแห้งโดยพิจารณาจากค่า L* พบว่าทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงต่างจากค่าเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ชุดควบคุมเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ในตอนเริ่มต้นที่ เดือนที่ 3 ลดลงในทำนองเดียวกัน ดังนั้น การอบแห้งกะเพราแดงที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของกะเพราแดงอบแห้งได้ เมื่อเก็บไว้นาน 12 เดือน พบว่าค่า L* ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยค่า L* มีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

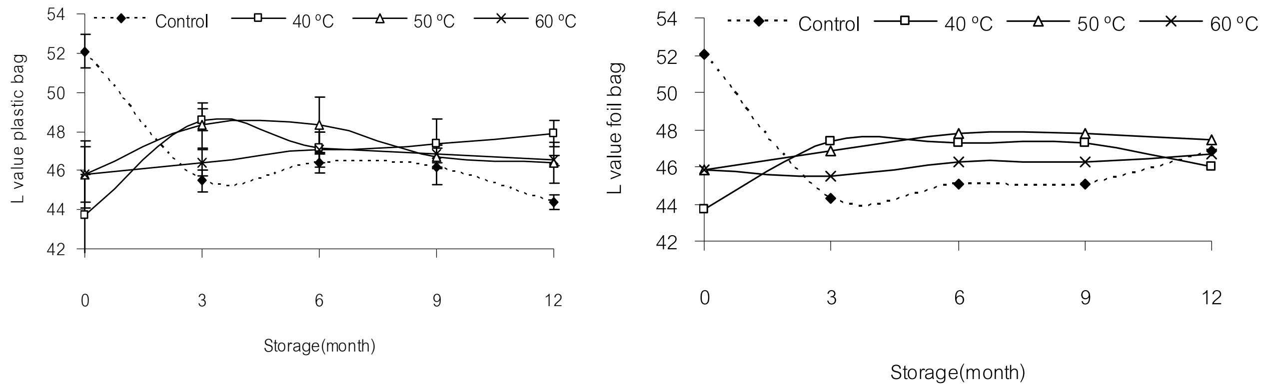


Figure 1 Effect of drying 4 the level temperature per value L value of Holy Basil (*Ocimum sanctum* Linn.) drying the relative humidity percentage 75± 5.

ผลของการวิเคราะห์ความชื้น กะเพราแดง 4 ระดับที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม (ตากในที่ร่มมีลมโกรกจนแห้ง) นำไปบดและบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับกระเพราแดง 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม (ตากในที่ร่มมีลมโกรกจนแห้ง) แล้วนำไปบดบรรจุไว้ในถุง plastic เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 ± 5 พบว่าทั้ง 2 ชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงต่างจากค่าเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ชุดควบคุมเกิดการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความชื้นมากที่สุดมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นประมาณ 11.70 สำหรับการอบแห้งกะเพราแดงที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเก็บไว้นาน 12 เดือน พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อพิจารณาจากกราฟแสดงให้เห็นว่าการเก็บบรรจุแบบถุงอลูมิเนียมฟอยล์มีการเปลี่ยนแปลงที่คงที่ดีกว่าการบรรจุในถุงพลาสติก

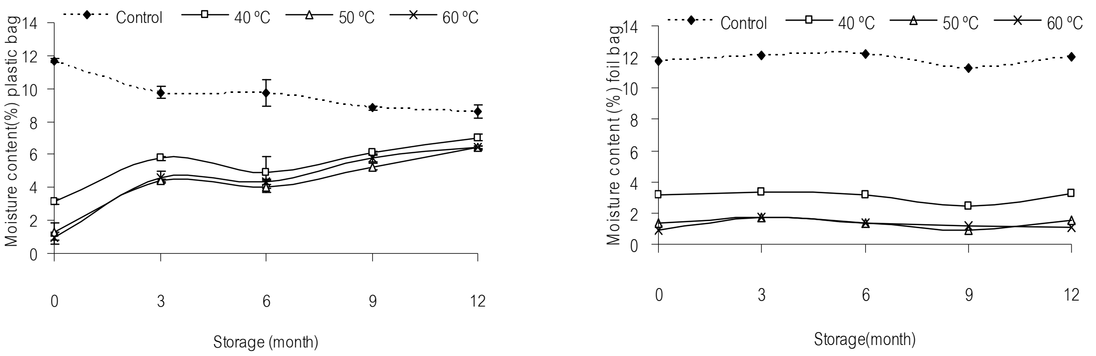


Figure 2 Effect of drying 4 the level temperature per value moisture of Holy Basil(*Ocimum sanctum* Linn.) drying the relative humidity percentage 75± 5.

ผลของการวิเคราะห์สารสำคัญ ผลของการอบแห้งกะเพราแดง 4 ระดับที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม (ตากในที่ร่มมีลมโกรกจนแห้ง) นำไปบด บรรจุไว้ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับ กะเพราแดง 4 ระดับ ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม (ตากในที่ร่มมีลมโกรกจนแห้ง) แล้วนำบดบรรจุในถุงพลาสติก ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 ± 5 พบว่า ในวันเริ่มต้นชุดควบคุม (ตากในที่ร่มมีลมโกรกจนแห้ง) มีปริมาณ ursolic acid มากที่สุด คือ 1.23 % เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 อุณหภูมิ ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ และ บรรจุในถุงพลาสติก เมื่อเก็บรักษาจนครบ 12 เดือนพบว่า ปริมาณ ursolic acid ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

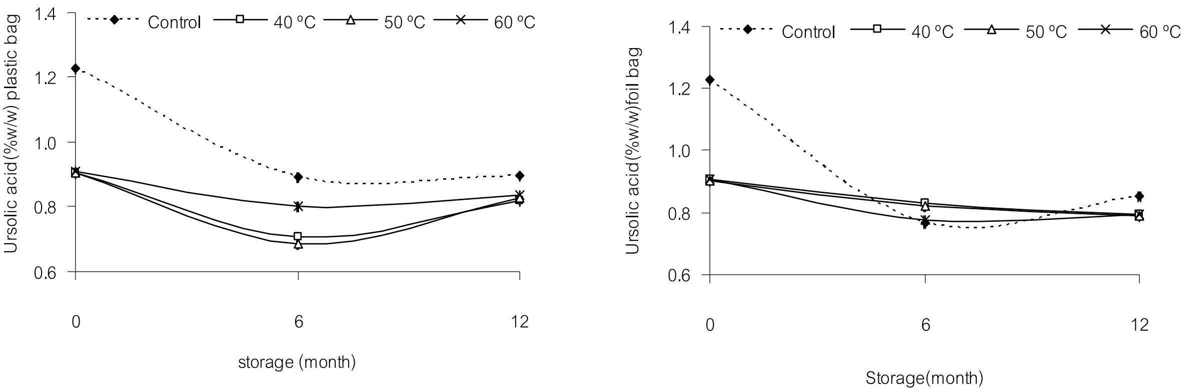


Figure 3 Effect of drying 4 the level temperature per value Ursolic acid of Holy Basil(*Ocimum Sanctum L.*) drying the relative humidity percentage 75± 5.

สรุปผล

งานวิจัยการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียของพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ปรับสมดุลร่างกาย โดยศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งกะเพราแดง ที่ระดับ 40 50 และ60 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องโดยบรรจุใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุงพลาสติกใส พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น เมื่อเก็บรักษา 12 เดือนถุงพลาสติกใส มีความชื้นสูงกว่าถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ส่วนค่า (L) ไม่แตกต่างกัน และปริมาณสาร ursolic acid มีปริมาณลดลง

เอกสารอ้างอิง

ดรุณ เพ็ชรพลาย, ณุฉัตรา จันทร์สุวานิชย์, ชาตรี ชาญประเสริฐ, 2543, พืชสมุนไพร ในประเทศไทย ตอนที่ 1, โรงพิมม์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ, 219 หน้า

Rajasekarn, M., Sudhadaran, C., Pradhan, S.C., Bapna, J.S., Nair, A.G.R., 1984, Mast Cell Protective Activity of Ursolic Acid-a Triterpene from the Leaves of *Ocimum sanctum* L. and its Antimicrobial Activity, Indian Perfum, 28(2): 82-7.

Silva, M.G.V., Vieira, I.G.P., Mendes, F.N.P., Irineu, L.A., Santos, R.N.D., Silva, F.O., and Morais, S.M., 2008, Variation of Ursolic Acid Content in Eight *Ocimum* Species from Northeastern Brazil, Molecules, 13(10): 2482-2487.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 253-256 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 253-256 (2552)

โปรแกรมพยากรณ์ ความต้องการผลไม้ไทยเพื่อการส่งออก ด้วยเทคนิคการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Technique)

Prediction Program for Thai Fruit Exporting by Linear Regression Technique

เศรษฐชัย ชัยสนิท[1] **และ รัชฎาวรรณ นิ่มนวล**[2]
Chaisanit, S.[1] and Nimnaul, R.[2]

Abstract

The objectives of this research were: 1) to develop prediction program for Thai Fruit exporting by linear regression technique, 2) to evaluate prediction program for Thai Fruit exporting by linear regression technique and 3) to study of satisfaction of farmer in east and north of Thailand. The research instrument in this study is linear regression technique. The historical data used in this research are historical of Thai Fruit exporting from marketing organization for farmer, Ministry of Agriculture and Cooperatives in fiscal years 2003 to 2008. The sampling groups of this study were divided into two groups, experts and fruit agriculturist in East of Thailand, 5 experts and 30 fruit agriculturist, were simple purposive sampling selected. The least mean absolute percentage error (MAPE) of test data is used to select the appropriate method. The results show that the mean absolute percentage error (MAPE) less than 15%. For this research summary that the prediction program have efficiency by hypothesis at 0.01 level.

Keywords: prediction program, linear regression technique

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสร้างโปรแกรมพยากรณ์ ความต้องการผลไม้ไทย เพื่อการส่งออก โดยใช้เทคนิคการถดถอยเชิงเส้น 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมพยากรณ์ที่สร้างขึ้น 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มเกษตรกรไม้ผลในภาคตะวันออก และภาคเหนือ ที่มีต่อการใช้โปรแกรมพยากรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ เทคนิคการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ข้อมูลสถิติการส่งออกขององค์การตลาดเพื่อการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ตั้งแต่ปี 2547-2552 กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ เกษตรกรไม้ผลในกลุ่มภาคตะวันออก และภาคเหนือ จำนวน 100 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่กลุ่มเกษตรกรไม้ผล ในเขตภาคตะวันออก และภาคเหนือ จำนวน 30 คน ผลที่ได้จากการศึกษานี้พบว่าโปรแกรมพยากรณ์ ความต้องการผลไม้ไทยเพื่อการส่งออกโดยใช้เทคนิคการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) น้อยกว่า 15% ซึ่งสรุปได้ว่าโปรแกรมพยากรณ์ที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: โปรแกรมพยากรณ์ เทคนิคการถดถอยเชิงเส้น

[1]คณะสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี 79 ถนนบางนา-ตราด ตำบลคลองตำหรุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20000
[1]Faculty of Informatics, Sripatum University Chonburi Campus, 79 Bangna-Trad Road Klong Tamru Muang Chonburi 20000
[2]ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กทม. 10140
[2]Department of Printing and Packaging Technology, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, King Mongkut's University of Technology Thonburi 126 Pracha-utid Road, Bangmod, Toongkru

คำนำ

ผลไม้ไทย จัดได้ว่าเป็นสินค้าที่ประเทศไทย มีศักยภาพในการผลิตเพียงพอให้ผลผลิตตามฤดูกาลสลับกัน บางชนิดให้ผลผลิตตลอดทั้งปี ปัจจุบันการเพาะปลูกมิได้มุ่งเพื่อบริโภคภายในประเทศเพียงอย่างเดียว แต่ยังมุ่งส่งออกตลาดต่างประเทศ โดยเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้พยายามปรับปรุงพันธุ์ และพัฒนาคุณภาพของผลผลิตให้ได้มาตรฐานของตลาดส่งออก ซึ่งในปัจจุบันรัฐบาลได้ให้ความสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ ปรับปรุงคุณภาพผลผลิตเพื่อให้ได้มาตรฐานการส่งออกและมีการควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการผลิตตาม ซึ่งคาดว่าจะทำให้มีผลผลิตที่มีคุณภาพเพื่อการส่งออกมากขึ้น โดยเฉพาะทุเรียน มังคุด ลำไย และมะม่วง แต่ปัญหาหนึ่งที่เป็นปัญหาสำคัญสำหรับเกษตรกรชาวสวนผลไม้คือปัญหาผลไม้ล้นตลาด ไม่สามารถขาย หรือส่งออกได้ ทำให้ราคาตกต่ำ จนต้องขาดทุน ซึ่งในปี 2551 ที่ผ่านมาพบว่ามีผลไม้หลายชนิดที่ไม่สามารถขายได้ในราคาที่เหมาะสม ทำให้เกษตรกรชาวสวนผลไม้ต้องขาดทุน เช่น ลำไย ลิ้นจี่ มังคุด เป็นต้น จากปัญหานี้เอง ทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจที่จะสร้างโปรแกรมการพยากรณ์ (สรพัฒน์ และกำพล, 2546) ความต้องการผลไม้ไทยเพื่อการส่งออก เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในความต้องการผลไม้ในแต่ละปี เพื่อเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจสำหรับเกษตรกรชาวสวนผลไม้ ว่าควรจะปลูกผลไม้ชนิดใด หรือปริมาณการปลูกเท่าใด เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น โปรแกรมพยากรณ์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนี้ จะสามารถช่วยในการวางแผนในการผลิต และพยากรณ์ความต้องการผลไม้ไทยเพื่อการส่งออก ได้ในระยะเวลา 3 ปีข้างหน้า ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ คือข้อมูลสถิติการส่งออกขององค์การตลาดเพื่อการเกษตร กระทรวงเกษตร ตั้งแต่ปี 2547-2552 (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2552) เทคนิคที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมคือเทคนิคการถดถอยเชิงเส้น (linear regression) ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อเกษตรกรชาวสวนผลไม้ที่ปลูกเพื่อการส่งออก

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- กลุ่มเกษตรกรไม้ผล ในเขตภาคตะวันออก และภาคเหนือ จำนวน 30 คน
- กลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ จำนวน 5 คน

เครื่องมือที่ใช้ในกาวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย โปรแกรมพยากรณ์ ความต้องการผลไม้ไทย เพื่อการส่งออก โดยใช้เทคนิคการถดถอยเชิงเส้นและแบบสอบถาม โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการผลไม้ไทย เพื่อการส่งออก และ เทคนิคการถดถอยเชิงเส้น ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือ
2. สัมภาษณ์ เกษตรกรไม้ผล และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการสร้างเครื่องมือ
3. สร้างเครื่องมือ โดยยึดข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้อมูลดังที่ได้กล่าวมาเบื้องต้น โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 เครื่องมือโดย มีลักษณะดังนี้

   3.1 โปรแกรมพยากรณ์ ความต้องการผลไม้ไทย เพื่อการส่งออก โดยใช้เทคนิคการถดถอยเชิงเส้น

   3.2 แบบสอบถามประเมินความคิดเห็น
4. นำเครื่องมือเสนอผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ ความถูกต้อง และเพื่อประเมินคุณภาพของเครื่องมือ
5. ปรับปรุงเครื่องมือตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อจัดทำเป็นเครื่องมือสำหรับนำไปใช้ในการรวบรวมข้อมูล
6. ทดสอบก่อนใช้จริง (Try Out) กับกลุ่มที่เหมือนกับ กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ
7. นำเครื่องมือที่ได้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้

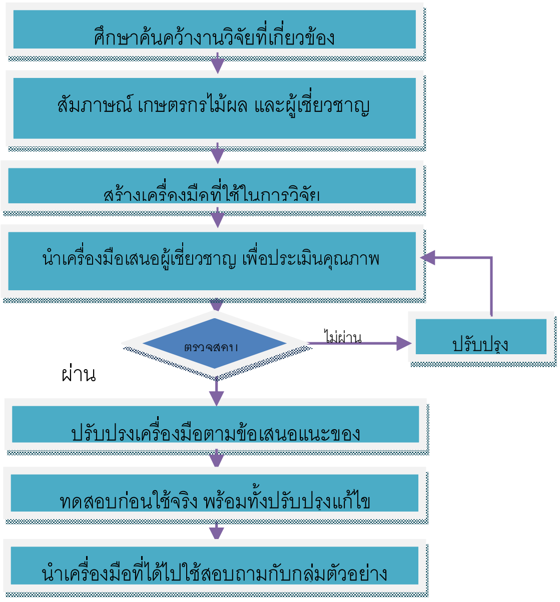


Figure 1 Procedure of research methodology.

สถิติที่ใช้ในงานวิจัย (กัลยา, 2547)

Arithmetic Mean	Standard Deviation	MAPE	Linear Regression
$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$	$SD = \sqrt{\frac{\sum (x-\bar{x})^2}{N-1}}$	$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lvert e_i - a_i \rvert}{n} * 100$	$Y = a + bX_1 + cX_2 + \ldots + e$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบด้านประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ แบ่งผู้ใช้งานระบบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไปพบว่า ค่าเฉลี่ยโดยรวมในส่วนของผู้เชี่ยวชาญเท่ากับ 4.27ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี และค่าเฉลี่ยโดยรวมในส่วนของผู้ใช้งานทั่วไปเท่ากับ 4.21 ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ในด้านความสามารถของระบบ ในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ในด้านความสามารถของระบบ ในกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไปมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ในด้านความถูกต้องของการทำงานในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ในด้านความถูกต้องของการทำงานในกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไปมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.1 ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ในด้านการใช้งานระบบในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.4 ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ในด้านการใช้งานระบบในกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไปมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ในด้านความปลอดภัยระบบในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4 ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ในด้านความปลอดภัยระบบในกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไปมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี และค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) น้อยกว่า 15% ซึ่งสรุปได้ว่าโปรแกรมพยากรณ์ที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และสามารถช่วยแก้ปัญหาและวางแผนระบบการผลิตได้อย่างยั่งยืน (Table 1, 2 และ 3)

Table 1 Evaluation test from experts.

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD
Functional Requirement Test	4.44	0.49
Functional Test	4.26	0.55
Usability Test	4.4	0.49
Security Test	4	0.52
รวม	4.27	0.51

Table 2 Evaluation test from fruit agriculturists.

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD
Functional Requirement Test	4.08	0.57
Functional Test	4.1	0.58
Usability Test	4.23	0.43
Security Test	4.26	0.63
รวม	4.16	0.55

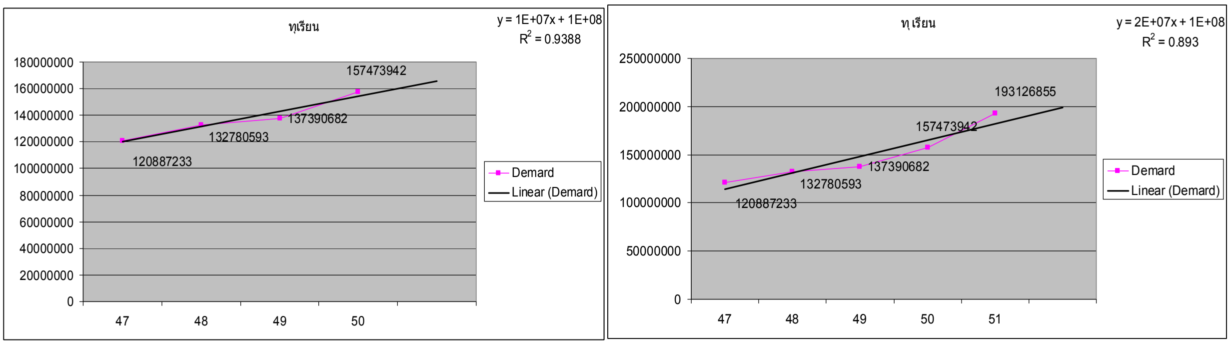


Figure 2 Prediction program for durian demand in 2008 and 2009.

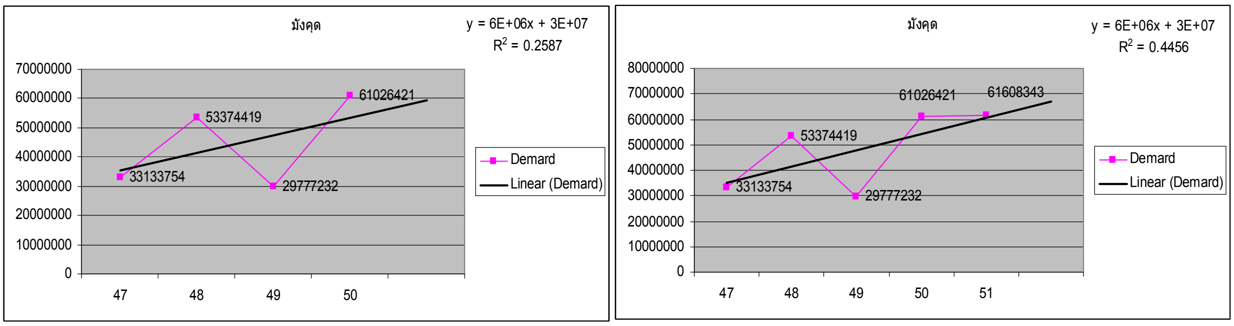


Figure 3 Prediction program for mangosteen demand in 2008 and 2009.

สรุปผลการทดลอง

โปรแกรมพยากรณ์ ความต้องการผลไม้ไทย เพื่อการส่งออก โดยใช้เทคนิคการถดถอยเชิงเส้น ใช้การวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งนับเป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและแก้ไขปัญหาที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เพื่อวางแผนการผลิต และวิเคราะห์แนวโน้มความต้องการผลไม้ไทยเพื่อการส่งออกได้อย่างเหมาะสม ผลที่ได้จากการศึกษานี้พบว่าโปรแกรมพยากรณ์ ความต้องการผลไม้ไทยเพื่อการส่งออกโดยใช้เทคนิคการถดถอยเชิงเส้น (linear regression) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) น้อยกว่า 15% และมีความพึงพอใจของผู้ใช้และผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมพยากรณ์ที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และสามารถช่วยแก้ปัญหาและวางแผนระบบการผลิตได้อย่างยั่งยืน เพื่อก่อให้เกิดระบบการผลิตที่มีคุณภาพ เป็นรากฐานในการพัฒนาประเทศชาติต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ เงินทุนวิจัยจากสำนักพิมพ์วังอักษร ข้อมูลจากองค์การตลาดเพื่อการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้ให้การสนับสนุนงานวิจัยจนทำให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา, 2547, การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 7, หน้า 393-394.

สรพัฒน์ โพธิฌานนนท์ และกำพล หวังเลิศสกุลชัย, 2546, การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการพยากรณ์การผลิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552, วารสารการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร, กรุงเทพฯ: 55-57.

ฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรในการต้านเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* ที่สร้าง Extended Spectrum ß-Lactamase

Antibacterial Activity of Essential Oils from Medicinal Plants Against Extended-Spectrum ß-Lactamase Producing *Klebsiella pneumoniae*

ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล[1] วิมลพรรณ รุ่งพรหม[1] ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] และ กิตติพจน์ งามฉวี[1]

Siripornwisarn, S.[1], Rungprom, W.[1], Sawatdikarn, S.[1] and Ngamchawee, K.[1]

Abstract

In this present study, seven essential oils derived from medicinal plants were assessed for antibacterial activity against a hospital isolate of extended-spectrum ß-lactamase (ESBL) producing *Klebsiella pneumoniae*. The essential oils were extracted from selected plants by hydro-distillation in a Clevenger-type apparatus and then screened against the bacteria using disc diffusion method. Six millimeter filter paper discs were impregnated with 10 µl of undiluted essential oil and placed on Meuller Hilton agar plate, which previously seeded with the test organism. After incubated at 37°C for 24 hours, zone of inhibition were measured. Results showed that all the selected essential oils exhibited antibacterial activity against the test organism. According to diameter of inhibition zone, ajowan seed oil, which generated inhibition zone larger than 40 mm in diameter, was the most potent followed by coriander seed oil, nutmeg oil, caraway seed oil, kaffir lime oil, mace oil and kaempferia oil respectively (zone diameter ranging from 9 to 16 mm). These findings indicated that all the selected essential oils might be alternative antibacterial agents for the treatment of diseases caused by ESBL-producing strains of *K. pneumoniae,* particularly when the treatments by antibiotics are ineffective.

Keywords: essential oil, extended-spectrum ß-lactamase, *Klebsiella pneumoniae*

บทคัดย่อ

งานวิจัยที่นำเสนอนี้เป็นการศึกษาฤทธิ์เบื้องต้นของน้ำมันหอมระเหย 7 รายการที่กลั่นได้จากสมุนไพร ในการต้านเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* ที่สร้าง extended-spectrum ß-lactamase (ESBL) ซึ่งแยกได้จากผู้ป่วยในโรงพยาบาล การเตรียมน้ำมันหอมระเหยจากชิ้นส่วนพืชใช้กระบวนการกลั่นด้วยน้ำในอุปกรณ์กลั่นแบบ clevenger จากนั้นนำไปคัดกรองฤทธิ์ต้านแบคทีเรียด้วยวิธี disc diffusion โดยหยดตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยที่ไม่เจือจางปริมาตร 10 ไมโครลิตร ลงบนแผ่นกระดาษกรองขนาด 6 มิลลิเมตร แล้วนำไปวางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Meuller Hilton agar ที่เพาะเชื้อทดสอบไว้แล้ว หลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำมาตรวจสอบผลและวัดขนาดบริเวณการยับยั้ง พบว่าน้ำมันหอมทุกรายการที่ทดสอบมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อทดสอบ และจากขนาดของบริเวณการยับยั้งที่วัดได้พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเทียนเยาวภาณี มีฤทธิ์ยับยั้งสูงสุด โดยมีเส้นผ่านศูนกลางของบริเวณยับยั้งมากกว่า 40 มิลลิเมตร รองลงมาคือน้ำมันลูกผักชี น้ำมันลูกจันทร์ น้ำมันเทียนตากบ น้ำมันมะกรูด น้ำมันดอกจันทร์ และน้ำมันเปราะหอม ตามลำดับ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งอยู่ระหว่าง 16 ถึง 9 มิลลิเมตร) ข้อเท็จจริงที่พบในการวิจัยนี้บ่งชี้ว่า น้ำมันหอมระเหยที่นำมาทดสอบทุกรายการน่าจะเป็นสารต้านแบคทีเรียทางเลือกใหม่สำหรับรักษาภาวะเจ็บป่วยจากการติดเชื้อ *K. pneumoniae* สายพันธุ์ที่สร้าง ESBL โดยเฉพาะกรณีที่การรักษาด้วยสารปฏิชีวนะไม่ได้ผล

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย extended-spectrum ß -lactamase *Klebsiella pneumoniae*

คำนำ

Klebsiella pneumoniae เป็นเชื้อฉวยโอกาส (opportunistic pathogen) ที่มักก่อให้เกิดภาวะติดเชื้อแทรกซ้อนในผู้ป่วยซึ่งมีภูมิต้านทานต่ำกว่าปกติ (Kang และคณะ, 2006) ภาวะติดเชื้อ *K. pneumoniae* ที่พบบ่อย ได้แก่ การติดเชื้อในทางเดินหายใจและการ

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เลขที่ 96 ถนนโรจนะ อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

[1]Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, 96 Rojana Rd., Phranakhon Si Ayutthaya 13000

ติดเชื้อในท่อทางเดินปัจสาวะ (Podschun และ Ulmann, 1998) ซึ่งเมื่อพบภาวะติดเชื้อดังกล่าว แพทย์จะรักษาโดยการให้ยาปฏิชีวนะ แต่ภายหลังพบว่าเชื้อ *K. pneumoniae* บางสายพันธุ์มีความต้านทานต่อยาปฏิชีวนะมากขึ้น โดยเฉพาะสายพันธุ์ที่สร้างเอนไซม์ ESBLs ได้ หรือ *K. pneumoniae* (ESBL+) ซึ่งเอนไซม์ ESBLs นี้มีฤทธิ์ในการย่อยสลายยาปฏิชีวนะในกลุ่ม บีตาแล็คแตม (ß-Lactams) ที่มีหมู่ออกซีแอมิโน และสามารถระงับการออกฤทธิ์ของยาปฏิชีวนะในกลุ่มซีฟาโรสปอรินรุ่นที่ 3 (third generation cephalosporin) ทำให้เชื้อดื้อต่อยาส่งผลการรักษามีความยากลำบากมากขึ้น (Kusum และคณะ, 2004) ปัจจุบันจึงมีความพยายามในการแสวงหาตัวยาและวิธีการใหม่ ๆ ในการรักษาผู้ป่วยที่ติดเชื้อ *K. pneumoniae* (ESBL+) แทนการใช้ยาปฏิชีวนะ และทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางก็คือ การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรต่าง ๆ ที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้ สำหรับการวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยสกัดจากสมุนไพรในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *K. pneumoniae* (ESBL+) ที่แยกได้จากผู้ป่วยซึ่งเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลพระนครศรีอยุธยา

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้ใช้สมุนไพร 7 รายการในการสกัดน้ำมันหอมระเหย ประกอบด้วย เทียนเยาวภาณี (*Trachyspermum ammi* Linn.) ลูกผักชี (*Coriandrum sativum* Linn.) ลูกจันทร์ (*Myristica fragrans* Houtt.) ดอกจันทร์ (*Myristica fragrans* Houtt.)เทียนตากบ (*Carum carvi* Linn.) มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) และน้ำมันเปราะหอม (*Kaempferia galangal* Linn.)การสกัดน้ำมันหอมระเหยใช้วิธีกลั่นด้วยไอน้ำ (Oyedeji และคณะ, 2009) สำหรับตัวอย่างสมุนไพรแห้ง นำไปบดให้เป็นผงบรรจุในขวดก้นกลม ผสมกับน้ำแล้วนำไปกลั่นในอุกรณ์แบบ Clevenger นาน 3 ชั่วโมง แยกชั้นของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้บรรจุในขวดแก้วที่ห่อด้วยอลูมิเนียมฟอล์ยเพื่อป้องกันแสง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลลเซียสจนกว่านำไปใช้

การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* (ESBL+) โดยวิธี agar disc diffusion (Oyedeji และคณะ 2009) โดยใช้เชื้อแบคทีเรีย *K. pneumoniae* (ESBL+) ที่แยกได้จากผู้ป่วยซึ่งเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลพระนครศรีอยุธยาเป็นเชื้อทดสอบ เตรียมกล้าเชื้อโดยการถ่ายเชื้อที่เลี้ยงใหม่อายุ 18-24 ชั่วโมง ลงในอาหารเหลว Meuller Hilton บ่มต่อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสประมาณ 18-24 ชั่วโมง แล้วนำมาเตรียมเซลล์แขวนลอยให้ได้ระดับความเข้มข้นของเซลล์ในอาหารเหลว Meuller Hilton ระหว่าง 10^8-10^9 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จากนั้นใช้สำลีพันปลายไม้ปราศจากเชื้อจุ่มกล้าเชื้อไปป้ายให้ทั่วผิวหน้าอาหารอาหารแข็ง Meuller Hilton ที่บรรจุในจานเพาะ ทิ้งไว้ 30 นาทีให้ผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อแห้ง จากนั้นหยดตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยที่ไม่เจือจาง ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ลงบนแผ่นกระดาษกรองขนาด 6 มิลลิลิเมตร แล้วนำไปวางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ป้ายเชื้อแล้วจานละ 3 แผ่น ให้ระยะห่างของระหว่าง กระดาษกรองแต่ละแผ่นไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-14 ชั่วโมง นำมาตรวจผลและวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณการยับยั้ง

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการยับยั้ง ใช้วิธีทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณการยับยั้งไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 10 สำหรับวินโดวส์ (P=0.05)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากสมุนไพรทั้ง 7 รายการมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* (ESBL+) ได้ โดยแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพการยับยั้งที่แตกต่างกัน ซึ่งน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ยับยั้งสูงที่สุดได้แก่ น้ำมันเทียนเยาวภาณี รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากลูกผักชี ลูกจันทร์ เทียนตากบ มะกรูด ดอกจันทร์ และเปราะหอมตามลำดับ (Figure 1 และ Figure 2)

ข้อสังเกตที่น่าสนใจคือจากการศึกษานี้เกี่ยวข้องกับฤทธิ์การยับยั้งของน้ำมันเทียนเยาวภาณี ที่ให้ผลในการยับยั้งสูงกว่าน้ำมันระหอมเหยชนิดอื่น ๆ อย่างชัดเจน โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณการยับยั้งเฉลี่ยถึง 42.6 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าที่บริเวณการยับยั้งจากฤทธิ์ของน้ำมันระหอมเหยชนิดอื่น ๆ ถึง 4 เท่าโดยประมาณ ผลการทดลองนี้ใกล้เคียงกับการทดลองของ Murthy และคณะ,(2006) ซึ่งเคยทำการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากเทียนเยาวภาณีต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *B. subtilis* และ *Listeria monocytogenes* แล้วพบว่ามีนาดของบริเวณการยับยั้งระหว่าง 30 ถึง 48 มิลลิเมตร และสำหรับในการศึกษานี้ที่ทำการทดสอบกับเชื้อ *K. pneumoniae* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมลบก็พบว่าให้ผลในการยับยั้งที่ใกล้เคียงกัน จึงสัณนิษฐานว่า น้ำมันหอมหอมระเหยจากเทียนเยาวภาณีน่าจะประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ที่มีฤทธิ์ยับยั้งได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ

สรุปผล

น้ำมันหอมระเหยที่นำมาทดสอบทุกรายการ มีฤทธิ์ยับยั้ง *K. pneumoniae* (ESBL+) และน่าจะนำไปพัฒนาเป็นสารต้านแบคทีเรียทางเลือกใหม่ สำหรับรักษาภาวะเจ็บป่วยที่เกิดจากการติดเชื้อ *K. pneumoniae* (ESBL+) ได้ โดยเฉพาะน้ำมันเทียนเยาวภาณีที่มีฤทธิ์การยับยั้งสูงสุด ในบรรดาน้ำมันหอมระเหย 7 รายการที่ทำการทดสอบ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการเครือข่ายเชิงกลยุทธ์เพื่อการผลิตและพัฒนาอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงพยาบาลพระนครศรีอยุธยาในการอนุเคราะห์จุลินทรีย์ทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

Kang, C.I., Kim, S.H., Bang, J.W., Kim, H.B., Kim, N.J., Kim, E.C., Oh, M.D. and Choe, K.W., 2006, Community Acquired Versus Nosocomial *Klebsiella pneumoniae* Bacteremia: Clinical Features, Treatment Outcomes and Clinical Implications of Antimicrobial Resistance. Journal of Korean Medical Science, 21: 816-822.

Kusum, M., Wongwanich, S., Dhiraputra, C., Pongpech, P. and Naenna, P., 2004, Occurrence of Extended-spectrum ß-lactamase in Clinical Isolates of *Klebsiella pneumoniae* in a University Hospital, Thailand. Journal of Medical Association of Thailand, 87(9): 1029-1033.

Murthy, P.S., B.B. Borse, H. Khanum and P. Srinivas, 2006, Inhibitory Effects of Ajowan (*Trachyspermum ammi*) ethanolic Extract on *A. ochraceus* Growth and Ochratoxin Production. Turkish Journal of Biology 33: 1-7.

Oyedeji, O.O., Lawal, O.A., Shode, F.O. and Oyedeji, A.O., 2009. Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oils of *Callistemon citrinus* and *Callistimon viminalis* from South Africa, Molecules, 14: 1990-1998.

Podschun, R. and Ulmann, U., 1998, *Klebsiella* spp. as Nosocomial Pathogens: Epidermiology, Taxonomy, Typing Methods, and Pathogenicity Factors. Clinical Microbiology Review. 11: 589-603.

Figure 1 Inhibitory effect of each essential oil toward *K. pneumoniae* (ESBL+), (A) garden parsley seed oil, (B) coriander seed oil, (C) nutmeg oil, (D) caraway seed oil with reference antibiotic, (E) kaffir lime oil, (F) mace oil and (G) kaempferia oil.

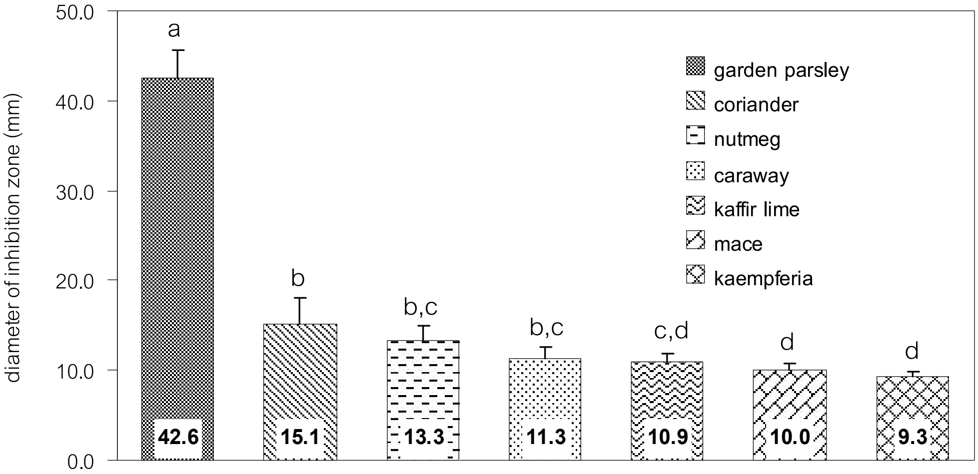


Figure 2 Diameter of inhibition indicated the inhibitory effects of each essential oil toward *K. pneumoniae* (ESBL+), error bar on each column are plus SD of three replicates. Columns with different latter are significantly different (*P*=0.05).

การพัฒนาการใช้สารสกัดจากอบเชยในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงน้ำดอกไม้

Development of Bioactive Cinnamon Extract for Control Postharvest Disease of Nam Dok Mai Mango

เนตรนภิส เขียวขำ[1] สมศิริ แสงโชติ[1] สรัญญา วัชโรทัย[2] และ วาริช ศรีละออง[3]

Khewkhom N.[1], Sangchote, S.[1], Vajarodaya, S.[2] and Srilaong, V.[3]

Abstract

The objectives of this research were to evaluate the *in vitro* fungicidal effect of cinnamon extract in lipophillic phases as stem bark of *Cinnamomum aromaticum*, C. *zeylanicum, C. loureirii* and stem bark and leaves of *C. iners* and *C. porrectum* on the development of *Colletotrichum gloeosporioides*, which causes anthracnose and *Botryodiplodia theobromae*, which causes stem end rot on mango. Crude extract of *C. loureirii* dissolving in chloroform and methanol showed biggest inhibition zone of *Cladosporium* sp by bioautography method. Spore germination of *C. gloeosporioides* at 10^5 CFU/ml can be inhibited by crude extract of *C. loureirii* dissolving in methanol and exhibited MIC of 625 μg/ml at 24 hr. Extracts did not show any spore inhibition while testing with *B. theobromae*. Separated fraction of *C. loureirii* dissolving in methanol by column chromatography showed fungicidal effect on four of mixture solutions as hexane:ethyacetate 25:75 (VI) ethyacetate:methanol 95:5 (VIII) 90:10 (IX) and 50:50 (XI). For control of anthracnose disease on Nam dok mai mango showed 33% of disease incidence with 5,000 and 10,000 ppm spraying water dissolved of crude extract of *C. loureirii*, equally with dipping of 500 ppm carbendazim. Compare with control treatment by dipping in water showed 92% of disease incidence and dip in hot water treatment in 55 °C for 5 min showed 22% of disease incidence.

Keywords: Cinnamon, mango, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Botryodiplodia theobromae*

บทคัดย่อ

ในการศึกษาและประเมินผลการกำจัดเชื้อราของสารสกัดหยาบอบเชย lipophillic phase ได้แก่เปลือกต้นอบเชยไทย *(Cinnamomum aromaticum*) เปลือกต้นอบเชยเทศ *(C. zeylanicum)* เปลือกต้นอบเชยญวน *(C. loureirii)* เปลือกต้นและใบเชียด *(C. iners)* และเปลือกต้นและใบจวง *(C. porrectum)* ต่อการเจริญของ *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรกโนส และ *Botryodiplodia theobromae* สาเหตุโรคขั้วผลเน่าของมะม่วง พบว่าสารสกัดหยาบเปลือกอบเชยญวนส่วนที่ละลายในคลอโรฟอร์มและในเมทานอล แสดงคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Cladosporium* sp. ด้วยวิธี bioautography โดยมีบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรามากที่สุด สารสกัดอบเชยญวนส่วนที่ละลายในเมทานอลแสดงคุณสมบัติยับยั้งการงอก ของสปอร์ *C. gloeosporioides* ความเข้มข้น 10^5 CFU/ml มีค่า MIC เท่ากับ 625 μg/ml ที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยไม่มีสารสกัดหยาบอบเชยชนิดใดที่สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ *B. theobromae* เมื่อแยกส่วนสารประกอบ (fraction) ของอบเชยญวนส่วนที่ละลายในเมทานอล ด้วยวิธีคอลัมน์โครมาโตกราฟี มี 4 ส่วน ที่แสดงคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ได้แก่ ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน:เอทิลอะซีเต็ด **25:75** (VI) เอทิลอะซีเต็ด:เมทานอล 95:5 (VIII) **90:10** (IX) และ 50:50 (XI) เมื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดอบเชยต่อการควบคุมโรคแอนแทรกโนสบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้พ่นด้วยสารสกัดอบเชยญวนละลายด้วยน้ำ 5,000 และ 10,000 ppm มีร้อยละของการเกิดโรคเท่ากับ 33 เท่ากับจุ่มในสารเคมี carbendazim 500 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีร้อยละของการเกิดโรคเท่ากับ 92 และที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ร้อยละของการเกิดโรคเท่ากับ 22

คำสำคัญ: อบเชย มะม่วง *Colletotrichum gloeosporioides Botryodiplodia theobromae*

[1]ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Plant Pathology, Faculty of Agricultrue, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

[2]ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2]Department of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

[3]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[3]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University Thoburi, Tha-knam, Bankhuntein, Bangkok 10150

คำนำ

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีศักยภาพสูงในการส่งออกเนื่องจากมีรูปทรงและสีสวย มีรสชาติเป็นที่นิยมอย่างมาก แต่เมื่อผลสุกแก่ปัญหาที่มักพบเสมอ คืออาการผลเน่า เนื่องจากโรคแอนแทรกโนสจากเชื้อราสาเหตุ *Colletotrichum gloeosporioides* เป็นส่วนมาก รองลงมาคือโรคขั้วผลเน่าจากเชื้อราสาเหตุ *Lasiodiplodia theobromae* (นิพนธ์, 2542) ทำให้เกิดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว ทั้งในแง่ของต้นทุนการผลิต การขนส่ง และคุณภาพของผลิตผล ในปัจจุบันการควบคุมและป้องกัน มีการใช้สารเคมีในการกำจัดเช่น สารเคมีประเภทดูดซึม เช่น carbendarzime benomyl หรือ thiabendazole ผสมน้ำที่อุณหภูมิ 50 °C นาน 5 นาที ในประเทศที่พัฒนาและมีศักยภาพสูงในการนำเข้าสินค้าทางการเกษตรส่วนใหญ่ มีการออกมาตรการควบคุมการใช้สารเคมีบางชนิด งานวิจัยปัจจุบันจึงมีความพยายามที่จะใช้วิธีทางกายภาพและชีวภาพ เช่นสารจากธรรมชาติที่ปลอดภัยเพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมโรคอย่างยั่งยืน เพื่อเป็นการลดการใช้สารเคมีในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว อบเชย (cinnamon) จัดอยู่ในวงศ์ Lauraceae ส่วนที่ใช้เป็นเครื่องเทศ ได้จากเปลือกต้นของพืช น้ำมันหอมระเหยจากน้ำมันอบเชยจะมีสารจำพวกอัลดีไฮด์ (aldehyde volatile oil) เป็นองค์ประกอบหลัก อบเชยมีหลายชนิด แต่ที่มีการนำมาค้าขายในเชิงเศรษฐกิจมีเพียง 4 ชนิดเท่านั้น คือ 1. อบเชยเทศ *Cinnamomum verum* J.S. Presl. ชื่อพ้อง *C. zeylanicum* Garc. ex Bl. ปลูกมากในศรีลังกา อินเดียน้ำมันอบเชยเทศร้อยละ 0.5-1 มีสารสำคัญได้แก่ cinnamaldehyde, eugenol, benzaldehyde Ustaa และคณะ (2002) พบว่า cinnamaldehyde และ eugenol กระตุ้นให้เกิด ATP hydrolysis และยับยั้ง NADH oxidase ในกระบวนการหายใจ 2. อบเชยจีน *C. aromaticum* Nees ชื่อพ้อง *C. cassia* Nees Bl. ต่างจากอบเชยเทศ คือ เปลือกหนา 3. อบเชยญวน *C. loureirii* Nees ชื่อพ้อง C. obtusifolium Nees var. *loureirii* Perr. et. Eb. 4. อบเชยชวา *C. burmanii* Blume เป็นไม้ใหญ่ที่สุดในบรรดาอบเชยทั้งหมดใช้แต่งกลิ่นอาหาร (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2544) น้ำมันหอมระเหยและสารผสมระหว่างน้ำมันและยางไม้ซึ่งพบได้ตามธรรมชาติ (oleoresin) ของ *C. zeylanicum* พบว่ามีสาร antioxidant (Kitazurua และคณะ, 2004; Mathew และ Abraham, 2006) สารต้านเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และสารพิษที่เกิดจากเชื้อรา (Hsieh และคณะ, 2001; Velluti และคณะ, 2003; Matan และคณะ, 2006.) โดยมีรายงานว่ามีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus, A. ochraceus, A. niger, A. terreus, Penicillium citrinum* และ *P.viridicatum* เปลือกลำต้นอบเชยมีสารประกอบ 13 ชนิด โดยมี (E)-cinnamaldehyde เป็นสารหลัก (Singh และคณะ, 2007) งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาใช้สารสกัดจากอบเชย ในการป้องกันและควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงน้ำดอกไม้ เพื่อพัฒนารูปแบบการใช้สารออกฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพร่วมกับวิธีการอื่นที่ช่วยเพิ่มคุณภาพผลิตผลสดอย่างปลอดภัยแก่ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเชื้อรา *C. gloeosporioides* และ *B. theobromae* แยกเชื้อสาเหตุโรคโดยวิธี Tissue Transplanting Method

การเตรียมตัวอย่างสารสกัดจากอบเชย 7 ตัวอย่าง คือ เปลือกลำต้นของอบเชยไทย อบเชยเทศ และอบเชยญวน เปลือกและใบของเชียดและจวง โดยสกัดตัวอย่างพืชที่ปั่นหยาบในตัวทำละลายเมทานอล เก็บในที่มืดเป็นเวลา 3 วัน กรองสารละลายแล้วนำสารละลายที่ได้มาแยกคุณสมบัติการละลายด้วยน้ำและคลอโรฟอร์ม โดยจะใช้สารสกัดหยาบที่ละลายในคลอโรฟอร์มซึ่งเป็น lipophilic phase แยกตัวทำละลายคลอโรฟอร์มออกด้วยเครื่อง evaporator ชั่งน้ำหนักแห้งสารสกัดหยาบ จากนั้นเติมเมทานอลเพื่อเป็นตัวทำละลาย เก็บรักษาในที่มืด อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

วิเคราะห์และแยกสารสกัดตามความสามารถการละลายของสารสกัดอบเชยญวน โดยวิธี Column Chromatography (CC) จะได้แยกส่วนสารประกอบ (fraction) ต่างๆ โดยชะสารสกัดผ่านคอลัมน์ที่บรรจุซิลิกาเจล ด้วยสารละลายอินทรีย์ (organic solvent) ในอัตราส่วนต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย เฮกเซน เอธิลอะซิเตต และเมทานอล

ทดสอบความสามารถของสารสกัดหยาบและ fraction ต่างๆ ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Cladosporium* sp. ด้วยวิธี bioautography สังเกตบริเวณยับยั้งการเจริญ (inhibition zone)

ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดอบเชยที่มีผลต่อเชื้อราสาเหตุโรค โดยศึกษาการยับยั้งการงอกของสปอร์ด้วยวิธี Micro Dilution Assay เพื่อหา Minimum Inhibitory Concentration (MIC) (Hadacek และ Greger, 2000)

ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดอบเชย ในการควบคุมการเกิดโรคแอนแทรกโนสบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้

นำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ระยะสุกแก่เต็มที่ผลยังเป็นสีเขียวมาปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* โดยการใช้ spore suspension ความเข้มข้น 10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ หยดลงบนแผ่น disc ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร (Whatman เบอร์ 01)บรรจุลงตะกร้าที่บุด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ จากนั้นพ่นสารสกัดอบเชยซึ่งละลายในน้ำความเข้มข้น 1,000 5,000

และ 10,000 ppm จุ่มสารเคมี Carbendazim 500 ppm จุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และในชุดควบคุมใช้น้ำพ่นแทนสารละลายตำแหน่งที่ปลูกเชื้อ แล้วพ่นสารละลาย ethyphon เพื่อบ่มมะม่วงให้สุก โดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ศึกษาการเกิดโรคและความรุนแรงของการเกิดโรค

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ทดสอบความสามารถของสารสกัดหยาบในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธี Bioautography บนแผ่น TLC

พบสารสกัดจากอบเชย แสดงคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา คือ เปลือกจวงส่วนที่ละลายในคลอโรฟอร์ม เปลือกอบเชยญวนส่วนที่ละลายในเมทานอล เปลือกอบเชยญวนส่วนที่ละลายในคลอโรฟอร์ม เปลือกอบเชยเทศส่วนที่ละลายในคลอโรฟอร์ม และเปลือกเชียดส่วนที่ละลายในคลอโรฟอร์ม โดยจะเลือกสารสกัดจากเปลือกอบเชยญวนส่วนที่ละลายในเมทานอลที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดเพื่อทดสอบต่อไป (Figure 1)

ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดอบเชยที่มีผลต่อเชื้อราสาเหตุโรค

โดยศึกษาการยับยั้งการงอกของสปอร์ด้วยวิธี Micro Dilution Assay เพื่อหา Minimum Inhibitory Concentration (MIC) พบว่าสารสกัดจากเปลือกอบเชยญวน *(C. loureirii)* ส่วนที่ละลายในเมทานอล แสดงคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ความเข้มข้น 10^5 CFU/ml มีค่า MIC เท่ากับ 625 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และมีค่า MIC เท่ากับ 1,250 μg/ml ที่เวลา 48 ชั่วโมง โดยไม่มีสารสกัดหยาบใดที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *B.theobromae* ความเข้มข้น 10^5 CFU/ml (Table 1) สารสกัดหยาบเปลือกลำต้นอบเชยเทศ (*C. zeylanicum*) ส่วน lipophilic จากการทดสอบด้วยวิธี bioautography พบคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา และให้ผลที่สอดคล้องกันเมื่อทดสอบการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Botrytis cinerea* ค่า EC_{50} เท่ากับ 112 μg/mL ความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งการเจริญ (MIC) เท่ากับ 312.5 μg/mL และยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Pestalotiopsis* sp. โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 162 μg/mL เมื่อทดสอบกับเชื้อรา *C. gloeosporioides* มีค่า EC_{50} เท่ากับ 894 μg/mL และค่า MIC เท่ากับ 625 μg/mL เมื่อทดสอบกับเชื้อรา *Pestalotiopsis* sp. และ 1250 μg/mL เมื่อทดสอบกับเชื้อรา *C. gloeosporioides* (Khewkhom, 2006)

วิเคราะห์และแยกสารสกัดตามความสามารถการละลายของสารสกัดอบเชยญวน โดยวิธี CC และทดสอบความสามารถของสารสกัดหยาบและ fraction ต่าง ๆ ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธี bioautography

เมื่อแยกส่วนสารประกอบ (fraction) ของสารสกัดหยาบอบเชยญวนส่วนที่ละลายในเมทานอล โดยชะสารสกัดผ่านคอลัมน์ที่บรรจุซิลิกาเจล ด้วยสารละลายอินทรีย์ (organic solvent) ในอัตราส่วนต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย เฮกเซน เอธิลอะซิเตต และเมทานอล และเมื่อทดสอบสารออกฤทธิ์ที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรค พบว่ามีหลายส่วนประกอบที่แสดงคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา โดยเลือกส่วนประกอบที่ดีที่สุด คือ VI1 VIII1 IX1 และ XI1 (Figure 2)

ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดอบเชยญวนส่วนที่ละลายในเมทานอล ในการควบคุมการเกิดโรคแอนแทรกโนสบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้

การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบอบเชยญวนต่อการควบคุมโรคแอนแทรกโนสบนผลที่ไม่ได้ปลูกเชื้อที่พ่นด้วยอบเชยญวนส่วนที่ละลายในเมทานอล 5,000 และ 10,000 ppm และจุ่มในสารเคมี carbendazim 500 ppm มีร้อยละของการเกิดโรคเท่ากับ 33 เปรียบเทียบกับชุดควบคุม มีร้อยละของการเกิดโรคเท่ากับ 92 และมะม่วงที่แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีร้อยละของการเกิดโรคเท่ากับ 22 (Table 3) มีรายงานว่าสารสกัดอบเชย 5 g/L มีคุณสมบัติในการยับยั้งการงอกของสปอร์ และการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. musae, Fusarium spp.* และ *B. theobromae* ได้ และเมื่อปลูกเชื้อก่อนจุ่มผลกล้วยด้วยสารสกัดอบเชยความเข้มข้นดังกล่าวทำให้ความรุนแรงของการเกิดโรคต่ำกว่าการจุ่มผลด้วยสารเคมี cabendazim อย่างมีนัยสำคัญ และไม่มีผลเสียต่อคุณภาพของผลกล้วยหอมทอง (Kyu และคณะ, 2007) ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกันเมื่อทดลองกับมะเขือเทศและสตรอเบอรี่ ไม่เปลี่ยนแปลงคุณภาพเมื่อเปรียบเทียบกันชุดควบคุม ในด้านการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณกรดอินทรีย์ ค่าความหวาน และปริมาณสารฟีนอลลิก (Tzortzakis, 2007) นอกจากนี้การใช้น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย (*C. zeylanicum*) ผสม wax เคลือบกระดาษบรรจุภัณฑ์สามารถยับยั้งการเจริญของ *Candida albicans* และ *A. flavus* ได้เป็นเวลา 71 วัน และ เมื่อทดลองบรรจุผลสตรอเบอรี่ สามารถควบคุมโรคได้เป็นเวลา 7 วันที่อุณหภูมิ 4 °C (Rodriguez และคณะ, 2007)

สรุปผล

สารสกัดหยาบของอบเชยทั้ง 7 ตัวอย่าง แสดงคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของเชื้อรา โดยสารสกัดจากเปลือกอบเชยญวนมีประสิทธิภาพใน การยับยั้งการเจริญของเชื้อรามากที่สุด และยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่ความเข้มข้น 625 μg/mL ที่ 24 ชั่วโมง และสามารถควบคุมโรคบนมะม่วงน้ำดอกไม้พบการเกิดโรคร้อยละ 33 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมร้อยละ 92

คำขอบคุณ

ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

นิพนธ์ วิสารธานนท์, 2542, โรคมะม่วง, เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการหลักสูตร หมอพืช-ไม้ผล ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร หน้า 38-39

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย [สืบค้น], http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=64&i2=12

Hadacek, F. and Greger, H., (2000), Susceptibility Testing Against Filamentous Fungi to Detect Antifungal Natural Products: Methodologies, Comparability of Results and Assay Choice, Phytochemistry Analysis, 11, 137-147.

Hsieh P.C., Mau, J.L. and Huang, S.H., 2001, Antimicrobial Effect of Various Combinations of Plant Extracts, Food Microbiology, 18: 35-43

Khewkhom, N., 2006, Bioassay-based Phytochemistry of Selected Tropical Plants to Discover Natural Pesticides, Dessertation, University of Vienna, Austria, 118 p.

Kitazurua, E.R., Moreirac, A.V., Mancini-Filhoc, B.J., Delinceed, H. and Villavicencioa, A.L.C.H, 2004, Effects of Irradiation on Natural Antioxidants of Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* N.), Radiation Physics and Chemistry, 71: 37–39.

Kyu, K. W., N., Jitareerat, P., Kanlayanarat, S.and Sangchote, S., 2007, Effects of Cinnamon Extract, Chitosan Coating, Hot water Treatment and Their Combianaitons on Crown Rot Disease and Quality of Banana Fruit, Postharvest Biology and Technology, 45: 333-340.

Matan N., Rimkeeree, H., Mawson, A.J., Chompreeda, P., Haruthaithanasan, V. and Parker, M., 2006, Antimicrobial Activity of Cinnamon and Clove Oils under Modified Atmosphere Conditions, International Journal of Food Microbiology. 107: 180–185.

Mathew, S. and Abraham, T.E. 2006. Studies on the Antioxidant Activities of Cinnamon (*Cinnamomum verum*) Bark Extracts, through Various in vitro Models, Food Chemistry, 94: 520–528.

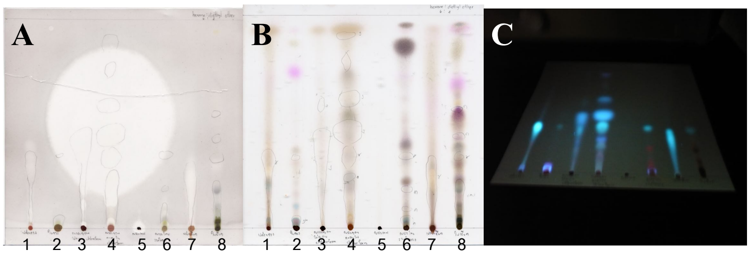
Rodriguez, A., Batlle, R. and Nerin, C, 2007, The Use of Natural Essential Oils as Antimicrobial Solutions in Paper Packaging. Part II, Progress in Organic Coatings, 60: 33–38.

Singh, G., Maurya, S., deLampasona, M.P. and Catalan, C.A.N., 2007, A Comparison of Chemical, Antioxidant and Antimicrobial Studies of Cinnamon Leaf and Bark Volatile Oils, Oleoresins and their Constituents, Food and Chemical Toxicology ,45:1650–1661.

Tzortzakis, N.G., 2007, Maintaining Postharvest Quality of Fresh Produce with Volatile Compounds, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 8: 111–116.

Ustaa, J., Kreydiyyehb, S., Bajakiana, K. and Nakkash-Chmaissec H., 2002, In vitro Effect of Eugenol and Cinnamaldehyde on Membrane Potential and Respiratory Chain Complexes in Isolated Rat Liver Mitochondria, Food and Chemical Toxicology, 40: 935–940.

Velluti, A., Sanchis, V., Ramos, A.J., Egido, J. and Marin, S, 2003, Inhibitory Effect of Cinnamon, Clove, Lemongrass, Oregano and Palmarose Essential Oils on Growth and Fumonisin B1 Production by *Fusarium proliferatum* in Maize Grain, International Journal of Food Microbiology, 89: 145–154.



1. stem bark of *C. porrectum* in chloroform
2. leave of *C. porrectum* in methanol
3. stem bark of *C. zeylanicumi* in methanol
4. stem bark of *C. zeylanicumi* in chloroform
5. stem bark of *C. loureirii* in chloroform
6. stem bark of *C. aromaticum* in diethyl ether
7. stem bark of *C. iners* in chloroform
8. leave of *C. iners* in chloroform

Figure 1

A: Antifungal activity observed by direct spraying of conidia suspe
mixture was hexane: diethyl ether (3:2)

B: Corresponding TLC crude extracts from different crude extract of x sprayed with anisaldehyde reagent

C: Observation under a CAMAG UV-Lamp at wavelengths of 254 nm

Table 1 MIC values (μg/ml) of plant extracts of Cinnamomum against *B. theobromae* and*C. gloeosporioides* at 10^5 CFU/ml determined by microdilution bioassay

Crude extract	Minimum inhibitory concentration (MIC) μg/ml					
	B. theobromae			*C. gloeosporioides*		
	24 hr.	48 hr.	120 hr.	24 hr.	48 hr.	120 hr.
Control (Acetone pa. + Maltbroth + Tween80)	>2500	>2500	>2500	>2500	>2500	>2500
stem bark of *C. zeylanicumi* in methanol	>2500	>2500	>2500	625	1250	2500
stem bark of *C. zeylanicumi* in chloroform	>2500	>2500	>2500	2500	>2500	>2500
stem bark of *C. loureirii* in chloroform	>2500	>2500	>2500	>2500	>2500	>2500
stem bark of *C. porrectum* in chloroform	>2500	>2500	>2500	>2500	>2500	>2500
leave of *C. porrectum* in methanol	>2500	>2500	>2500	>2500	>2500	>2500
stem bark of *C. iners* in chloroform	>2500	>2500	>2500	>2500	>2500	>2500
leave of *C. iners* in chloroform	>2500	>2500	>2500	>2500	>2500	>2500

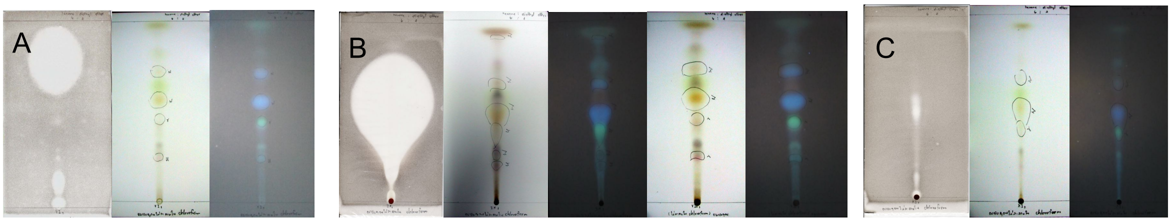


Figure 2 TLC and corresponding antifungal activity of stem bark of *C. loureirii* extract observed by direct spraying of a conidia suspension of *Cladosporium* sp. TLC solvent mixture was hexane: diethyl ether (3:2)

A: Fraction VI1 (Hexane:EtOAc, 25:75) B: Fraction IX1 (EtOAc:MeOH, 90:10) and fraction VIII1 (EtOAc:MeOH, 95:5)

C: Fraction XI2 (EtOAc:MeOH, 50:50)

Table 2 Disease incidence of Anthracnose on 'Nam Dok Mai' mango.

treatment	% disease incidence
C. loureirii extract in methanol 1,000 ppm	42
C. loureirii extract in methanol 5,000 ppm	33
C. loureirii extract in methanol 10,000 ppm	33
carbendazim 500 ppm	33
Hot water treatment 55 °C 5 min	22
control	92

ความแตกต่างในคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระระหว่างน้อยหน่าต่างพันธุ์

Differences in Antioxidant Properties among Cultivated Sugar Apples (*Annona* spp.)

สมโภชน์ น้อยจินดา[1] กิตติ โพธิปัทมะ[1] เฉลิมชัย วงษ์อารี[2] เรืองศักดิ์ กมขุนทด[3] และหทัยวรรณ์ ศิริสุขชัยถาวร[1]

Noichinda, S.[1], Bodhipadma, K.[1], Wongs-Aree, C.[2], Komkhuntod, R.[3] and Sirisukchaitavorn, H.[1]

Abstract

Antioxidant contents and their properties in ripened sugar apple (*Annona squamosa* L.) fruit cvs. Fai-kruang, Nang-kruang and Pet-Pakchong (*A. cherimola*, *A. squamosa*) were studied. Mature green fruits of these cultivars were harvested and left at ambient temperature until ripening (rind became soft). Then, those ripened fruits were investigated for antioxidant contents and theirs properties. It was found that ascorbic acid content from three ripened cultivars were slightly different (about 0.013-0.017 mg/g-FW) while phenolics and flavonoids in Fai-kruang and Nang-kruang were obviously higher than Pet-Pakchong about 3-4 times. Proanthocyanin in Nang-kruang (0.17 mg/g-FW) was clearly higher than Fai-kruang (0.02 mg/g-FW) and Pet-Pakchong (0.11 mg/g-FW). In case of reducing power (from Fe^{3+} to Fe^{2+}), there was comparable ability found in all 3 ripened cultivars (about 0.259-0.281 Abs. at 700 nm). On the contrary, the abilities of ferrous ion chelating and DPPH free radical scavenging were different among cultivars which were 74.14, 43.10 and 51.72% (ferrous ion chelating) and 16.81, 86.73 and 66.37% (DPPH free radical scavenging) in Fai-kruang, Nang-kruang, and Pet-Pakchong, respectively.
Keywords: antioxidant, ascorbic acid, phenolics, sugar apple

บทคัดย่อ

ศึกษาปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในผลน้อยหน่าสุก (*Annona squamosa* L.) พันธุ์ฝ้ายครั่ง หนังครั่ง และเพชรปากช่อง (*A. cherimola* x *A. squamosa*) โดยเก็บเกี่ยวผลแก่เต็มที่ของทั้งสามพันธุ์ ปล่อยให้สุกที่อุณหภูมิห้อง (เปลือกเริ่มนิ่ม) แล้วนำมาตรวจสอบปริมาณและคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าปริมาณของกรดแอสคอร์บิคจากผลน้อยหน่าสุกทั้งสามพันธุ์มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 0.013-0.017 mg/g-FW) ในขณะที่สารประกอบฟีนอลและแฟลโวนอยด์ในพันธุ์ฝ้ายครั่งและหนังครั่งมีปริมาณมากกว่าพันธุ์เพชรปากช่องประมาณ 3-4 เท่าอย่างเห็นได้ชัดเจน โพรแอนโทไซยานินในพันธุ์หนังครั่ง (0.17 mg/g-FW) มีปริมาณมากกว่าในพันธุ์ฝ้ายครั่ง (0.02 mg/g-FW) และเพชรปากช่อง (0.11 mg/g-FW) อย่างเห็นได้ชัด สำหรับคุณสมบัติด้านประสิทธิภาพการลดทอนฤทธิ์ของ Fe^{3+} (ferric ion) ไปเป็น Fe^{2+} (ferrous ion) ไม่พบความแตกต่างในทั้งสามพันธุ์ (0.259-0.281 Abs. ที่ 700 nm) ในทางตรงกันข้าม คุณสมบัติในการจับกับไอออนเหล็ก (Fe^{2+}) และการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH มีความแตกต่างกันในทั้งสามพันธุ์ โดยมีค่าร้อยละ 74.14, 43.10 และ 51.72 (การจับกับไอออนเหล็ก) และร้อยละ 16.81, 86.73 และ 66.37 (การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH) ในพันธุ์ฝ้ายครั่ง หนังครั่ง และเพชรปากช่อง ตามลำดับ
คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ กรดแอสคอร์บิค สารประกอบฟีนอล น้อยหน่า

Introduction

Sugar apple (*Annona squamosa* L.) is widely cultivated in the tropical area. Its origin was considered to be Latin America and introduced later to other tropical areas. Sugar apple has high potential for commercially

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กทม. 10800 ประเทศไทย

[1]Department of Agro-industrial Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand

[2]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กทม. 10150 ประเทศไทย

[2]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntein Campus, Bangkok 10150, Thailand

[3]สถานีวิจัยปากช่อง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปากช่อง นครราชสีมา 30130 ประเทศไทย

[3]Pakchong Research Station, Kasetsart University, Pakchong, Nakhon Ratchasima 30130, Thailand

cultivation in Thailand. Among many cultivated *Annona*, *A. squamosa* is the most popular species (Palma et al., 1993) which can be categorized into two groups depend on the ripening character: (1) 'Fai', considering as fruit segments (carpels) are easily separated or spitted from each other during ripening and (2) 'Nang', during ripening the fruit segments are still connect to each other even though pulp firmness became soft and fruit rind can easily remove from pulp. Sugar apple cultivars in Thailand can be recognized by fruit peel color: cv. Fai (green); cv. Fai-kraung (raddish purple); cv. Nang (green) and cv. Nang-kruang (raddish purple). Besides, plant breeders from Pakchong Research Station bred the new and outstanding sugar apple cultivar, Pet-Pakchong, which has an oxheart shaped fruit, green rind and non-splitting carpels during ripening.

Sugar apple fruit growth and development period took about 90 days from flowering. Mature-green stage could be considered when the impressed lines around fruit segments are white to cream while at the harvesting time areoles become swollen, the impressed lines turned to creamy yellow and the individual carpels spread far apart. Normally, the harvested fruit rapidly ripen within 2-3 days at ambient room. The ripe fruit contain principle carbohydrate as a variety of simple sugars such as saccharose, glucose and fructose that impart the sweet taste (Andrade et al., 2001). The pulp is also regarded as good source of nutrition, vitamin and antioxidant substances for human health. Mono-terpenes and sesquiterpenes were identified as main volatile constituents in oil of sugar apple, some of which were α-pinene, sabinene, limonene, and (*E*)-β-ocimene (Wong and Khoo, 1993; Andrade et al., 2001). Antioxidant components in certain fruits and vegetables have an effective ability to boost the human health. Nevertheless, there was still rare publication on antioxidant contents and their properties in sugar apple. Thus, the aim of this research was to investigate antioxidants among sugar apple cultivated in Thailand.

Materials and Methods

Mature-green sugar apple fruits cvs. Fai-kruang, Nang-kruang and Pet-Pakchong (average weight 250-300 g) were obtained from Pakchong Research Station, Nakhon Ratchasima, Thailand (Figure 1). The uniform fruits including a sack of CaC_2 (10 g/kg of fruit weight) were placed in the plastic basket that lined with two layers of newspaper sheets and then CaC_2 sack was removed from the basket within 24 hr. The experiment carries on in ambient room condition (30-35°C; 60-68% RH). The ripened fruits (pulp slightly soft) were investigated for antioxidant compounds: ascorbic acid (Klein et al., 1982); phenolics (Singleton and Rossi Jr., 1965); proanthocyanin (Li et al., 2006); flavonoids (Velavan et al., 2001) and antioxidant activity abilities such as reducing power, ferrous ion chelating and free radical scavenging (Chang et al., 2006).

Results and Discussion

CaC_2 is widely known as ethylene antagonistic substance that stimulates the ripening process of climacteric or senescing process in non-climacteric fruits (Sherma, 1985). The CaC_2 treated sugar apple fruits cvs. Fai-kruang, Nang-kruang and Pet-Pakchong completely ripened (pulp slightly soft) within 2 days and it turned to overripe stage in the next few days at ambient room temperature. During fruit ripening, starch content decreased while sugars increased (data not shown). Generally the overripe stage sugar apple is sweeter than ripe stage. Broughton and Guat (1979) found that starch content decreasing and sucrose increasing until reach the climacteric peak of respiration period while glucose and fructose were accumulated until the overripe stage. Further investigations of the enzyme mechanism involving in sugar metabolism of Thai *A. squamosa* fruits are carrying out in our laboratory to find the reason why overripe stage sugar apple is still acceptable for consumer than other overripe tropical fruits.

For antioxidant substances examination, sugar apple cvs. Fai-kruang, Nang-kruang and Pet-Pakchong contained moderate amount of ascorbic acid (0.0135; 0.0156 and 0.0174 mg/g-FW, respectively) (Figure 2a) comparing with some tropical fruits (Achinewhu, 1983). Typically in several climacteric fruits, ascorbic acid

content increased during ripening and slightly declined after the respiration rate reach the climacteric peak (Palma et al., 1993). This occurred because ascorbic acid is the useful substrate to solve stress mechanism in senescing process (Arnao et al., 1996). Phenolics content in ripened Fai-kruang (5.96 mg Gallic acid/g-FW) and Nang-kruang (6.96 mg Gallic acid/g-FW) fruits were significantly higher than that hybrid variety Pet-Pakchong (1.68 mg Gallic acid/g-FW) (Figure 2b). Flavonoid content also had the same tendency as those of phenolics: 0.615, 0.811 and 0.229 mg Rutine/g-FW in Fai-kruang, Nang-kruang and Pet-Pakchong, respectively (Figure 2c). Generally, phenolic compounds contribute largely to the color and sensory characteristics in fruits and vegetables. Phenolics and flavonoids are secondary metabolite products which have the beneficial properties for human health. The advantageous effects of these molecules are related to their antioxidant activity such as their ability to scavenge free radicals, donate hydrogen atoms or electrons and chelate metal cations (Heim et al., 2002). It is quite interesting that Nang-kruang and its hybrid variety had high amount of proanthocyanin (Figure 2d). In addition, proanthocyanin content in ripened Nang-kruang (0.170 mg Catechin/g-FW) and Pet-Pakchong (0.108 mg Catechin/g-FW) were obviously higher than Fai-kruang (0.020 mg Catechin/g-FW). According to anti-radical tests, it was revealed that Nang-kruang and Pet-Pakchong exhibited a strong radical-scavenging (DPPH) activity higher than Fai-kruang 4 and 3 times, respectively (Figure 3a). In case of cell protection against the harmful action of reactive oxygen species (ROS, oxygen free radicals), the reducing power ability of ripened Fai-kruang, Nang-kruang and Pet-Pakchong was about 0.2 at Absorbent 700 nm (Figure 3b). This ability may depend on the balance between the production and scavenging of ROS. Ferrous ion chelating ability of ripened Fai-kruang was higher than those of Pet-Pakchong and Nang-kruang at 74.14, 51.73 and 43.10%, respectively (Figure 3c). High concentrations of antioxidants showed considerable resistance to the oxidative damage caused by the ROS which effected to lipid peroxidation of plant membrane. However, the present research illustrated that DPPH radical-scavenging activities had a good correlation with the level of phenolics, flavonoid and proanthocyanin in ripened Nang-kruang fruit.

Figure 1 Typical fruit characteristic among 3 cultivars depending on peel color and carpel spitting: Fai-kruang (a), Nang-kruang (b) and Pet-Pakchong (c).

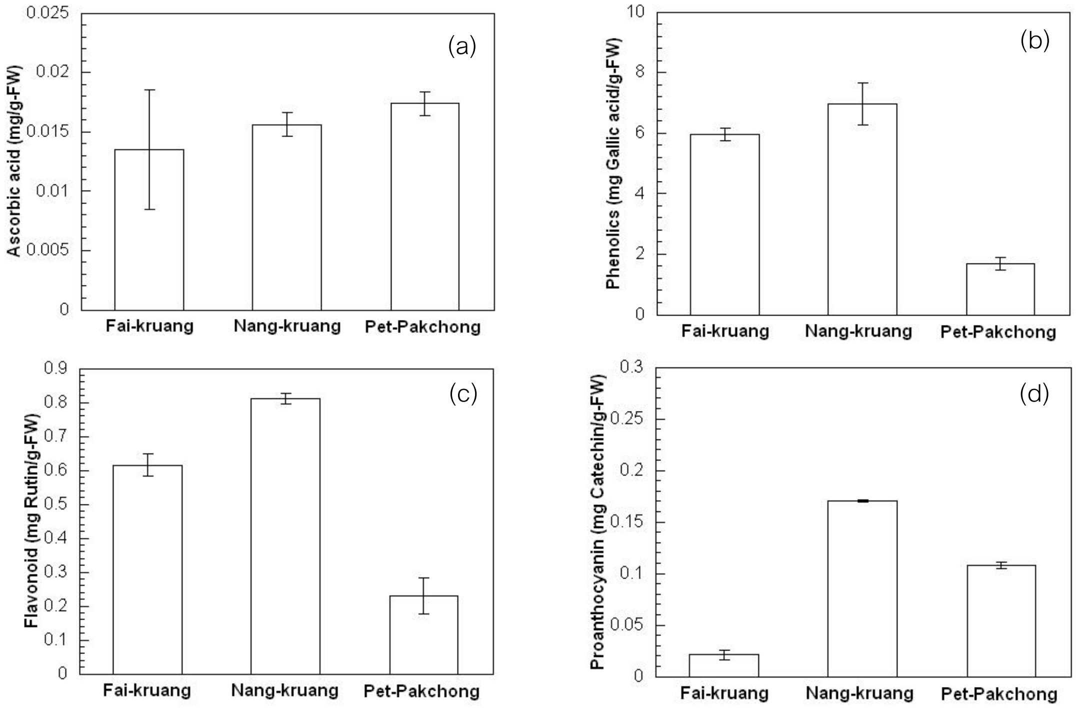


Figure 2 Ascorbic acid (a), Phenolics (b), Flavonoid (c) and Proanthocyanin (d) content of ripened sugar apple fruit among cultivars. Data are means of 4 replications ± SD.

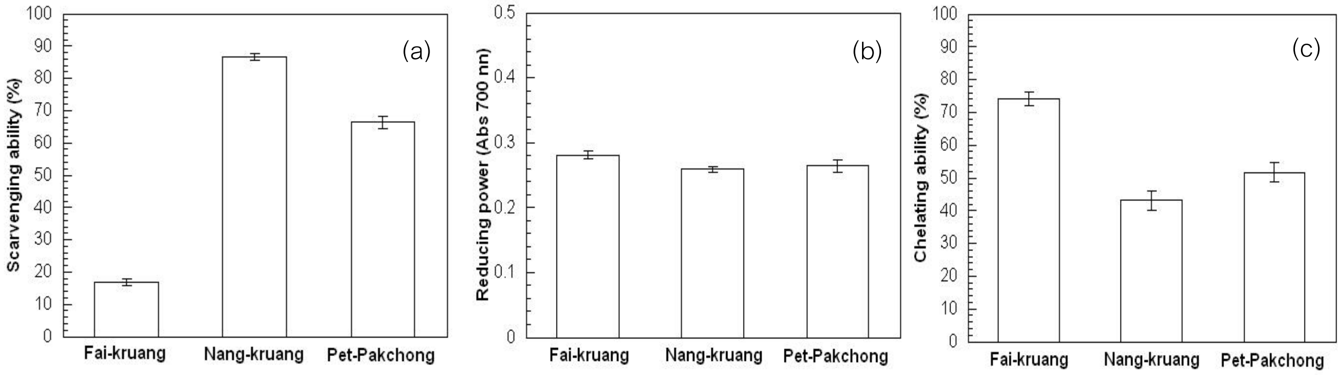


Figure 3 DPPH radical scarvenging ability (a), reducing power ability (b) and ferrous ion chelating ability (c) of ripened sugar apple fruit among cultivars. Data are means of 4 replications ± SD.

Summary

There was considerable variation in antioxidant contents and their properties among the sugar apple fruits cvs. Fai-kruang, Nang-kruang and Pet-Pakchong. The phenolics, flavonoid and proanthocyanin substances in cv. Nang-kruang were found relating to the DPPH free radical scavenging ability.

Acknowledgements

We would like to thank Panudda Rachakhome and Areerat U-Nat for their help in laboratory works.

Literature cited

Achinewhu, S.C., 1983, Ascorbic Acid Content of Some Nigerian Local Fruits and Vegetables, Plant Foods for Human Nutrition, 33: 261-266.

Andrade, E.H. Zoghbi, M. das G.B., Maia, J.G.S. Fabricius, H. and Marx, F., 2001, Chemical Characterization of the Fruit of *Annona squamosa* L. Occurring in the Amazon, Journal of Food Composition and Analysis, 14(2): 227-232.

Arnao, M. B., Cano, A., Hernandez-Ruiz, J. Garc, B.F. and Acosta, M., 1996, Inhibition by L-ascorbic Acid and Other Antioxidants of the 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) Oxidation Catalyzed by Peroxidase: A new Approach for Determining Total Antioxidant Status of Foods, Analytical Biochemistry 236(2): 255-261.

Broughton, W.J. and Guat, T., 1979, Storage Conditions and Ripening of Custard Apple (*Annona squamosa* L.). Scientia Horticulturae, 10: 73-82.

Chang, H. Lin, H. Chang, C. and Liu, Y., 2006, Comparisons on the Antioxidant Properties of Fresh, Freeze-Dried and Hot-Air-Dried Tomatoes, Journal of Food Engineering, 77(3): 478-485.

Heim, K.E. Tagliaferro, A.R. and Bobilya, D.J., 2002, Flavonoid Antioxidants: Chemistry, Metabolism and Structure-Activity Relationships, Journal of Nutrition Biochemistry, 13(10): 572–584.

Klein, B.P. and Perry, A.K., 1982, Ascorbic-Acid and Vitamin-A Activity in Selected Vegetables from Different Geographical Areas of the United-States, Journal of Food Science, 47(3): 941–945.

Li, Y. Guo, C. Yang, J. Wei, J. Xu, J. and Cheng, S., 2006, Evaluation of Antioxidant Properties of Pomegranate Peel Extract in Comparison with Pomegranate Pulp Extract, Food Chemistry, 96(2): 254-260.

Palma, T. Aguilera, J.M. and Stanley, D.W., 1993, A Review of Postharvest Events in Cherimoya, Postharvest Biology and Technology, 2(3): 187-280.

Sherma, M., 1985, Control of Ethylene in the Postharvest Environment, HortScience, 20: 57-60.

Singleton, V.L. and Rossi, J.A. Jr., 1965, Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents, American Journal of Enology and Viticulture, 16(3): 144-158.

Velavan, S. Nagulendran, R. Mahesh, V. and Begum, V.H., 2001, In Vitro Antioxidant Activity of *Asparagus racemosus* Root, Pharmacognosy Magazine, 25: 26-33.

Wong, K.C. and Khoo, K.H., 1993, Volatile Components of Malaysian *Annona* Fruits, Flavour and Fragrance Journal, 8(1): 5-10.

พัฒนาการของผลกับคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูด

Fruit Development and Physical Properties of Essential Oil of Kaffir Lime

กฤษณา บุญศิริ[1] พรพรรณ กลิ่นหอม[1] และ ถาวร ทิพวรรณ[1]

Boonsiri, K.[1], Klenhom, P.[1] and Tippawan, T.[1]

Abstract

This study was to determine the fruit development and physical properties of kaffir lime essential oil. Kaffir lime was harvested from an orchard at Ban wangpai, Chainat province during March – August 2008, and fruit maturity was at 1.5, 2.0 and 2.5 months after full bloom (AFB). It was found that diameter and length of kaffir lime harvested at 1.5 months AFB was 2.75 and 3.09 cm. respectively. Fruit harvested at 2 and 2.5 months AFB increased which diameter was 3.50 and 4.35 cm, length was 4.72 and 5.02 cm. Hydrodistillation was applied to peel of fruit harvested at 1.5 and 2.5 months AFB. It was found that a %yield of essential oil (EO) was different among the fruit maturity. EO of fruit harvested at 1.5 months AFB was 2.64% but EO of fruit harvested at 2.5 month AFB was lower at 1.88%. However, physical properties of EOs were not differ which specific gravity optical rotation and refractive index were 0.869 - 0.870, 9.40 - 9.05 and 1.4668 -1.4676 respectively.

Keywords: fruit development, kaffir lime, essential oil, yield

บทคัดย่อ

การศึกษาพัฒนาการของผลมะกรูดกับคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด ที่สวนเกษตรกรที่ปลูกมะกรูดเป็นการค้า บ้านวังไผ่ อ.เมือง จ. ชัยนาท ในระหว่างเดือนมีนาคม ถึง สิงหาคม 2551 และเก็บเกี่ยวผลที่มีอายุ 1.5, 2 และ 2.5 เดือน หลังดอกบาน พบว่าผลที่มีอายุ 1.5 เดือนมีขนาดความกว้างผล 2.75 ซม และความยาวผล 3.09 ซม. ผลขยายขนาดมีความกว้าง และความยาวผลเป็น 3.50 และ 4.72 ซม. เมื่ออายุ 2 เดือน และ 4.34 และ 5.02 ซม. เมื่ออายุ 2.5 เดือน เมื่อนำผิวผลมาสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีต้มกลั่น ในผลอายุ 1.5 และ 2.5 เดือน พบว่า% yield ของน้ำมันหอมระเหยแตกต่างกัน โดยผลอายุ 1.5 เดือนมี % yield ที่ 2.64 และ ผลอายุ 2.5 เดือนมี % yield ที่ 1.88 ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด 2 อายุ ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า specific gravity อยู่ระหว่าง 0.869 – 0.870 ค่า optical rotation อยู่ระหว่าง 9.40 - 9.05 และค่า refractive index อยู่ระหว่าง 1.4668 - 1.4676

คำสำคัญ: พัฒนาการผล มะกรูด น้ำมันหอมระเหย ปริมาณผลผลิต

คำนำ

ความนิยมใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ หรือผลิตภัณฑ์ที่ผสมน้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติมีเพิ่มมากขึ้น มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) เป็นพืชที่นิยมนำน้ำมันหอมระเหยมาผสมในผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และอาหาร ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูดนั้น สามารถสกัดได้จากส่วนใบและผล โดยส่วนของผิวผลชั้นนอก (flavedo) เป็นบริเวณที่มีต่อมน้ำมันแทรกกระจายอยู่ ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากผิวผลมีมากกว่าใบ และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากผลแตกต่างจากส่วนของใบเล็กน้อย โดยองค์ประกอบของน้ำมันในผิวผลส่วนใหญ่เป็น ß- Pinene 30 % และ Limonene 29% ส่วนในใบองค์ประกอบของน้ำมันส่วนใหญ่ประกอบด้วย Citronellal 65.4% (นิจศิริ, 2534) ในการปลูกมะกรูดเพื่อส่งขายโรงงานนั้นสามารถขายได้ทั้งส่วนของใบและผล (ทวีศักดิ์, 2550) การเก็บเกี่ยวผลมะกรูดเพื่อผลิตน้ำมันหอมระเหย เกษตรกรมักเก็บผลที่มีขนาดใหญ่ แต่ไม่ทราบอายุของผลที่แน่นอน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาพัฒนาการของผลและคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากผิวผล

[1] **วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครสวรรค์ อ. เมือง จ. นครสวรรค์** 60000

[1] Nakhonsawan College of Agriculture and Technology, Maung , Nakhonsawan 60000

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ดำเนินการที่สวนมะกรูด บ้านวังไผ่ อ.เมือง จ.ชัยนาท ในต้นมะกรูดอายุประมาณ 2.6 ปี โดยทำเครื่องหมายที่ดอกเมื่อดอกบาน หลังจากนั้นนำผลอายุ 1.5, 2.0 และ 2.5 เดือน มาวัดขนาดและนำผิวผลมาสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยวิธีการต้มกลั่น โดยการกลั่นนาน 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นตรวจวัดลักษณะทางกายภาพของน้ำมันหอมระเหย โดยวัดค่า refractive index ด้วยเครื่อง Digital refractometer (ATAGO รุ่น RX-5000 α, Japan) ค่า optical rotation ด้วยเครื่อง polarimeter (ATAGO รุ่น Polax-2L, Japan) และค่า specific gravity ด้วยเครื่อง Density meter (Mettler Toledo รุ่น DA-100M, Switzerland)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาขนาดของผล พบว่าเมื่อผลมะกรูดที่มีอายุมากขึ้น ผลมีการขยายขนาดเพิ่มมากขึ้นทั้งความกว้างและความยาวของผล (Table 1) ซึ่งคาดว่ามีรูปแบบการเจริญเติบโตแบบ simple sigmoid curve เช่นเดียวกับการพัฒนาของผลส้มโอ (วิรัติ และคณะ, 2533) มะนาวแป้น (ดวงพร, 2542) และส้ม Satsuma (มณฑิรา, 2545) ผลมะกรูดในระยะเก็บเกี่ยวมีความกว้างของผล 4.89 -5.51ซม. และความยาวผล 4.16 -4.88 ซม.(กฤษณา และคณะ, 2552) ดังนั้นจึงคาดว่าผลในระยะเก็บเกี่ยวควรมีอายุประมาณ 2.5-3 เดือน ในการพัฒนาผลของมะนาวแป้น (ดวงพร, 2542) พบว่า ระยะแรกที่เริ่มติดผล ความหนาของเปลือกน้อย มีการแบ่งเซลล์และขยายเซลล์บางส่วน และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อผลมีอายุเพิ่มขึ้น โดยมีการแบ่งตัวและขยายขนาดของเซลล์ในชั้น albedo เต็มที่ รวมทั้งต่อมน้ำมันเพิ่มขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้นผลอายุน้อย ขนาดผลเล็กจึงมีปริมาณน้ำมันน้อยกว่าผลอายุมากซึ่งมีขนาดผลใหญ่ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ผลที่อายุ 2.5 เดือนหลังดอกบานมีปริมาณน้ำมันน้อยกว่าผลที่อายุ 2 และ 1.5 เดือน (Table 2) ทั้งนี้อาจเนื่องจาก อิทธิพลของฤดูกาลมาเกี่ยวข้อง โดยผลที่อายุ 2.5 เดือนทำเครื่องหมายในเดือนมีนาคม และผลอายุ 1.5 เดือนทำเครื่องหมายในเดือนพฤษภาคม และเก็บเกี่ยวในเดือนมิถุนายน ซึ่งในช่วงการพัฒนาผลเริ่มมีฝนตก ทำให้ผลมีการพัฒนาได้เร็ว เช่นเดียวกับ วิรัติ และคณะ (2533) ที่พบว่ามีการชะลอการพัฒนาของผลส้มโอในระยะที่ฝนทิ้งช่วง และเฉลิมพลและคณะ (2548) พบว่าการเจริญของต้นกรุงเขมาในฤดูฝนดีกว่าในฤดูร้อน สำหรับผลที่อายุ 2 เดือนปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้มีปริมาณน้อยไม่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ทางคุณภาพ เมื่อพิจารณาคุณภาพของน้ำมัน พบว่าอายุผลที่ต่างกัน ไม่ทำให้คุณภาพของน้ำมันค่า Specific gravity และ Refractive index แตกต่างกัน และค่านี้ไม่แตกต่างจากค่าของน้ำมันที่ได้จากผลในระยะเก็บเกี่ยวด้วย (กฤษณา และคณะ, 2552) เช่นเดียวกับ กาญจนา (2546) ที่พบว่า องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากดอกกระดังงาสงขลา ระยะดอกสีเขียว จนถึงดอกสีเหลือง ไม่แตกต่างกัน สำหรับค่า Optical rotation นั้น พบว่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 9.05 – 9.40 และมีค่าน้อยกว่า ค่า Optical rotation ที่ได้จากผลในระยะเก็บเกี่ยวซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 11.50 -12.73 (กฤษณา และคณะ, 2552) อย่างไรก็ตามค่า Optical rotation ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันผิวมะกรูด ที่กำหนดค่า Optical rotation ระหว่าง 8 – 20 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2545)

Table 1 Fruit size of kaffir lime at different ages.

Age (month)	Fruit size (cm)	
	diameter	length
1.5	2.75	3.09
2.0	3.50	4.72
2.5	4.35	5.02

Table 2 Physical properties of essential oil of kaffir lime fruit at 1.5 2.0 and 2.5 month after flowering.

Age (month)	% yield	Specific gravity	Optical rotation	Refractive index
1.5	2.64	0.869	9.40	1.4668
2.0	2.32	ND	ND	ND
2.5	1.88	0.870	9.05	1.4676

ND: not detect

สรุปผล

ผลมะกรูดเมื่ออายุมากขึ้นมีการขยายขนาดทั้งความกว้างและความยาวของผล และฤดูกาลมีผลต่อการพัฒนาขนาดของผลและปริมาณน้ำมันหอมระเหย อายุของผลไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยในค่า Specific gravity และ Refractive index ส่วนค่า Optical rotation นั้นพบว่ามีค่าน้อยกว่าผลในระยะเก็บเกี่ยว

คำขอบคุณ

โครงการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรและโคโลญจน์ R 319 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่ให้เงินสนับสนุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา เชียงทอง, 2546, ความผันแปรของฤดูกาลและระยะการเจริญเติบโตของดอกต่อผลผลิตดอกและน้ำมันหอมระเหยในกระดังงาสงขลา, วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 137 หน้า

กฤษณา บุญศิริ พรพรรณ กลิ่นหอม และถาวร ทิพวรรณ, 2552, การศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์มะกรูดและคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูด 3 สายพันธุ์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(1) พิเศษ: 107-109.

เฉลิมพล กุประดิษฐ์ ฉันทนา อารมณ์ดี และ วิไลลักษณ์ ชินะจิตร, 2548, ผลของฤดูกาลที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและปริมาณสาร ß- sitosterol ในพญายอ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 36(5-6) พิเศษ: 1982-1985.

ดวงพร บุญชัย, 2542, การศึกษาการเจริญเติบโตของผลมะนาวพันธุ์แป้น, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 26 หน้า

ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ, 2550, ปลูกมะกรูดตัดใบและผลส่งโรงงานผลิตน้ำมันหอมระเหย, เดลินิวส์, 10 กันยายน 2550.

นิจศิริ เรืองรังษี, 2534, เครื่องเทศ, คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 206 หน้า.

มณฑิรา ทรัพย์เหมือน, 2545, พัฒนาการของผลส้ม Satsuma Mandarin ในสภาพที่ได้รับและไม่ได้รับ GA3, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทสาขาพฤกษศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 131 หน้า

วิรัติ อำพันธุ์ วัลลภ พงษ์ยืน และ สัญชัย พันธโชติ, 2533, การศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนาการของผลส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ ขาวพวง และทองดี, รายงานการค้นคว้าวิจัยปี 2533, สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2545, น้ำมันผิวมะกรูด, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มอก, 2078–2544

แอลลีโลพาธีของหญ้าดอกขาวต่อหญ้าบางชนิด

Allelopathy Effects of Red Spragle (*Leptochloa chinensis* (L.) Nees.) on Some Forage Crops

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] วิมลพรรณ รุ่งพรหม[1] และ ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล[1]

Sawatdikarn, S.[1], Rungprom, W.[1] and Siripornvisal, S.[1]

Abstract

Stems of red spragle (*Leptochloa chinensis* (L.) Nees.) were extracted by ethyl acetate and used at 0, 10, 20, 30 and 40 mg/ml. The red spragle extracts were tested on inhibitory of seed germination and growth in three types of seeds: atratum grass *(Paspalum atratum)*, ruzi grass (*Brachiaria ruziziensis* and purple guinea grass (*Panicum maximum*). The results showed that crude extracts at 40 mg/ml showed the highest inhibitory of seed germination of atratum grass, ruzi grass and purple guinea grass with 40.08, 48.96 and 70.06%, respectively. For inhibition of seedling growth in term of shoot length, root length and seedling dry weight, the resulted showed that the extract at 40 mg/ml could inhibit the growth of three types of seeding. The increasing of concentration resulted in the inhibitory of seed germination and growth in atratum grass, ruzi grass and purple guinea grass.

Keywords: allelopathy effects, red spragle, seed germination and growth, legume crops

บทคัดย่อ

การทดสอบแอลลีโลพาธีของสารสกัดจากลำต้นหญ้าดอกขาวด้วยเอทิลแอซิเตตที่มีความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0, 10, 20, 30 และ 40 มก./มล. ต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพืชวงศ์หญ้า 3 ชนิด คือ หญ้าอะตราตัม หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนีสีม่วง ผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากหญ้าดอกขาวที่มีความเข้มข้น 40 มก./มล. สามารถยับยั้งการงอกของพืชทดสอบทั้งสามชนิดได้มากที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการงอก เท่ากับ 40.08, 48.96 และ 70.06 % ของหญ้าอะตราตัม หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนีสีม่วง ตามลำดับ ส่วนการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่า สารสกัดจากหญ้าดอกขาวที่มีความเข้มข้น 40 มก./มล. มีฤทธิ์ในการยับยั้งความยาวยอด ความยาวราก และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าของพืชทดสอบทุกชนิดมากที่สุด การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากหญ้าดอกขาวมีผลในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าอะตราตัม หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนีสีม่วงเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: แอลลีโลพาธี หญ้าดอกขาว การงอกและการเจริญเติบโต พืชวงศ์หญ้า

คำนำ

หญ้าดอกขาว (*Leptochloa chinensis* (L.) Nees.) เป็นวัชพืชที่สร้างสารแอลลีโลเคมิคอล (allelochemical) ซึ่งมีผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชปลูกและวัชพืช; (ศานิต, 2552) และเรียกกระบวนการนี้ว่า แอลลีโลพาธี (allelopathy) (Rizvi และ Rizvi, 1992) ผลกระทบของสารแอลลีโลเคมิคอลจากวัชพืชที่มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช เช่น สารสกัดจากใบของสาบหมา (ศิริพร และ ชอุ่ม, 2537) สารสกัดจากใบของผักแครด (ภาคภูมิ และ วรัญญา, 2548) สารสกัดจากผกากรอง (Sahid และ Sagau,1993) และสารสกัดจากลำต้นและรากของวัชพืช *Echinacea angustifolia* DC. (Viles และ Reese, 1996) จากการศึกษาผลการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของสารสกัดจากหญ้าดอกขาวต่อพืชทดสอบ พบว่า สารสกัดจากหญ้าดอกขาวที่มีระดับความเข้มข้นมากที่สุดมีผลต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบมากที่สุด เช่น ที่ระดับความเข้มข้น 100 มก./มล. มีผลต่อการยับยั้งการงอกของพืช 4 ชนิด คือ ข้าว ผักกาดขาว ไมยราบยักษ์ และหญ้าข้าวนก (ศานิต และ วิมลพรรณ, 2551) ที่ระดับความเข้มข้น 1.25 กรัม/ลิตร มีผลต่อการยับยั้งการงอกและและการเจริญเติบโตของผักกาดกวางตุ้งและผักกาดหอม (ศานิต และคณะ, 2551) และที่ระดับความ เข้มข้น 40 มก./มล. มีผลต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืช 6 ชนิด คือ แตงกวา แตงโม ฟักทอง ถั่วลิสงนา ผักเสี้ยนผี และผักเบี้ยใหญ่ (ศานิต, 2552) และที่ระดับความเข้มข้น 40 มก./มล. มีผลต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของถั่ว 4 ชนิด

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya,13000

คือ ถั่วฮามาต้า ถั่วคาลาวาเคด ถั่วลาย และถั่วเซอราโตร (ศานิต และคณะ, 2552ก) และที่ระดับความเข้มข้น 1.25 กรัม/ลิตร มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืช 3 ชนิด คือ หญ้านกสีชมพู ถั่วผี และต้อยติ่ง (ศานิต และคณะ, 2552ข) เพื่อให้เข้าใจถึงฤทธิ์ทางชีวภาพของหญ้าดอกขาวต่อหญ้าบางชนิด จึงได้ดำเนินการวิจัยแอลลีโลพาธีของหญ้าดอกขาวต่อหญ้าจำนวน 3 ชนิด คือ หญ้าอะตราตัม หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนีสีม่วง และเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาสารสกัดจากหญ้าดอกขาวเป็นสารชีวภาพในการป้องกันกำจัดวัชพืช.ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ดำเนินการที่ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน 2551 เป็นการทดสอบผลทางแอลลีโลพาธีของหญ้าดอกขาวที่สกัดด้วยเอทิลแอซิเตตต่อการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดหญ้า 3 ชนิด คือ หญ้าอะตราตัม (*Paspalum atratum*) หญ้ารูซี่ (*Brachiaria ruziziensis*) และหญ้ากินนีสีม่วง (*Panicum maximum*) โดยใช้สารสกัดจากหญ้าดอกขาวที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 10, 20, 30 และ 40 มก./มล ทำการเพาะเมล็ดหญ้าทั้ง 3 ชนิด ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโตอุณหภูมิ 25°C แล้วให้สารสกัดจากหญ้าดอกขาวที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 4 ซ้ำ เมื่อครบกำหนดการเพาะนับจำนวนเมล็ดพืชที่งอกที่อายุ 5-7 วัน แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การงอก และเมื่อต้นกล้ามีอายุ 7 วัน วัดการเจริญเติบโตจำนวน 3 ด้าน คือ ความยาวยอด ความยาวราก และน้ำหนักแห้งของต้นกล้า แล้วนำผลการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้ามาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการงอกและเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้า ตามสูตรของ Chung และคณะ (2003) สำหรับการทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ดำเนินการตามวิธีของ AOSA (2002) และ ISTA (1996)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบแอลลีโลพาธีต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้า 3 ชนิด พบว่า สารสกัดจากหญ้าดอกขาวที่มีความเข้มข้น 40 มก./มล. สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตในด้านความยาวยอด ความยาวราก และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าของพืชทดสอบทุกชนิด คือ หญ้าอะตราตัม (Table 1) หญ้ารูซี่ (Table 2) และหญ้ากินนีสีม่วง (Table 3) ได้มากที่สุด จากการทดลองพบว่า เมื่อสารสกัดจากหญ้าดอกขาวมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าเพิ่มขึ้นในพืชทดสอบทั้ง 3 ชนิด (Table 1-3) เมื่อใช้สารสกัดจากหญ้าดอกขาวที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีผลทำให้การยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองใช้สารสกัดจากหญ้าดอกขาวที่มีความเข้มข้นสูงสุดในแต่ละการทดลองมีผลในการยับยั้งการงอก และการเจริญเติบโตของพืชทดสอบมากที่สุด เช่น ความเข้มข้น 100 มก./มล. มีผลต่อการยับยั้งการงอกของข้าว ผักกาดขาว ไมยราบยักษ์ และหญ้าข้าวนก (ศานิต และ วิมลพรรณ, 2551) ความเข้มข้น 1.25 กรัม/ลิตร มีผลต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของผักกาดเขียวกวางตุ้งและผักกาดหอม (ศานิต และคณะ, 2551) และความเข้มข้น 40 มก./มล. มีผลต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชปลูกและวัชพืชรวม 6 ชนิด (ศานิต, 2552) ในการทดลองนี้ พบว่า การใช้สารสกัดจากหญ้าดอกขาวที่ระดับ 40 มก./มล. มีผลทำให้หญ้าทั้ง 3 ชนิดมีการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตสูงสุด (Table 1-3) การใช้สารสกัดจากหญ้าดอกขาวมีผลทำให้หญ้า 3 ชนิด คือ หญ้าอะตราตัม หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนีสีม่วง ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตในด้านความยาวยอดและรากของต้นกล้ามากขึ้น (Table 1-3) เช่นเดียวกับการทดสอบสารสกัดจากพืชจำนวน 42 ชนิด ต่อการยับยั้งความยาวยอดและรากของต้นกล้าวัชพืช downy brome พบว่า สารสกัดทุกชนิดมีฤทธิ์ในการยับยั้งความยาวยอดและรากของต้นกล้าได้ และมีสารสกัดจำนวน 11 ชนิดที่สามารถยับยั้งความยาวยอดและรากของต้นกล้าได้ 100% (Machado, 2007) นอกจากการทดลองนี้จะสอดคล้องกับการทดลองใช้สารสกัดจากหญ้าดอกขาวแล้ว ยังสอดคล้องกับการทดลองเกี่ยวกับแอลลีโลพาธีในพืชชนิดอื่น ๆ เช่น สาบหมา (ศิริพร และ ชอุ่ม, 2537) ผักแครด (ภาคภูมิ และ วรัญญา, 2548) ผักปอดนา (ชอุ่ม และ ศิริพร, 2533) *Pluchea lanceolata* (Inderjit และ Sakshi, 1996) หญ้าแพรก (Vasilakoglou และคณะ, 2005) รวมทั้งสอดคล้องกับการทดลองใช้สารสกัดจากผกากรองและสาบเสือ ที่พบว่า การให้สารสกัดที่มีความเข้มข้นสูงทำให้การยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชทดสอบเพิ่มขึ้นด้วย (Sahid และ Sagau, 1993) การทดลองในห้องปฏิบัติการครั้งนี้พบว่า การใช้สารสกัดจากหญ้าดอกขาวมีผลทำให้หญ้าทั้ง 3 ชนิด คือ หญ้าอะตราตัม หญ้ารูซี่และหญ้ากินนีสีม่วง ถูกยับยั้งการงอกและเจริญเติบโตมากขึ้นเมื่อใช้สารสกัดที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (Table 1-3) ในขั้นตอนต่อไปเป็นการทดลองประสิทธิภาพของสารสกัดจากหญ้าดอกขาวในแปลงปลูก เพื่อทดสอบผลต่อการงอกและเจริญ เติบโตของหญ้าทั้ง 3 ชนิดต่อไป ทั้งนี้การทดสอบในแปลงปลูกเพื่อให้สภาพแวดล้อมใกล้เคียงกับแปลงปลูกจริงมากที่สุด เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาสารสกัดจากหญ้าดอกขาวเพื่อควบคุมวัชพืชต่อไป

สรุปผล

สารสกัดจากหญ้าดอกขาวด้วยเอทิลแอซิเตทที่มีความเข้มข้น 40 มก./มล. สามารถยับยั้งการงอกของหญ้าทั้ง 3 ชนิดได้มากที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการงอก เท่ากับ 40.08, 48.96 และ 70.06% ของหญ้าอะตราตัม หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนีสีม่วง ตามลำดับ ส่วนการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่า สารสกัดจากหญ้าดอกขาวที่มีความเข้มข้น 40 มก./มล. มีฤทธิ์ในการยับยั้งความยาวยอด ความยาวราก และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าของพืชทดสอบทุกชนิดมากที่สุด การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากหญ้าดอกขาวมีผลในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าอะตราตัม หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนีสีม่วงเพิ่มขึ้น

Table 1 Inhibitory of seed germination, shoot length, root length and seedling dry weight of atratum grass as affected by different concentration of red spragle compared with water treatment.

Concentration of red spragle (mg/mL)	Inhibitory of Seed germination (%)	Inhibitory of shoot length (%)	Inhibitory of root length (%)	Inhibitory of seedling dry weight (%)
10	16.08b	8.42b	12.48b	16.85c
20	18.94b	9.84b	16.94b	20.68b
30	22.68b	12.86b	17.45b	23.64b
40	40.08a	24.46a	28.06a	30.64a
C.V. (%)	7.42	6.94	10.23	8.42

In the same column, Mean followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 2 Inhibitory of seed germination, shoot length, root length and seedling dry weight of ruzi grass as affected by different concentration of red spragle compared with water treatment.

Concentration of red spragle (mg/mL)	Inhibitory of Seed germination (%)	Inhibitory of shoot length (%)	Inhibitory of root length (%)	Inhibitory of seedling dry weight (%)
10	6.65d	10.02b	18.65c	30.65 b
20	12.57c	18.96b	23.68b	32.84b
30	34.49b	22.84b	30.61b	45.65a
40	48.96a	27.65a	41.25a	48.26a
C.V. (%)	9.45	10.06	11.42	13.67

In the same column, Mean followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนทุนพัฒนาอัตลักษณ์กลุ่มวิจัยประจำปี 2551-2552 ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย และภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนให้ดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

Table 3 Inhibitory of seed germination, shoot length, root length and seedling dry weight of purple guinea grass as affected by different concentration of red spragle compared with water treatment

Concentration of red spragle (mg/mL)	Inhibitory of Seed germination (%)	Inhibitory of shoot length (%)	Inhibitory of root length (%)	Inhibitory of seedling dry weight (%)
10	22.64d	20.68c	16.85c	25.74c
20	45.68c	30.98b	25.60b	35.62b
30	54.84b	35.64b	29.86b	41.60a
40	70.06a	40.62a	36.04a	45.86a
C.V. (%)	7.65	9.56	12.54	13.45

In the same column, Mean followed by a common letter is not significantly different at the 5% level by DMRT

เอกสารอ้างอิง

ชอุ่ม เปรมัษเฐียร และศิริพร ซึงสนธิพร, 2533, อิทธิพลจากสารสกัดจากผักปอดนาต่อการเจริญเติบโตของวัชพืช, วารสารวิชาการเกษตร, 8: 29-34.

ภาคภูมิ พรประเสริฐ และวรัญญา นามนาเมือง, 2548, ผลของสารสกัดจากผักแครด *(Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn.) ด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 1: 68-75.

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2552, แอลลีโลพาธีของหญ้าดอกขาวต่อพืชปลูกและวัชพืชบางชนิด, ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, หน้า 335-342.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และวิมลพรรณ รุ่งพรหม, 2551, การสกัดสารจากหญ้าดอกขาวและผลของสารสกัดต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด, *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, หน้า 380-388.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ วิมลพรรณ รุ่งพรหม และศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล, 2551, ผลของสารสกัดจากหญ้าดอกขาวต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชผัก 2 ชนิด, *ใน* การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 7, หน้า 268.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ วิมลพรรณ รุ่งพรหม และศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล, 2552ก, แอลลีโลพาธีของหญ้าดอกขาวต่อพืชตระกูลถั่วบางชนิด, *ใน* การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 8, หน้า 170.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ วิมลพรรณ รุ่งพรหม และศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล, 2552ข, ผลของสารสกัดจากลำต้นหญ้าดอกขาวต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืช 3 ชนิด, วารสารวิทยาศาสาตร์เกษตร, 40(1)(พิเศษ): 157-160.

ศิริพร ซึงสนธิพร และชอุ่ม เปรมัษเฐียร, 2537, ผลของสารสกัดจากวัชพืชสาบหมาต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืชปลูกและวัชพืชบางชนิด, วารสารวิชาการเกษตร, 12: 37-41.

AOSA, 2002, Seed Vigor Testing Handbook, Association of Official Seed Analysts, No.32.

ISTA, 1996, International Rules for Seed Testing, Seed Science and Technology 24, Supplement, 335 p.

Chung, I.M., Kim, K.H., Ahn, J.K., Lee, S.B., Kim, S.H. and Hahn, S.J., 2003, Comparision of Allelopathic Potential of Rice Leaves, Straw and Hull Extract on Barnyardgrass, Agronomy Journal, 95: 1063-1070.

Inderjit, K. and Sakshi, M., 1996, Allelopathic Potential of *Pluchea lanceolata*: Comparative Studies of Cultivated Fields, Weed Science, 44: 393-396.

Machado, S., 2007, Allelopathic Potential of Various Plant Species on Downy Brome: Implications for Weed Control in Wheat Production, Agronomy Journal, 99: 127-132.

Rizvi, S.J.H. and Rizvi, V., 1992, Allelopathy Basic and Applied Aspects, Chamoman and Hall, London, 480 p.

Sahid, I.B. and Sagau, J.B., 1993, Allelopathic Effect of Lantana *(Lantana camara)* and Siam Weed *(Chromolaena odorata)* on Selected Crops, Weed Science, 41: 303-308.

Vasilakoglou, I., Dhima, K. and Eleftherohornios, I., 2005, Allelopathic Potential of Burmudagrass and Johnsongrass and their Interference with Cotton and Corn, Agronomy Journal, 97: 303-313.

Viles, A.L. and Reese, R.N., 1996, Allelopathic of *Echinacea angustifolia* DC, Environmental and Experimental Botany, 36: 39-43.

การใช้เทคนิคการเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบน เพื่อผลิตข้าวเคลือบชาเขียว

Top-Spray Fluidized Bed Coating Technique for Production of Green Tea Coated Rice

อาคม ปะหลามานิต[1] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์[1] และ ดลฤดี ใจสุทธิ์[2]

Palamanit, A.[1], Soponronnarit, S.[1] and Jaisut, D.[2]

Abstract

Top spray fluidized bed coating technique involves spraying a coating suspension onto particles in a fluidized bed. This process thus allows uniform coating of particles. Recognizing the advantages of this process, the present study was conducted to design, construct and test a small scale batch top-spray fluidized bed coating apparatus, which could produce 5 kg of coated rice per batch. Coating experiments were performed by spraying green tea solution onto Jasmine rice kernels (Khao Dawk Mali-105; KDML-105), which had an initial moisture content of 12% wet basis, suspended in the fluidized bed. The experimental conditions were: solution spray rates of 34 and 40 mL/min, atomization pressure of 1.5 bar, spray time of 10 min, time of drying after spraying of 5 s, superficial air velocity of 3.2 m/s and drying temperatures of 55 and 60°C. The coated rice quality was evaluated in terms of the moisture content, color and percentage of fissure kernels. The efficiency of the coating apparatus was considered in terms of the coating efficiency. The results showed that the suitable conditions for producing green tea coated rice were the coating solution spray rate of 40 mL/min and drying temperature of 55 ºC. The moisture content of green tea coated rice was nearly the same as the initial moisture content of the initially uncoated rice. From visual inspection, the color of green tea coated rice was greenish yellow. The coating solution was found to uniformly adhere on the surface of rice kernels. Increase of the drying temperature and coating solution spray rate did not affect the percentage of fissure kernels. The coating efficiency of the apparatus was in the range of 75-82%. Increase of the drying temperature insignificantly affected the coating efficiency but the increase of the coating solution spray rate significantly affected the coating efficiency of the apparatus.

Keywords: coated rice, fluidized bed, green tea coated rice

บทคัดย่อ

เทคนิคการเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบนเป็นวิธีการเคลือบในขณะที่วัสดุกำลังแขวนลอยอยู่ในอากาศ ทำให้สารเคลือบสามารถยึดเกาะอยู่บนผิวของวัสดุได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ด้วยข้อดีของวิธีการเคลือบแบบนี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบการทำงานเครื่องผลิตข้าวเคลือบขนาดเล็กโดยใช้เทคนิคดังกล่าวข้างต้น เครื่องสามารถผลิตข้าวเคลือบได้ครั้งละ 5 kg การทดลองทำโดยเคลือบสารละลายของผงชาเขียวลงบนผิวของเมล็ดข้าวหอมมะลิ 105 ที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 12 มาตรฐานเปียก สารเคลือบถูกฉีดพ่นออกจากหัวฉีดด้วยอัตรา 34 และ 40 ml/min อากาศที่ป้อนเข้าหัวฉีดมีแรงดัน 1.5 bar ฉีดพ่นสารเคลือบเป็นเวลา 10 min จากนั้นอบแห้งต่ออีก 5 s ในขณะที่อากาศไหลเข้าห้องแห้งด้วยความเร็ว 3.2 m/s และมีอุณหภูมิ 55 และ 60 ºC คุณภาพของข้าวที่ผ่านการเคลือบแล้วพิจารณาจากค่า ความชื้น ค่าสี ร้อยละการร้าวของเมล็ดข้าว และประเมินประสิทธิภาพการเคลือบ (Coating efficiency) ของเครื่อง จากผลการทดลองพบว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวเคลือบชาเขียวคือใช้อัตราฉีดพ่นสารเคลือบ 40 ml/min และอากาศอบแห้งมีอุณหภูมิ 55 ºC ซึ่งทำให้ข้าวเคลือบชาเขียวมีความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้น ข้าวเคลือบชาเขียวที่ได้มีลักษณะเป็นสีเหลืองอมเขียวและมีสีสม่ำเสมอ การเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งและอัตราฉีดพ่นสารเคลือบไม่มีผลต่อค่าร้อยละการร้าวของเมล็ด สำหรับประสิทธิภาพการเคลือบของเครื่องมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 75-82 การเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งมีผลทำให้ประสิทธิภาพการเคลือบลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่การเพิ่มอัตราฉีดพ่นสารเคลือบทำให้ประสิทธิภาพการเคลือบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ข้าวเคลือบ ฟลูอิไดซ์เบด ข้าวเคลือบชาเขียว

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[1]Energy Technology Division, School of Energy Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha-utid Road, Bangmod ,Tungkru, Bangkok 10140,

[2]คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2]Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Pahonyothin Road, Lardyao, Jatujak Bangkok 10900

คำนำ

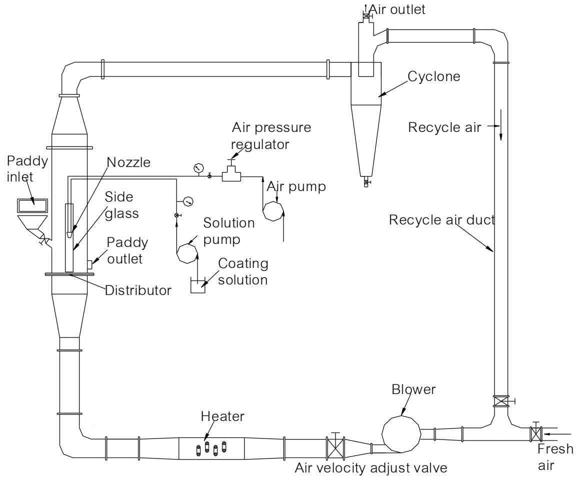
ชาเขียวเป็นชาประเภทหนึ่งที่นิยมดื่มกันทั่วไปเนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ชาเขียวประกอบด้วยสารสำคัญอย่างเช่น คาเตชิน (catechins) คาเตชินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ลดระดับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งในอวัยวะต่างๆ ยับยั้งการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง และลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันสูง (ดาเรศ, 2547) การนำสารละลายของผงชาเขียวมาเคลือบลงบนผิวของเมล็ดข้าวสารเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเคลือบชาเขียวซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคที่ให้ความสนใจเกี่ยวกับเรื่องสุขภาพ

การผลิตข้าวเคลือบให้ได้คุณภาพที่ดีทั้งในด้าน ความสม่ำเสมอของสารเคลือบที่ยึดเกาะอยู่บนเมล็ดข้าว ความชื้นของข้าวและความเสียหายของเมล็ดข้าวหลังการเคลือบจำเป็นต้องใช้วิธีการและอุปกรณ์ที่เหมาะสม เทคนิคการเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบนเป็นวิธีการเคลือบแบบพ่นเคลือบ (spray coating) ที่ใช้ได้กับจุดประสงค์ที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นการเคลือบเพื่อเพิ่มสารอาหาร ปรับปรุงสี หรือเคลือบเพื่อป้องกันความเสียหายจากความร้อน ความชื้น (Teunou และ Poncelet, 2001) มีหัวฉีดทำหน้าพ่นสารเคลือบให้เป็นลองฝอยเพื่อสามารถเกาะบนผิวของวัสดุได้ในขณะที่วัสดุกำลังแขวนลอยอยู่ในอากาศ (air suspension) (Dewettinck และ Huyghebaert,1999) ทำให้สารเคลือบสามารถเกาะอยู่บนผิววัสดุได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ (Dziezak, 1988) อีกทั้งความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็มีค่าสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน แต่การเคลือบเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการเคลือบที่ดีขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว เช่น อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง อัตราฉีดพ่นสารเคลือบ แรงดันของอากาศที่ป้อนเข้าหัวฉีด (Dewettinck และ Huyghebaert,1998) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบการทำงานเครื่องผลิตข้าวเคลือบขนาดเล็กโดยใช้เทคนิคการเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบน ทดลองเคลือบสารละลายของผงชาเขียวลงบนผิวของเมล็ดข้าวสาร และพิจารณาคุณภาพของข้าวที่ผ่านการเคลือบด้วยอุณหภูมิอบแห้ง และอัตราฉีดพ่นสารเคลือบต่างกัน คุณภาพของข้าวเคลือบชาเขียวพิจารณาจากค่า ความชื้น ค่าสี ร้อยละการร้าวของเมล็ด และประเมินประสิทธิภาพการเคลือบของเครื่อง

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องผลิตข้าวเคลือบโดยใช้เทคนิคการเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบน

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบเครื่องผลิตข้าวเคลือบโดยใช้เทคนิคการเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบนดังแสดงตาม Figure 1 เป็นเครื่องผลิตข้าวเคลือบขนาดเล็กและมีลักษณะการทำงานแบบงวด (batch) สามารถผลิตข้าวเคลือบได้ครั้งละ 5 กิโลกรัม เครื่องผลิตข้าวเคลือบโดยใช้เทคนิคแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบนประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ ห้องอบแห้งแตนเลสทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 27.1 cm สูง 100 cm พัดลมแบบแรงเหวี่ยงชนิดใบโค้งหลังทำงานด้วยมอเตอร์ขนาด 1.5 kW ฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 6 kW และชุดควบคุมอุณหภูมิแบบ PID ที่มีความถูกต้อง ± 1 °C ปั๊มสูบจ่ายของเหลวเข้าหัวฉีดแบบ metering สามารถปรับอัตราการจ่ายของเหลวได้ตั้งแต่ 0-12 L/hr ที่แรงดัน 3 bar หัวฉีดแบบ two-fluid nozzle ชนิด internal mixing และติดตั้งห่างจากแผ่นกระจายอากาศ 21 cm ปั๊มลมขนาด 2.3 kW และชุดควบคุมแรงดันอากาศ เมื่อข้าวสารที่อยู่ในห้องอบแห้งถูกเป่าให้เกิดฟลูอิไดซ์โดยพัดลม หัวฉีดจะพ่นสารเคลือบให้เป็นละอองฝอยตกลงมาเกาะอยู่บนผิวเมล็ดข้าวที่กำลังเกิดฟลูอิไดซ์ ทำให้เมล็ดข้าวสารส่วนที่ลอยอยู่ส่วนบนได้รับสารเคลือบและถูกอบแห้งเมื่อเมล็ดข้าวสารส่วนนี้ตกลงสู่ด้านล่างขณะเดียวกันเมล็ดข้าวอีกส่วนก็จะลอยขึ้นไปรับสารเคลือบซึ่งจะเป็นลักษณะนี้ตลอดการเคลือบ



Figgure 1 Top spray fluidized bed coating apparatus.

การเตรียมสารเคลือบและการทดลองผลิตข้าวเคลือบชาเขียว

สารละลายของผงชาเขียวประกอบด้วยน้ำกลั่นปริมาณตามที่ใช้ (ขึ้นอยู่กับเวลาที่ฉีดพ่นสารเคลือบและอัตราฉีดพ่นสารเคลือบ) ผงชาเขียวปริมาณร้อยละ 8 และ maltodextrin ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของน้ำกลั่น ข้าวสารที่ใช้ทดลองเป็นข้าวหอมมะลิ 105 ชนิดบรรจุถุงสำเร็จรูปที่มีขายตามท้องตลาดขนาดถุงละ 5 kg ข้าวสารถูกบรรจุเข้าไปในห้องอบแห้งของเครื่องผลิตข้าวเคลือบโดยใช้เทคนิคการเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบนเพื่อทดลองผลิตข้าวเคลือบชาเขียวด้วยเงื่อนไขการเคลือบ อุณหภูมิของอากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องอบแห้ง 55 และ 60 °C อัตราการฉีดพ่นสารเคลือบ 34 และ 40 mL/min ระยะเวลาที่ฉีดพ่นสารเคลือบ 10 min แรงดันของอากาศที่ป้อนเข้าหัวฉีด 1.5 bar ระยะเวลาที่อบหลังจากหยุดพ่นสารเคลือบ 5

sec และความเร็วอากาศของการเกิดฟลูอิไดซ์ 3.2 m/s จากนั้นนำข้าวที่ผ่านการเคลือบเรียบร้อยแล้วไปเก็บไว้ในตู้แช่ (อุณหภูมิ 4-6 °C) เพื่อรอการทดสอบคุณภาพ

การทดสอบคุณภาพของข้าวเคลือบชาเขียว

คุณภาพของข้าวเคลือบชาเขียวพิจารณาจากค่า ความชื้น ทำโดยนำตัวอย่างข้าวเคลือบชาเขียวไปอบด้วยตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง คำนวณหาความชื้นของข้าวจากมวลหลังอบเทียบกับมวลของข้าวสารก่อนอบ ค่าความสว่างของสี (L^*) ความเป็นสีแดง (a^*) และ ความเป็นสีเหลือง (b^*) วัดด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Color Flex การแตกร้าวของเมล็ดข้าวทั้งก่อนและหลังการเคลือบทำโดยการสุ่มข้าวสารที่เต็มเมล็ดมาจำนวน 100 เมล็ด แยกเมล็ดที่มีรอยร้าวออกโดยใช้แสงไฟส่องและคำนวณหาร้อยละของการแตกร้าว

ประสิทธิภาพการเคลือบของเครื่องผลิตข้าวเคลือบเป็นอัตราส่วนของน้ำหนักผงชาเขียวที่เกาะอยู่บนเมล็ดข้าวต่อน้ำหนักผงชาเขียวทั้งหมดที่ใช้เคลือบ ซึ่งสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$E_C = \frac{M_{add}}{M_{sol}} \times 100 \qquad \text{โดยที่} \qquad M_{add} = (M_2 - M_1) \times \left(\frac{M_R}{M_{R,3000}} \right) \tag{1}$$

เมื่อ E_c คือ ประสิทธิภาพการเคลือบ, % , M_1 คือ มวลข้าวสาร 3000 เมล็ดก่อนเคลือบ, g (dry matter)
M_2 คือ มวลข้าวสาร 3000 เมล็ดหลังเคลือบ, g (dry matter) , M_R คือ มวลของข้าวสารทั้งหมดที่ใช้เคลือบ, g
M_{sol} คือ มวลของสารเคลือบทั้งหมดที่ใช้, g (dry matter) , M_{add} คือ มวลของผงชาเขียวที่เกาะอยู่บนเมล็ดข้าว, g
$m_{R,3000}$ คือ มวลของข้าวสาร 3000 เมล็ด, g

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของอุณหภูมิอบแห้งและอัตราฉีดพ่นสารเคลือบต่อความชื้นของข้าวเคลือบชาเขียว

Table 1 แสดงผลของอุณหภูมิอบแห้งและอัตราฉีดพ่นสารเคลือบต่อค่าความชื้นของข้าวเคลือบชาเขียว จากผลการทดลองพบว่าการใช้อุณหภูมิอบแห้ง 55 ºC ทำให้ข้าวเคลือบชาเขียวมีค่าความชื้นใกล้เคียงกับค่าความชื้นเริ่มต้นของข้าวสาร แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งเป็น 60 ºC ทำให้ข้าวเคลือบชาเขียวมีค่าความชื้นลดลงจากค่าเริ่มต้นประมาณร้อยละ 0.5 ซึ่งเป็นการใช้อุณหภูมิสูงเกินความจำเป็นเนื่องจากข้าวสารที่วางขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาดมีความชื้นประมาณร้อยละ 12 มาตรฐานเปียก นอกจากนั้นการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจนทำให้ค่าความชื้นของข้าวเคลือบลดลงยังทำให้มวลของข้าวเคลือบส่วนหนึ่งหายไปเมื่อเทียบกับมวลของข้าวสารก่อนเคลือบส่งผลทำให้มูลค่าของข้าวเคลือบลดลง การเพิ่มอัตราฉีดพ่นสารเคลือบทำให้เมล็ดข้าวได้รับสารเคลือบมากขึ้นแต่ส่งผลต่อค่าความชื้นของข้าวเคลือบชาเขียวเพียงเล็กน้อย

Table 1 Effect of hot air temperature and coating solution spray rate on the moisture content of green tea coated white rice.

Experimental conditions		Moisture content	
Temp (ºC)	Sr (ml/min)	$moisture_1$ (%w.b.)	$moisture_2$ (%w.b.)
55	34	12.00 ± 0.03^{a}	11.90 ± 0.04^{a}
60	34	12.02 ± 0.02^{a}	11.54 ± 0.04^{c}
55	40	12.03 ± 0.02^{a,b}	11.98 ± 0.03^{b}
60	40	12.07 ± 0.03^{b}	11.56 ± 0.02^{c}

Note: values (maen±SD), within a column with different letter are significantly different ($p<0.05$), Temp = drying air temperature, Sr = Coating solution spray rate, $moisture_1$ = moisture of white rice, $moisture_2$ = moisture of green tea coated white rice

ผลของอุณหภูมิอบแห้งและอัตราฉีดพ่นสารเคลือบต่อค่าสีของข้าวเคลือบชาเขียว

Table 2 แสดงค่าสีของข้าวเคลือบชาเขียวที่ผ่านการเคลือบโดยใช้อุณหภูมิอบแห้งและอัตราฉีดพ่นสารเคลือบต่างกัน พบว่าข้าวเคลือบชาเขียวที่ได้มีลักษณะเป็นสีเหลืองอมเขียว เมื่อพิจารณาความความสม่ำเสมอของสารเคลือบที่ยึดเกาะอยู่บนผิวเมล็ดข้าวจากการสังเกตด้วยตาเปล่าร่วมกับการพิจารณาจากค่า Standard deviation,(SD) โดยมีเกณฑ์การพิจารณาว่าข้าวเคลือบชาเขียวที่มีสารเคลือบยึดเกาะอยู่บนผิวเมล็ดข้าวอย่างสม่ำเสมอจะมีค่าการเบี่ยงเบน (SD)ที่ค่อนข้างต่ำ พบว่าสารเคลือบยึดเกาะอยู่บนผิวเมล็ดข้าวได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอดี การเพิ่มอัตราฉีดพ่นสารเคลือบทำให้ข้าวเคลือบชาเขียวมีสีเข้มมากขึ้นโดยที่ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง แต่มีความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งมีผลทำให้ความเข้มของสีลดลงเพียงเล็กน้อย

ร้อยละการร้าวของเมล็ดและประสิทธิภาพการเคลือบ

Table 3 แสดงค่าร้อยละการร้าวของเมล็ดข้าวและประสิทธิภาพการเคลือบ จากผลการทดลองพบว่าข้าวเคลือบชาเขียวที่ผ่านการเคลือบโดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 55 และ 60 °C อัตราฉีดพ่นสารเคลือบ 34 และ 40 mL/min ไม่มีผลทำให้ค่าร้อยละการร้าวของเมล็ดเพิ่มขึ้น ส่วนประสิทธิภาพการเคลือบของเครื่องมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 75-82 ซึ่งประสิทธิภาพการเคลือบจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง เนื่องจากมีละอองฝอยของสารเคลือบบางส่วนที่ถูกพ่นออกจากหัวฉีดเกิดการระเหยกลายเป็นผงชาเขียวจึงไม่สามารถยึดเกาะบนผิวเมล็ดข้าวสารทำให้สารเคลือบที่เกาะอยู่บนผิวเมล็ดข้าวมีปริมาณลดลง แต่การเพิ่มอัตราฉีดพ่นสารเคลือบทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มอัตราฉีดพ่นสารเคลือบทำให้อากาศที่ไหลผ่านห้องอบแห้งมีความชื้นเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ช่วยลดจำนวนหยดละอองฝอยของสารเคลือบที่เกิดการการระเหยก่อนยึดเกาะอยู่บนผิวของเมล็ดข้าว (Kage และคณะ,1996) สารเคลือบที่ยึดเกาะอยู่บนเมล็ดข้าวจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้น

Table 2 Effect of hot air temperature and coating solution spray rate on the color of green tea coated white rice.

Experimental conditions		Color of green tea coated white rice		
Temp(°C)	Sr (ml/min)	L^* -value, (Lightness)	a^*-value,(Redness)	b^*-value,(Yellowness)
55	34	70.38 ± 0.19^a	0.62 ± 0.06^a	32.75 ± 0.39^c
60	34	70.46 ± 0.25^a	0.59 ± 0.09^a	32.04 ± 0.23^b
55	40	69.29 ± 0.17^b	1.01 ± 0.07^b	33.40 ± 0.22^a
60	40	69.43 ± 0.14^c 0s0s0.14	0.96 ± 0.06^c 0000.0.06	32.74 ± 0.23^c

Note: values (maen±SD), within a column with different letter are significantly different ($p<0.05$), color of white rice: L^* = 78.80±0.18, a^*=0.19±0.06, b^*=18.25±0.29, color of green tea powder: L^*=67.67±0.14, a^*=4.87±0.04, b^*=40.38 ±0.18

Table 3 Effect of hot air temperature and coating solution spray rate on the percentage of fissure kernel and coating efficiency.

Experimental conditions		Percentage of fissure kernel		Coating efficiency (%)
Temp (°C)	Sr (ml/min)	$fissure_1$ (%)	$fissure_2$ (%)	
55	34	6 ± 2	6 ± 2	$77.5 \pm 1.55^{a,b}$
60	34	5 ± 2	6 ± 2	75.0 ± 1.84^a
55	40	6 ± 2	6 ± 2	82.0 ± 1.69^c
60	40	6 ± 2	7 ± 2	$79.7 \pm 1.26^{b,c}$

Note: values (maen±SD), within a column with different letter are significantly different ($p<0.05$), $fissure_1$ = percentage of fissure kernel before coated, $fissure_2$ = percentage of fissure kernel after coated

สรุปผล

การทดลองผลิตข้าวเคลือบชาเขียวด้วยเครื่องผลิตข้าวเคลือบโดยใช้เทคนิคการเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบดชนิดฉีดพ่นจากด้านบนที่ได้ออกแบบ และสร้างเสร็จ พบว่าเงื่อนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวเคลือบชาเขียวคือใช้อัตราฉีดพ่นสารเคลือบ 40 ml/min และอุณหภูมิอบแห้ง 55 °C เนื่องจากทำให้ข้าวเคลือบชาเขียวมีความชื้นใกล้เคียงกับค่าความชื้นเริ่มต้นอีกทั้งยังทำให้ข้าวเคลือบที่ได้มีสีเข้มมากที่สุด ข้าวเคลือบชาเขียวที่ได้มีลักษณะเป็นสีเหลืองอมเขียวและมีสีสม่ำเสมอ การเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งและอัตราฉีดพ่นสารเคลือบไม่มีผลต่อค่าร้อยละการร้าวของเมล็ด ส่วนประสิทธิภาพการเคลือบของเครื่องมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 75-82 การเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งมีผลทำให้ประสิทธิภาพการเคลือบลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่การเพิ่มอัตราฉีดพ่นสารเคลือบทำให้ประสิทธิภาพการเคลือบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาสำหรับทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ดาเรศ บรรเทิงจิตร, 2547, ชาเขียว, วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 52(164). 10-13.

Dewettinck, K. and Huyghebaert, A., 1999, Fluidized Bed Coating in Food Technology, Trends in Food Science and Technology, 10(4-5): 163-168.

Dziezak, J.D., 1988, Microencapsulation and Encapsulated Ingredients, Journal of Food Technology, 42: 136-151.

Kage, H., Takahashi, T., Yoshida, T., Ogura, H. and Matsuno, Y., 1996, Coating Efficiency of Seed Particle in a Fluidized Bed by Atomization of a Powder Suspension, Powder Technology, 86(3): 243-250.

Teunou, E. and Poncelet, D., 2002, Batch and Continuous Fluig Bed Coating – Review and State of Art, Journal of Food Engineering, 53(4): 325-340.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 281-284 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 281-284 (2552)

ผลของฟลูอิไดเซชันอุณหภูมิสูงที่มีต่อคุณภาพของข้าวเหนียว

Effects of High-Temperatures Fluidization on Qualities of Waxy Rice

เพชรรัตน์ ใจบุญ[1] สมเกียรติ ปรัชญาวรากร[2] สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา[2] และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์[1]

Jaiboon, P.[1], Prachayawarakorn, S.[2], Devahastin, S.[2] and Soponronnarit, S.[1]

Abstract

Waxy rice is served as daily meals in some South East Asian countries, including Thailand. The quality of waxy rice can be deteriorated during processing after harvesting. Fluidization technique is recommended to dry waxy rice, due to its higher capacity and required shorter drying time. However, high-temperature fluidized bed drying causes the change of morphology of rice starch and this may affect the quality of waxy rice. In this study, the changes of microstructure, thermal properties, starch digestibility and X-ray diffraction (XRD) of waxy rice (RD 6) after hot air fluidized bed drying were investigated. The re-moistened waxy rice with an initial moisture content of approximately 28% dry basis (d.b.) was dried at 90-150 °C. Then, it was tempered and ventilated at ambient condition until the moisture content of waxy rice reached approximately 16% (d.b). The experimental results showed that the degrees of gelatinization increased with increasing drying temperature. Higher drying temperature fused the starch granules of waxy rice and then the degrees of crystallinity decreased as measured by XRD. In addition, for the starch digestibility, dried waxy rice by high-temperature fluidized bed dryer could digest rapidly than the reference waxy rice, which obtained from shade drying.

Keywords: fluidized bed, gelatinization, starch hydrolysis, waxy rice

บทคัดย่อ

ข้าวเหนียวนิยมบริโภคเป็นอาหารหลักสำหรับบางประเทศในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งประเทศไทย คุณภาพของข้าวเหนียวถูกทำลายได้โดยกระบวนการต่างๆ การนำเทคนิคฟลูอิไดเซชันมาใช้สำหรับอบแห้งข้าวเหนียวสามารถทำได้เนื่องจากมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและมวลสูงทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งสั้น อย่างไรก็ตามการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิสูงทำให้โครงสร้างของสตาร์ชเปลี่ยนแปลงและอาจส่งผลต่อคุณภาพต่างๆ ของข้าวเหนียว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของข้าวเหนียวได้แก่ สมบัติด้านอุณหศาสตร์ โครงสร้างระดับจุลภาค ระดับของความเป็นผลึก และสมบัติด้านการย่อย เป็นต้น ข้าวเปลือกเหนียวมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 28% (d.b.) อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 90-150 °C จากนั้นนำไปเก็บในที่อับอากาศและนำมาเป่าลมเย็นจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายประมาณ 16% (d.b.) จากผลการทดลองพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศอบแห้งทำให้เกิดเจลาทิไนเซชันมากขึ้น อุณหภูมิอบแห้งที่สูงขึ้นทำให้เม็ดสตาร์ชถูกทำลายส่งผลให้ค่าระดับของความเป็นผลึกของสตาร์ชลดลงซึ่งวัดโดย XRD นอกจากนี้ ข้าวเหนียวที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดเซชันที่อุณหภูมิสูงสามารถย่อยได้เร็วกว่าข้าวอ้างอิงที่อบแห้งแบบค่อยเป็นค่อยไป

คำสำคัญ: ฟลูอิไดซ์เบด เจลาทิไนเซชัน การย่อยแป้ง ข้าวเหนียว

Introduction

Waxy rice (*Oryza sativa* L.) is consumed as staple food grain in some South East Asian countries including Thailand (Keeratipibul และคณะ, 2008). In Thailand, waxy rice is mainly consumed in the northern and northeastern

[1]สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[1]Energy Technology Division, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Pracha u-tid Rd., Tungkru, Bangkok 10140

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[2]Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Pracha u-tid Rd., Tungkru, Bangkok 10140

[3]ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[3]Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Pracha u-tid Rd., Tungkru, Bangkok 10140

parts. Waxy rice after harvesting is typically dried by sun drying on concrete pad or by an LSU dryer. However, such low-temperature drying may take a long time and consequently leads to the low drying capacity. To obtain shorter drying time and higher drying capacity, fluidized bed drying is an alternative method. Fluidized bed drying is not only a faster drying technique but has also proved to, in some cases, yield dried rice with higher quality. For example, it was shown that rough rice dried at higher temperatures in a fluidized bed dryer (> 100 ^{o}C) had higher head rice yield than the rice dried in shade (Prachayawarakorn *et al*., 2005; Tirawanichakul *et al*., 2004; Jaiboon *et al*., 2009) Such change in the property is indeed the characteristics of rice containing high amylose, which can form a network during gelatinization. On the other hand, in the case of waxy rice, which mainly contains amylopectin, formation of gel network is more difficult.

The aim of this investigation was to study the effect of high-temperature drying in a fluidized bed dryer on the microstructure, thermal properties, starch digestibility and X-ray diffraction of waxy rice.

Meterials and Methods

Figure 1 shows a schematic diagram of a hot air fluidized bed dryer and its accessories. The system consists of three major components: a cylindrical drying chamber with an inner diameter of 20 cm and a height of 140 cm; 12 kW electrical heaters with a temperature controller; and a backward-curved-blade centrifugal fan, which was driven by a 1.5 kW motor. Exhaust air could be recycled, if needed, by means of two butterfly valves.

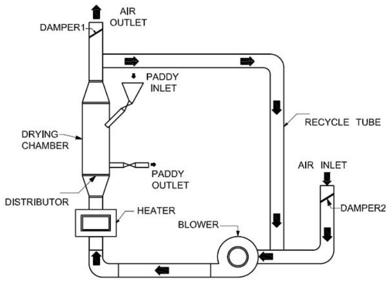


Figure 1 A schematic diagram of a batch hot air fluidized bed dryer.

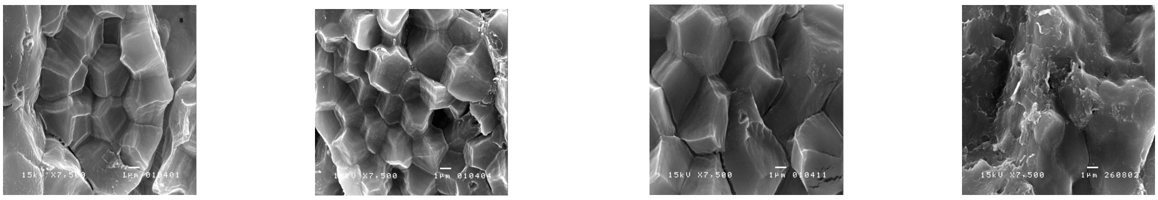
Dried long grain rough waxy rice (RD 6) was re-moistened, homogenized and kept in a cold storage at 4-6 ^{o}C for 7 days prior to an experiment. The initial moisture content of the re-moistened waxy rice was 28.8% (d.b.). Before starting of each experiment, the waxy rice was placed in ambient environment until its temperature was close to ambient temperature. A batch of 1.9 kg of re-moistened sample was dried in the fluidized bed dryer. The experiments were carried out at temperatures of 90-150 ^{o}C at a superficial air velocity of 2.5 m/s. The desired moisture content after fluidized bed drying was 22-24% (d.b.). The semi-dried waxy rice was then tempered for either 30 or 120 min. After that, the sample was ventilated with ambient air in a thin-bed ventilator at a superficial air velocity of 0.15 m/s until the moisture content of the sample reached 16% (d.b.). The sample was kept in a sealed plastic bag at 4-6 ^{o}C for 2 weeks before quality analysis. For quality tests, the microstructure of each sample was observed by scanning electron microscope (SEM), thermal properties of waxy rice flour was performed using a differential scanning calorimeter (DSC), starch digestibility (GI) was analyzed according to the method proposed by Goni *et al*. (1997) and the degree of crystallinity was measured by X-ray diffraction (XRD).

Results and Discussion

Microstructure and thermal analysis of waxy rice

The results of SEM observations on the morphological changes of starch granules of waxy rice dried at different temperatures are shown in Figure 2. The starch granules of reference waxy rice exhibited the characteristically irregular polygons, with diameters in the range of 2-9 μm. On the other hand, as can be seen in

Figure 2, at drying temperature of 150 °C, starch granules swelled, fused themselves and were closely connected due to starch gelatinization. In Figure 2b-c, however, although partial gelatinization occurred, the morphology of starch granules was not different from that of a reference waxy rice sample.



(a) Reference waxy rice (b) Waxy rice dried at 90 °C and tempered for 30 min (c) Waxy rice dried at 110 °C and tempered for 30 min (d) Waxy rice dried at 150 °C and tempered for 30 min

Figure 2 Scanning electron micrographs of reference rice and of samples dried at different temperatures.

The above-mentioned starch granule morphologies agreed well with the DSC results (see Table 1). Higher degrees of starch gelatinization were observed at higher drying temperatures. The degrees of starch gelatinization at drying temperatures of 90-150 °C were in the range of 4.8-35.4%.

Table 1 Thermal analysis results of waxy rice flour at various conditions.

Processing condition	Transition temperature (°C)			ΔH (J/g)	DG (%)
	T_o	T_p	T_c		
Reference	61.1	68.5	76.8	6.8	0
T = 90 °C, t = 30 min	62.0	70.0	78.4	6.5	4.8
T = 90 °C, t = 120 min	62.8	70.6	78.4	6.1	10.4
T = 110 °C, t = 30 min	62.3	69.7	78.2	5.4	20.8
T = 130 °C, t = 30 min	61.9	69.5	78.4	5.0	26.4
T = 150 °C, t = 30 min	62.9	70.9	79.2	4.4	35.4

T = temperature (°C), t = tempering time (min)

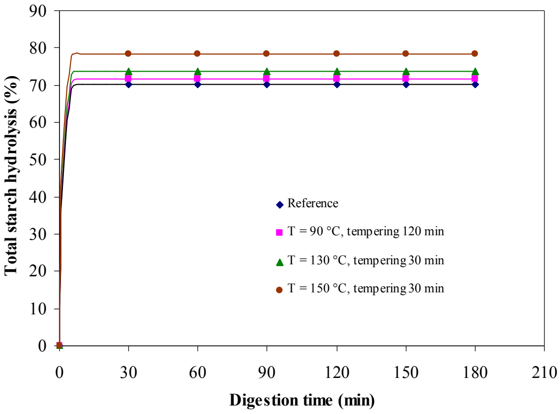


Figure 3 In vitro starch hydrolysis rate of reference and dried of waxy rice at drying temperature of 90, 130 and 150 °C and various tempering time.

Starch hydrolysis of waxy rice

The total starch hydrolysis versus various digestion times of reference waxy rice and dried samples are shown in Figure 3. The minimum hydrolysis was found with the reference waxy rice while the starch digestion increased for the dried samples. When the drying temperature employed was higher, the starch hydrolysis was faster, due to more disruption of crystalline region (Chung, *et al.*, 2006).

Table 2 Model parameters, hydrolysis index (HI) and average glycemic index (GI) of waxy rice starch samples.

Processing condition	C_∞ (%)	K (min^{-1})	HI	GI
Reference	70.2	0.83	125.6	108.6
T = 90 °C, t = 120 min	71.8	0.83	128.3	110.1
T = 130 °C, t = 30 min	73.8	0.92	132.1	112.2
T = 150 °C, t = 30 min	78.4	0.95	136.2	116.7

T = temperature (°C), t = tempering time (min)

Table 2 shows the results of in vitro starch digestion, including the estimated parameters C_∞ and k in the starch hydrolysis model, the hydrolysis index HI and the glycemic index GI of the reference waxy rice and dried samples. All hydrolysis parameter of dried waxy rice samples at various temperatures were higher than that of reference waxy rice. The GI value of reference waxy rice sample was 108 referring to more rapid starch

digestibility than standard white bread (GI = 100). The GI value of waxy rice found in this study was increased by 1% at drying temperature of 90 °C and 8% at 150 °C.

X-ray diffraction patterns

Figure 4 shows the X-ray diffraction patterns of waxy rice sample at different drying conditions. The native waxy rice flour showed A type pattern with reflection peak at 17 and 18 Å, together with individual peaks at 15 and 23 Å. The XRD patterns of dried waxy rice was still the same as that of reference sample but their degree of crystallinity was smaller. Table 3 shows the degree of crystallinity for the waxy rice dried at different temperatures. The degree of crystallinity was lower at higher drying temperature. The lower degree of crystalline represented more disruption of crystalline region, thereby allowing more rapid starch digestion and higher GI value.

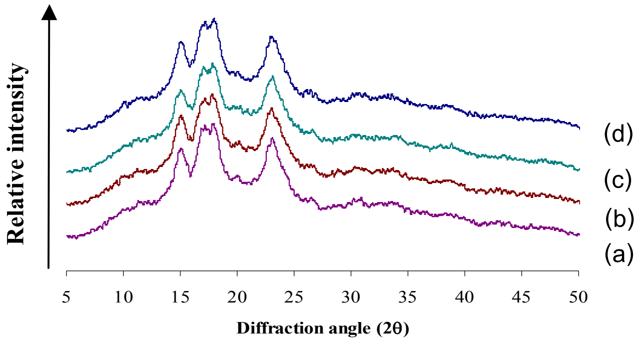


Figure 4 X-ray diffraction patterns of waxy rice flour (a) reference, (b) *T* = 90 °C, *t* = 120 min, (c) *T* = 130 °C, *t* = 30 min, (d) *T* = 150 °C, *t* = 30 min (*T* = temperature, *t* = tempering).

Table 3 Degree of crystallinity of waxy rice flour at different drying temperatures

Processing condition	Degree of crystallinity (%)
Reference	14.54
T = 90 °C, *t* = 120 min	13.85
T = 130 °C, *t* = 30 min	13.11
T = 150 °C, *t* = 30 min	11.79

T = temperature (°C), *t* = tempering time (min)

Summary

High-temperature fluidized-bed drying caused a starch to be gelatinized. The higher degree of waxy rice starch gelatinization was found at higher drying temperature. During gelatinization of waxy rice starch, the crystalline region was disrupted and this disruption affected the change of morphology and the starch digestion. GI value increased with increasing drying temperature.

Acknowledgements

The authors express their sincere appreciation to the Commission on Higher Education for supporting the study financially. Author Jaiboon thanks the Commission on Higher Education for supporting her doctoral study through a grant fund under the Strategic Scholarships for Frontier Research Network Program.

Literature cited

Keeratipibul, S., Luangsakul, N. and Lertsatchayarn, T., 2008, The Effect of Thai Glutinous Rice Cultivars, Grain Length and Cultivating Locations on the Quality of Rice Cracker (arare), LWT-Food Science and Technology, 41(10): 1934-1943.

Prachayawarakorn, S., Poomsa-ad, N. and Soponronnarit, S., 2005, Quality Maintenance and Economy with High-Temperature Paddy-drying Processes, Journal of Stored Products Research, 41(3): 333-351.

Tirawanichakul, S., Prachayawarakorn, S., Varanyanond, W., Tungtrakul, P. and Soponronnarit, S., 2004, Effect of Fluidized bed Drying Temperature on Various Quality Attributes of Paddy, Drying Technology, 22(7): 1731-1754.

Jaiboon, P., Prachayawarakorn, S., Devahastin, S. and Soponronnarit, S., 2009, Effects of Fluidized bed Drying Temperature and Tempering Time on Quality of Waxy Rice, Journal of Food Engineering, 95(3): 517-524.

Goni, I., Garcia-Alonso, A. and Saura-Calixto, F., 1997, A Starch Hydrolysis Procedure to Estimate Glycemic Index, Nutririon Research, 17(3): 427-437.

Chung, H.J., Lim, H.S. and Seung-Taik, L., 2006, Effect of Partial Gelatinization and Retrogradation on the Enzymatic Digestion of Waxy Rice Starch, Journal of Cereal Science, 43(3): 353-359.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 285-288 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 285-288 (2552)

การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งข้าวกล้องงอกด้วยฟลูอิไดซ์เบดแบบอากาศร้อนและไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

Comparative Study of Germinated Brown Rice Drying Using Hot Air and Superheated Steam Fluidized Bed

นฤบดี ศรีสังข์[1] สมเกียรติ ปรัชญาวรากร[2] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์[1] และ วารุณี วารัญญานนท์[3]

Srisang, N.[1], Prachayawarakorn, S.[2], Soponronnarit, S.[1] and Varanyanond, W.[3]

Abstract

Fissures in the germinated brown rice cause the poor quality. The rice fissures can be decreased by either tempering technique or gelatinizing the rice starch before drying. As compared to hot air, the superheated steam drying may be a convenient way to gelatinize the starch and, at the same time, to dry the germinated brown rice. Therefore, the objective of this work was to investigate the qualities of germinated brown rice and its drying kinetics during superheated-steam and hot-air fluidized-bed drying. During superheated steam drying, some rice kernels were agglomerated and the agglomeration resulted in the drying rate in the superheated steam remarkably lower than in the hot air drying. The agglomeration occurred from the starch gelatinization. DSC results showed that the starch gelatinization was complete in the superheated steam temperatures of 130 and 150°C and incomplete in the hot air drying. The number of fissured kernels insignificantly changed from the reference GBR for the superheated steam drying whilst it was significantly higher for hot air. Drying temperature and drying media insignificantly affected the cooking property such as hardness but affected the stickiness. The GABA content insignificantly changed with drying temperature and drying media. Both drying media can decrease the number of microorganisms lower than 10^4 CFU/g as the acceptable criterion for food safety.

Keywords: germinated brown rice, fluidized bed, GABA, fissuring

บทคัดย่อ

การแตกร้าวในข้าวกล้องงอกทำให้เกิดคุณภาพที่ไม่ดีของข้าวกล้องงอก การแตกร้าวสามารถลดลงด้วยเทคนิคการ tempering หรือการทำให้แป้งเกิดเจลลาทิไนเซชั่นก่อนการอบแห้ง การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (SHS) เป็นเทคนิคที่สามารถทำให้แป้งเกิดเจลลาทิไนเซชั่น และสามารถอบแห้งข้าวกล้องงอกในเวลาเดียวกัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของข้าวกล้องงอก และจลนศาสตร์การอบแห้งของข้าวกล้องงอกจากการอบแห้ง SHS และอากาศร้อน (HA) ในระหว่างการอบแห้ง SHS เมล็ดข้าวเกิดการเกาะรวมตัวกันทำให้อัตราการอบแห้งต่ำกว่าการอบแห้ง HA การเกาะกันของเมล็ดเกิดจากการที่แป้งเกิดเจลลาทิไนเซชั่น โดยผล DSC แสดงถึงการเกิดเจลลาทิไนเซชั่นที่สมบูรณ์ในการอบแห้ง SHS และการเกิดเจลลาทิไนเซชั่นที่ไม่สมบูรณ์ในการอบแห้ง HA ที่อุณหภูมิอบแห้ง 130°C และ 150°C ในการอบแห้ง SHS จำนวนของเมล็ดร้าวไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญจากข้าวกล้องงอกอ้างอิง ในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในการอบแห้ง HA อุณหภูมิและตัวกลางการอบแห้งไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อความแข็งของข้าว แต่มีผลกระทบต่อความเหนียว ปริมาณสาร GABA ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิและตัวกลางการอบแห้ง ทั้งสองตัวกลางการอบแห้งสามารถลดปริมาณของจุลินทรีย์ได้ต่ำกว่า 10^4 CFU/g ซึ่งเป็นมาตรฐานความปลอดภัยในอาหาร

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก ฟลูอิไดซ์เบด GABA การแตกร้าว

[1]**สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อม และวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ทุ่งครุ กรุงเทพ 10140**

[1]Energy Technology Division, School of Energy Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Tungkru, Bangkok 10140

[2]**คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ ทุ่งครุ กรุงเทพ 10140**

[2]Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha u-tid road, Tungkru, Bangkok 10140

[3]**สถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900**

[3]Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University. Bangkok 10900

คำนำ

ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice, GBR) เป็นอาหารเพื่อสุขภาพซึ่งอุดมไปด้วยสารแกมมาอะมิโนบิวเทอริกเอซิด (γ-aminobutyric acid, GABA) ที่เป็นสารสื่อนำประสาทในสมอง (Neurotransmitter) ช่วยลดความดันโลหิตในสมอง และช่วยป้องกันโรคอัลไซเมอร์ ปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องเพิ่มขึ้นหลังจากกระบวนการงอกโดยการนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากกระบวนการงอก GBR มีปริมาณความชื้นและจุลินทรีย์ที่สูง ดังนั้น GBR จะถูกนำมานึ่งด้วยไอน้ำเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ จากนั้นจึงนำมาอบแห้งจนกระทั่งความชื้นลดลงมาถึง 13-15% (d.b.) การอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการอบแห้ง GBR ผลที่ได้พบว่า วิธีดังกล่าวให้อัตราการอบแห้งที่สูงและสามารถลดปริมาณของจุลินทรีย์ได้ดีโดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณสาร GABA แต่เมล็ดข้าวเกิดการแตกร้าวค่อนข้างมากภายหลังการอบแห้ง (Srisang และคณะ, 2008) การแตกร้าวของเมล็ดข้าวที่เกิดขึ้นส่งผลต่อความแข็งของ GBR และการรักษารูปทรงของเมล็ดข้าวภายหลังการหุงต้ม วิธีการแก้ปัญหาการแตกร้าวของเมล็ดข้าวสามารถทำได้ด้วยการเก็บในที่อับอากาศ (Tempering) ภายหลังการอบแห้งเพื่อลด moisture gradient ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิด stress ภายในเมล็ดซึ่งนำไปสู่การแตกร้าวของเมล็ด การลดการแตกร้าวอีกวิธีการหนึ่ง คือ การเพิ่มระดับของ starch gelatinization ภายในเมล็ดข้าวด้วยการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ระหว่างการเกิด gelatinization เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและแตกตัวออกทำให้ amylose แพร่กระจายออกมาและแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างระหว่างเม็ดแป้ง ผลที่เกิดขึ้นทำให้โครงสร้างของเมล็ดมีความแข็งแรงขึ้น และมี head rice yield เพิ่มขึ้น (Rordprapat และคณะ, 2005) ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้ง GBR ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (SHS) และเปรียบเทียบคุณภาพของ GBR ภายหลังการอบกับ GBR ที่อบแห้งด้วยอากาศร้อน (HA) โดยจะพิจารณาคุณภาพในเรื่องของคุณสมบัติของเนื้อสัมผัส (Textural properties) ปริมาณสาร GABA การแตกร้าวของเมล็ด และปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ภายหลังการอบแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและเตรียมตัวอย่างข้าวกล้องงอก

ข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (KMDL-105) ที่เก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน 2550 (ได้รับจากกรมการข้าว จังหวัดสกลนคร) ถูกนำมากะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะเปลือก ได้ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 นำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 36 ชั่วโมง โดยมีการเปลี่ยนน้ำทุกๆ 4 ชั่วโมง ข้าวกล้องภายหลังการแช่น้ำจะเกิดการงอกบริเวณจมูกข้าวเป็นตุ่มขนาดเล็กประมาณ 0.5-2 mm.

ขั้นตอนการอบแห้งด้วยอากาศร้อนแบบฟลูอิไดซ์เบด

ระบบอบแห้งประกอบไปด้วย boiler ขนาดเล็กสำหรับผลิตไอน้ำ ฮีตเตอร์ขนาด 13.5 kW ควบคุมอุณหภูมิโดย PID controller ความแม่นยำ ±1°C ห้องอบแห้งสแตนเลสทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm พัดลมแบบใบพัดโค้งหลังทำงานด้วยมอเตอร์ขนาด 2.2 kW ไอน้ำที่ผลิตจาก boiler จะถูกส่งผ่าน heater เพื่อเพิ่มอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ จากนั้นไอน้ำจะถูกส่งเข้าห้องอบและถูกหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ในกรณีอบแห้งด้วยอากาศร้อนจะเปลี่ยนตัวกลางในการอบแห้งจากไอน้ำเป็นอากาศร้อน ตัวอย่างของข้าวกล้องงอกประมาณ 1.5 kg. อบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 130 และ 150°C ด้วยความเร็วอากาศ 3.4 m/s ที่ความสูงเบด 10 cm ตัวอย่างข้าวภายหลังการอบแห้งถูกนำมาเก็บในที่อับอากาศเป็นเวลาประมาณ 30 นาที หลังจากนั้นตัวอย่างข้าวถูกนำมาเป่าลมด้วยอากาศแวดล้อม เป็นเวลา 30 นาที จนกระทั่งมีความชื้นลดลงมาเหลือ 13-15% (d.b.) จากนั้นนำตัวอย่างข้าวไปเก็บที่อุณหภูมิ 4-6°C เพื่อรอการทดสอบคุณภาพ

การทดสอบคุณภาพของข้าวกล้องงอก

คุณภาพของ GBR พิจารณาในเรื่องของ คุณสมบัติของเนื้อสัมผัส โดยนำเมล็ดข้าวกล้องงอกมาหุงสุก แล้วนำมาทดสอบด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT Plus ปริมาณสาร GABA จะตรวจสอบโดยการนำเมล็ด GBR บดเป็นแป้ง และผสมกับสารละลาย แล้วนำสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณสาร GABA ด้วยเครื่อง HPLC การแตกร้าวของเมล็ด ทำได้โดยสุ่ม GBR มาจำนวน 100 เมล็ด แยก GBR ที่มีการแตกร้าวออกโดยใช้แสงไฟส่อง หาเปอร์เซ็นต์ของการแตกร้าว และบันทึกลักษณะของการแตกร้าวที่พบ ปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จะวิเคราะห์หาปริมาณของแบคทีเรีย ยีสต์ และรา โดยใช้วิธีตามมาตรฐานของ BAM ปริมาณการเกิด starch gelatinization ของเมล็ดข้าวถูกวัดโดย Differential Scanning Calorimeter (DSC)

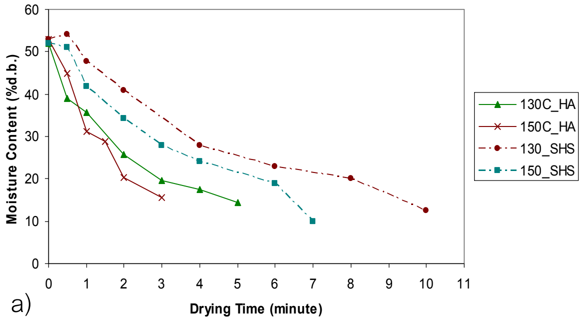
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการอบแห้ง SHS อุณหภูมิของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นสูงกว่า 100°C ภายหลังเริ่มการอบแห้งประมาณ 1 นาทีเนื่องจากเกิดการควบแน่นของไอน้ำที่ผิวของเมล็ดข้าวทำให้มีการถ่ายเทความร้อนแฝงสู่เมล็ดข้าว ในขณะที่การอบแห้ง HA มีอุณหภูมิของเมล็ดต่ำกว่า 100°C ดังแสดงใน Figure 1b อุณหภูมิของเมล็ดที่สูงจะช่วยลดปริมาณของจุลินทรีย์ เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงถึง 70°C สามารถทำลายการเจริญเติบโตของเซลล์จุลินทรีย์ได้ การอบแห้ง SHS มีอัตราการอบแห้งที่ต่ำกว่าการอบแห้ง HA ดังแสดงใน Figure 1a เนื่องจากในการอบแห้ง SHS เมล็ดข้าวเกิดการจับรวมตัวกัน (agglomeration) ในระหว่างการอบ ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิด gelatinization ทำให้ amylose จากภายในเม็ดแป้งแพร่กระจายออกมาที่ผิว ทำให้ผิวเมล็ดข้าวมีความเหนียวเพิ่มขึ้นและไปจับรวมตัวกับเมล็ดข้าวที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งการจับรวมตัวกันจะลดพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างตัวกลางอบแห้งกับเมล็ดข้าว ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนและมวลที่ต่ำ นอกจากนี้การเกิด starch gelatinization ทำให้มีการเชื่อมประสานกันของช่องว่างระหว่างเม็ดแป้งโดย amylose ซึ่งจะไปจำกัดช่องทางในการถ่ายเทน้ำออกจากเมล็ด

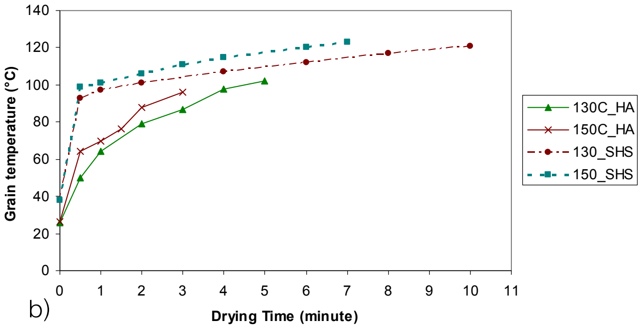
เปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากข้าวกล้องผ่านกระบวนการงอก ดังแสดงใน Table 1 เนื่องจากการดูดกลืนความชื้นระหว่างกระบวนการงอก หลังการอบแห้ง HA เปอร์เซ็นต์การแตกร้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและการแตกร้าวจะปรากฏทั้งใน minor axis และ major axis ในขณะที่การอบแห้ง SHS มีเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญภายหลังการอบ และการแตกร้าวส่วนใหญ่จะปรากฏใน minor axis ดังแสดงใน Figure 2a นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของเมล็ดข้าวมีความสัมพันธ์กับระดับของการเกิด gelatinization ในเมล็ดข้าว โดยการอบแห้ง SHS เกิด complete gelatinization (SG=100%) ดังแสดงใน Figure 2b ทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกร้าวลดลง ในขณะที่การอบแห้ง HA เกิด partial gelatinization (SG=24-38%) มีเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวที่สูงกว่า ผลดังกล่าวบ่งชี้ว่า ระดับของ gelatinization ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เมล็ดข้าวมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และสามารถต้านทาน stress ที่เกิดจากการอบแห้งได้ดีขึ้น

ข้าวกล้อง และ GBR ที่อบแห้ง HA หรือ SHS มีความแข็งของเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ GBR อ้างอิงที่ได้จากการนำ GBR ไปเป่าลมให้แห้งด้วยอากาศแวดล้อม ดังแสดงใน Table 2 ยกเว้น GBR ที่อบแห้ง HA ที่ 130°C มีความแข็งต่ำกว่า GBR อ้างอิงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นผลมาจาก GBR ที่เงื่อนไขดังกล่าวมีเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวที่สูงทำให้มีการแพร่กระจายของ amylose ออกมามาก ความแข็งของข้าวจึงลดลง GBR ที่อบแห้ง HA หรือ SHS มีความเหนียวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ GBR อ้างอิง ยกเว้นที่การอบแห้ง SHS ที่ 150°C มีความเหนียวต่ำกว่า GBR อ้างอิงอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณสาร GABA เพิ่มขึ้นจากกระบวนการงอก และไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิ และตัวกลางในการอบแห้ง ดังแสดงใน Table 3 การอบแห้ง HA หรือ SHS สามารถลดปริมาณของ แบคทีเรีย (total plate count) และเชื้อราได้อย่างมีนัยสำคัญหลังการอบแห้ง โดยสามารถลดปริมาณของแบคทีเรีย และเชื้อราได้ต่ำกว่า 10^4 CFU/g ซึ่งเป็นระดับที่ยอมรับได้ในอาหาร ดังแสดงใน Table 4



a)



b)

Figure 1 a) Effect of air temperatures on moisture content of GBR and b) Evolution of grain temperatures.

Table 1 The percentage of fissured kernel in percentage of fissured kernel (SHS) and percentage of fissured kernel (HA).

Drying condition	The percentage of fissured kernel (HA)	The percentage of fissured kernel (SHS)
Brown rice	3% ± 1 [a]	5% ± 2 [a]
GBR (Reference rice)	25% ± 2 [b]	26% ± 3 [b]
130°C	65% ± 4 [d]	29% ± 2 [b]
150°C	41% ± 3 [c]	25% ± 2 [b]

[a, b, c] Mean with different superscripts in the same column are significantly different($p < 0.05$).

Table 2 Textural properties of cooked brown rice and cooked germinated brown rice.

Drying condition	Hardness (N)	Stickiness (N)
Brown rice	104.287 ± 3.409 [c]	-4.508 ± 0.295 [abc]
GBR (Reference rice)	94.461 ± 5.127 [bc]	-4.904 ± 1.152 [ab]
Dried GBR (130°C, Hot air)	79.256 ± 8.248 [a]	-6.711 ± 2.515 [a]
Dried GBR (130°C, Superheated steam)	86.495 ± 6.125 [ab]	-2.586 ± 1.165 [bc]
Dried GBR (150°C, Hot air)	86.534 ± 5.586 [ab]	-4.626 ± 0.186 [abc]
Dried GBR (150°C, Superheated steam)	93.679 ± 5.317 [bc]	-2.313 ± 0.445 [c]

[a, b, c] Mean with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$).

Table 3 GABA (γ-aminobutyric acid) content of brown rice and dried germinated brown rice.

Condition		GABA content (mg/100 g.brown rice)	
		KDML 105 (hot air)	KDML 105 (superheated steam)
Before drying	Brown rice	2.743 ± 0.231 [a]	1.952 ± 0.579 [a]
	GBR (Reference rice)	16.988 ± 0.684 [b]	15.773 ± 0.804 [b]
After drying	130°C	16.080 ± 0.891 [b]	15.796 ± 0.398 [b]
	150°C	17.090 ± 0.674 [b]	16.329 ± 0.409 [b]

[a, b, c] Mean with different superscripts in the same column are significantly different($p<0.05$).

Table 4 Quantities of bacteria, yeast and mould on the dried germinated brown rice at different Temperatures.

Drying condition	Hot air			Superheated steam		
	Total Plate Count (CFU/g)	Yeast (CFU/g)	Mold (CFU/g)	Total Plate Count (CFU/g)	Yeast (CFU/g)	Mold (CFU/g)
GBR (Reference rice)	1363333 ± 30550 [b]	< 10 (None)	100 ± 20 [b]	1240000 ± 52915 [b]	<10(None)	120 ± 10 [a]
130°C	5373 ± 51.32 [a]	< 10 (None)	<10 (None)	4950 ± 50.00 [a]	<10(None)	<10 (None)
150°C	3493 ± 40.41 [a]	< 10 (None)	<10 (None)	1247 ± 72.34 [a]	<10(None)	<10 (None)

[a, b, c] Mean with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$).

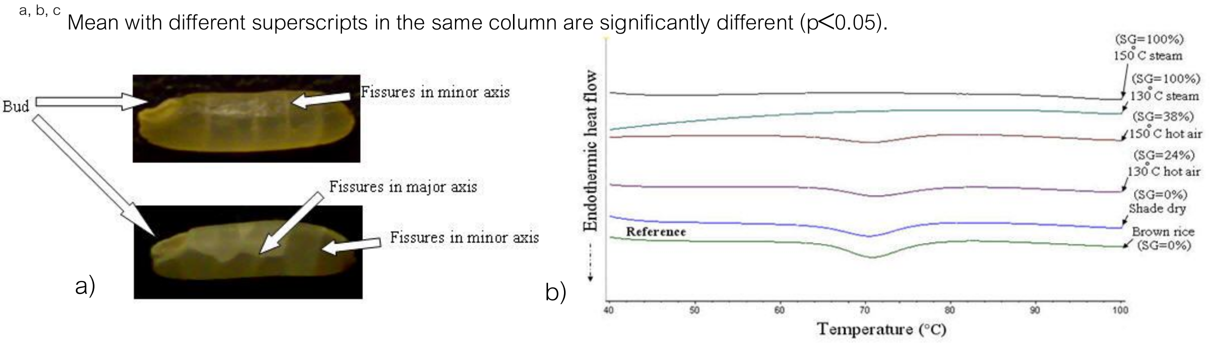


Figure 2 a) Fissure appearance on germinated brown rice after drying by fluidized and b) Differential scanning calorimeter curves of germinated brown rice.

สรุปผล

การอบแห้ง HA มีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าการอบแห้ง SHS แต่การอบแห้ง SHS เกิด complete gelatinization ทำให้เมล็ดข้าวมีความแข็งแรงมากขึ้นและสามารถลดเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวภายหลังการอบได้อย่างมีนัยสำคัญ ความแข็งของ GBR หลังการอบด้วย HA หรือ SHS ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับ GBR อ้างอิง แต่มีความเหนียวที่ต่ำกว่า GBR อ้างอิงสำหรับการอบแห้ง SHS ที่ 150°C ปริมาณสาร GABA ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิและตัวกลางการอบแห้ง ทั้งสองตัวกลางการอบแห้งสามารถลดปริมาณของจุลินทรีย์ได้ต่ำกว่า 10^4 CFU/g ซึ่งเป็นมาตรฐานความปลอดภัยในอาหาร

เอกสารอ้างอิง

Srisang, N., Prachayawarakorn, S., Soponronnarit, S. and Varanyanond, W., 2008, Fluidized Bed Drying of Germinated Brown Rice: 4th International Conference on Innovations in Food Processing Engineering and Technology, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 2-4 December.

Rordprapat, W., Nathakaranakule, A., Tia, W. and Soponronnarit, S., 2005, Comparative Study of Fluidized Bed Paddy Drying Using Hot Air and Superheated Steam, Journal of Food Engineering, 71(1): 28-36.

การทำให้บริสุทธิ์บางส่วนและลักษณะจำเพาะของเซรีน โปรติเนสจากแคนตาลูป (*Cucumis melo* var.cantalupensis)

Partial Purification and Characterization of a Serine Proteinase from Cantaloupe (*Cucumis melo* var.cantalupensis)

ทศพร ดุษฎี[2] รัชนี ไสยประจง[1] สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] และ กนก รัตนะกนกชัย[2]
Dussadee, T.[2], Saiprajong, R.[1], Pinitglang, S.[1] and Ratanakhanokchai, K.[2]

Abstract

The aim of the work in this research was to contribute to the understanding of partial purification and characterization of serine proteinase from cantaloupe (*Cucumis melo* var.cantalupensis). A proteinase has been purified by saturated 80 % ammonium sulfate precipitation and Gel-filtration Sepracryl S-100 HR Chromatography by using Fast Protein Liquid Chromatography (FPLC), resulting in an approximately 528-fold increase in specific acitivity. The purified proteinase had a pH optimum of 7.0 and a temperature optimum of 65 ^{0}C. The molecular weight of this proteinases were estimated to be 20.5, 30.5 and 34.4 kDa when determined by Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE). Proteinase activity was strongly inhibited by phenylmethyl sulphonyl fluoride (PMSF), indicated that the partial purified enzyme is a member of a serine proteinase. Further experiments to purify 30.5 kDa of serine proteinase using Ion-exchange Chromatography and the study of catalyse the hydrolysis of synthetic p-nitroanilide derivative substrate are in progress.

Keywords: serine proteinase, gel filtration, cantaloupe

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาแยกให้บริสุทธิ์และลักษณะจำเพาะบางส่วนของเอนไซม์โปรติเนส จากแคนตาลูป (*Cucumis melo* var.cantalupensis) พบว่าโปรติเนสจากแคนตาลูปสามารถทำให้บริสุทธิ์ โดยตกตะกอนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัวร้อยละ 80 และนำมาผ่านคอลัมน์ เจลฟิลเตชัน โครมาโตกราฟี โดยมี Sephacryl S-100 HR เป็นคอลัมน์ ด้วยเครื่อง Fast Protein Liquid Chromatography พบว่า มีค่าเอนไซม์โปรติเนสมีความบริสุทธิเพิ่มขึ้น 528 เท่า เมื่อทำการศึกษาลักษณะจำเพาะของโปรติเนส พบว่าเอนไซม์โปรติเนสสามารถทำงานได้ดีที่ pH เท่ากับ 7.0 และมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานประมาณ 65 องศาเซลเซียส เมื่อตรวจสอบน้ำหนักโมเลกุลของเอนไซม์ด้วยวิธี Sodium Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE) พบแถบโปรตีน 3 แถบ ขนาด 20.5 30.5 และ 34.4 kDa และจากการศึกษาสารยับยั้งที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์พบว่า phenylmethyl sulphonyl fluoride (PMSF) สามารถยับยั้งการทำงานของโปรติเนสได้สมบูรณ์ แสดงว่าเอนไซม์ชนิดนี้จัดอยู่ในกลุ่ม เซรีน โปรติเนส การศึกษาในลำดับต่อไปจะนำ เอนไซม์ที่ขนาด 30.5 kDa มาทำให้บริสุทธิ์โดยใช้ Ion-exchange Chromatography และศึกษาการย่อยซับสเตรตสังเคราะห์อนุพันธ์ของ p-nitroanilide ต่อไป

คำสำคัญ: เซรีน โปรติเนส เจล ฟิลเตชัน โครมาโตกราฟี แคนตาลูป

คำนำ

เอนไซม์โปรติเนสเป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีนโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็ก ซึ่งได้แก่เอนไซม์ในกลุ่ม เปปซิน ทริปซินไคโมทริปซิน คาร์บอกซีเพปติเดส และ อะมิโนเพปติเดส โดยได้จากแหล่งต่างๆ เช่น สัตว์ พืชผักผลไม้ และ จุลินทรีย์ โปรติเนสเป็นเอนไซม์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ และมีส่วนแบ่งการตลาดสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับเอนไซม์ชนิดอื่น (ยุวพิน, 2546) โดยนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ ผงซักฟอก ฟอกหนัง อาหาร เวชภัณฑ์ เคมี ถ่ายรูป และบำบัดของเสีย เป็นต้น

---

[1]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร
[1]School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce Vibhavadee Rangsit Road Dindaeng Bangkok, Thailand
[2]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[2]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok,Thailand

ในจำนวนสมาชิกของเอนไซม์โปรติเนสทั้งหมดพบว่า อัลคาไลน์โปรติเนสเป็นเอนไซม์ที่ได้รับความสนใจมากที่สุดโดยมีส่วนแบ่งการตลาด และมีมูลค่าสูงสุดราว 116 ล้านเหรียญสหรัฐ (ยุวพิน, 2546) สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้หลายชนิด เนื่องจากมีคุณสมบัติที่หลากหลาย รวมทั้งสามารถทำงานได้ดีที่ความเป็นกรด-เบสสูง นอกจากนี้ยังพบว่าอัลคาไลน์โปรติเนสที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมในปัจจุบันส่วนใหญ่จะผลิตจากเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* (Joo และคณะ, 2002) ทั้งนี้การผลิตเอนไซม์ในระดับอุตสาหกรรม พบว่าต้นทุนในการผลิตร้อยละ 30-40 มาจากอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังนั้นการเลือกใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีราคาถูก เพื่อลดต้นทุนในการผลิตถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยเฉพาะการผลิตเอนไซม์อัลคาไลน์ โปรติเนส จากเชื้อ alkaliphilic *Bacillus* sp. เพราะว่าเอนไซม์ชนิดนี้มีการนำไปใช้งานทั่วโลกประมาณร้อยละ 25 (Joo และคณะ, 2002; Gessesse, 1997) ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแยกให้บริสุทธิ์บางส่วนและลักษณะจำเพาะของเอนไซม์โปรติเนสจากแคนตาลูป

อุปกรณ์และวิธีการ

แคนตาลูป จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ซันเลดี้ เมลอนสีทอง เมลอนญี่ปุ่น นีออน และเขียวมรกต นำมาสกัดเอนไซม์โปรติเนสด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.0 นำ crude เอนไซม์โปรติเนส ที่ได้มาศึกษาความสามารถในการย่อยโปรตีน โดยใช้ AZCL-Casein เป็นซับสเตรท ด้วยเทคนิค Agar diffusion โดยเตรียม AZCL-Casein agar บ่มที่อุณหภูมิ 30 °C ตรวจดูการเปลี่ยนแปลงทุก 30 นาที นำ crude เอนไซม์โปรติเนส มาทำให้บริสุทธิ์ ตามขั้นตอนดังนี้ ตกตะกอนโปรตีนด้วย แอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัวร้อยละ 80 หลังจากนั้นนำมาผ่านคอลัมน์ Gel filtration Sephacryl S-100 HR (GE health care, Sweden) โดยใช้เครื่อง Fast Protein Liquid Chromatography (FPLC, Phamacia, Sweden) เก็บแฟรกชันที่ให้แอคติวิตีนำมารวมกัน แล้วนำไปศึกษาตรวจวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธีของ Lowry (1951) และวัดแอคติวีตีของเอนไซม์ ตามวิธีของ Anson (1938)

ทำการตรวจสอบความบริสุทธิ์และหาน้ำหนักโมเลกุลโดยวิธี sodium Dodecyl Sulfate Polyacylamide Gel Electrophotoresis (SDS-PAGE) ย้อมสีด้วยเทคนิค Silver Stain ตามวิธีของ Laemmli (1970) นำเอนไซม์โปรติเนสมาศึกษาลักษณะจำเพาะ โดยนำมาศึกษาสภาพความเป็นกรด-เบส และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานและเสถียรภาพของเอนไซม์ ศึกษาผลของสารยับยั้งต่อการทำงานของเอนไซม์โปรติเนส โดยนำเอนไซม์โปรติเนสมาทำปฏิกิริยากับสารยับยั้ง ดังนี้ phenylmethylsulfonyl fluoride (PMSF) iodoacetamide และ 2,2′ dipyridyl disulphide (2PDS) ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และวัดแอคติวิตีที่เหลืออยู่

ผลการทดลอง

เมื่อนำแคนตาลูปทั้ง 5 สายพันธุ์ มาทดสอบความสามารถในการย่อยโปรตีน โดยใช้ซับสเตรทจำเพาะ AZCL-Casein ด้วยเทคนิค Agar Plate Diffusion เมื่อบ่มตัวอย่างที่เวลาต่างๆ กัน พบว่าที่เวลา 30 นาที พบว่า ทั้ง 5 สายพันธุ์นั้นให้ผลบวกที่เวลาเดียวกัน โดยดูจากเส้นผ่านศูนย์กลางของ blue zone นั้นใกล้เคียงกัน (Table 1) ดังนั้นการใช้แคนตาลูปสายพันธุ์ต่างๆ ย่อมไม่มีผลต่อปริมาณเอนไซม์ ด้วยเหตุนี้จึงใช้แคนตาลูปสายพันธุ์ ซันเลดี้มาเป็นแหล่งของเอนไซม์ เนื่องจากแคนตาลูปสายพันธุ์นี้มีราคาถูกและนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

ผลของการทำให้บริสุทธิ์

เมื่อนำสารสกัดจากแคนตาลูปผ่านการตกตะกอนด้วย แอมโมเนียมซัลเฟตเข้มข้นร้อยละ 80 แล้วจะนำมาแยกให้บริสุทธิ์ด้วยคอลัมน์ Gel filtration Sephacryl S-100 HR สามารถแยกแฟรกชัน ออกมาได้ 48 แฟรกชัน นั้นพบว่าใน แฟรกชันที่ 19 มีแอคติวิตีของเอนไซม์โปรติเนส สูงที่สุด เท่ากับ 0.483 unit/ml (Table 2) เมื่อผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้วพบว่าเอนไซม์โปรติเนสที่ได้จากแคนตาลูปมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น 528 เท่า และมีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มมากขึ้น 2.43 Unit (Table 2) และ จากการศึกษา pH และอุณหภูมิ ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์โปรติเนส พบว่าเอนไซม์โปรติเนสจากแคนตาลูป มีค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมเท่ากับ 8.0 และ มีค่าความทนต่อความเป็นกรด-เบสที่ช่วง 5.0 – 6.0 ส่วนของค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมเท่ากับ 65 °C และ มีค่าค่าความทนต่ออุณหภูมิของเอนไซม์โปรติเนส ที่ช่วงอุณหภูมิ 65-75 °C

ผลของสารยับยั้งต่อการทำงานของเอนไซม์โปรติเนส

เมื่อนำเอนไซม์โปรติเนสมาศึกษาผลของสารยับยั้งต่อการทำงานของเอนไซม์โปรติเนส พบว่า PMSF สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้อย่างสมบูรณ์แสดงว่าเอนไซม์โปรติเนสนี้จัดอยู่ในกลุ่ม เซรีน โปรติเนส ซึ่งตรงกับ Yamagata และคณะ (1994) ได้รายงานว่าผลไม้ในกลุ่มแคนตาลูปจะพบเอนไซม์โปรติเนสในกลุ่มเซรีน โปรติเนส

Table 1 Hydrolysis of protein from various varieties of cantaloupe was AZCL-casein as the andstrate for different Hydrolysis time.

สายพันธุ์	เวลา (นาที)					24 ชั่วโมง	⌀ เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)
	30	60	90	120	150		
ซันเลดี้	-	+	+	+	+	+	1.95
เมลอนสีทอง	-	+	+	+	+	+	1.95
เมลอนญี่ปุ่น	-	+	+	+	+	+	1.95
นีออน	-	+	+	+	+	+	2.0
เขียวมรกต	-	+	+	+	+	+	1.9

\+ Positive เกิด blue zone บริเวณรอบๆ หลุมที่หยดตัวอย่าง
\- Negative ไม่เกิด blue zone บริเวณรอบๆ หลุมที่หยดตัวอย่าง

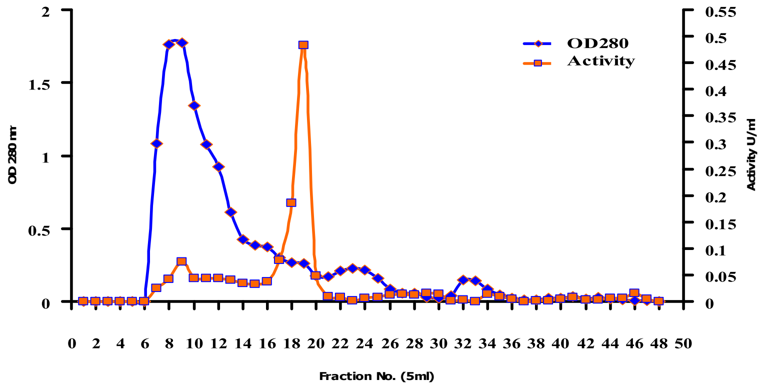


Figure 1 Protein content and proteinase activity from cantaloupe purified by column filtration Sephacryl S-100 HRQ elnated by phosphate buffer at pH 7.0; proteinase content (■), protein content at 280 nm(♦).

Table 2 Protein content and proteinase activity from cantaloupe, crude enzyme and enzyme filtrated by FPLC.

ตัวอย่าง	ปริมาตร (ml)	ปริมาณโปรตีน (µg/ml)	ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (mg)	แอคติวิตีของเอนไซม์ (Unit/ml enzyme)	แอคติวิตีของเอนไซม์ทั้งหมด (Unit)	Specific Activity (U/mg)	จำนวนเท่าของการทำให้บริสุทธิ์
น้ำแคนตาลูป	1,000.00	16,601.74	16,601.74	0.388	388.10	0.02	1.00
Crude enzyme	45.00	3,295.61	148.30	0.43	19.53	0.13	6.50
เอนไซม์หลังผ่าน (FPLC)	5.00	45.00	0.23	0.49	2.43	10.56	528.00

ผลตรวจสอบความบริสุทธิ์และหาน้ำหนักโมเลกุลของเอนไซม์โปรติเนสด้วยวิธี SDS-PAGE

จากการตรวจสอบความบริสุทธิ์และหาน้ำหนักโมเลกุลด้วยวิธี SDS-PAGE พบว่าเอนไซม์โปรติเนสที่ผ่านคอลัมน์ Gel filtration Sephacryl S-100 HR แสดงแถบโปรตีน 3 แถบ ขนาด 20 30.5 และ 34.4 kDa (Figure 2) การศึกษาในลำดับต่อไปจะนำ เอนไซม์ที่ขนาด 30.5 kDa มาทำให้บริสุทธิ์โดยใช้ Ion-exchange chromatography และศึกษาการย่อยซับสเตรทสังเคราะห์อนุพันธ์ของ p-nitroanilide ต่อไป

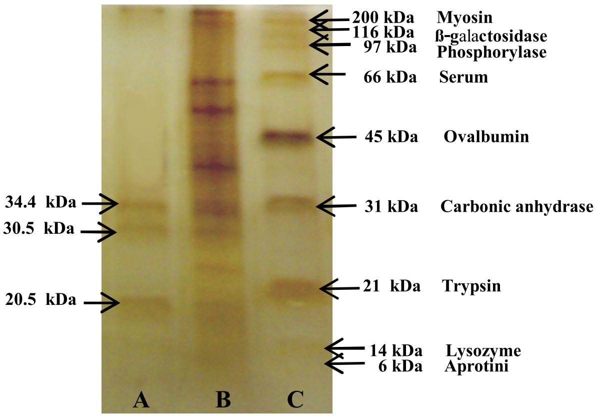


Figure 2 SDS-PAGE showed stained protein by Silver staining

Lane A คือเอนไซม์โปรติเนสที่ผ่านคอลัมน์ Gel filtration Sephacryl S-100 HR

Lane B คือ Crude เอนไซม์โปรติเนส

Lane C คือ โปรตีนมาตรฐาน ประกอบด้วย 1. 200 KDa (Myosin), 2. 116 kDa (ß-galactosidase), 3. 97 kDa (Phosphorylase b), 4. 66 kDa (Serum albumin), 5. 45 kDa (Ovalbumin), 6. 31 kDa (Carbonic anhydrase), 7. 21 kDa (Trypsin inhibitor), 8. 14 kDa (Lysozyme), และ 9. 6 kDa (Aprotinin)

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากขั้นตอนการคัดเลือกชนิดของผักและผลไม้จำนวน 43 ชนิดพบว่าตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุดในการที่จะนำมาสกัดเอนไซม์โปรติเนสคือแคนตาลูปสายพันธุ์ซันเลดี้ที่มีราคาถูกและมีการนำมาแปรรูปมากในอุตสาหกรรม เมื่อผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้วพบว่าเอนไซม์โปรติเนสที่ได้จากแคนตาลูปมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น 528 เท่าและมีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มมากขึ้น 2.43 Unit โดยเอนไซม์มีสภาพความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสม อยู่ที่ pH 8.0 ความคงทนต่อค่าความเป็น กรด-เบสที่ช่วง pH 5.0–6.0 ส่วนสภาพอุณหภูมิที่เหมาะสม อยู่ที่ 65 °C ความคงทนต่ออุณหภูมิ ที่ช่วงอุณหภูมิ 65-75 °C และตรวจความบริสุทธิ์ด้วย SDS-PAGE พบว่า มีโปรตีนแสดงจำนวน 3 แถบโดยมีน้ำหนักโมเลกุลกับ 20.5, 30.5 และ 34.4 kDa

เอกสารอ้างอิง

ยุวพิน ด่านดุสิตาพันธ์, 2546, เอ็นไซม์โปรติเนสกับอุตสาหกรรมการผลิตที่อาจจะเกิดขึ้นในเมืองไทย, เทคโนโลยีชีวภาพปริทรรศน์, 1(6):23-26.

Anson, M.L., 1938, Estimation of Pepsin, Papain and Cathepsin with Hemoglobin, Journal of General Physic, 22:79- 89.

Gessesse, A., 1997, The use of Nug meal as Low-cost Substrate for the Production of Alkaline Protease by the Alkaliphilic *Bacillus* sp.ar-009 and some Properties of the Enzyme, Bioresource Technology, 62:59-61.

Joo, H.S., Kumar, C.G., Park, G.C., Kim, K.T., Paik, S.R. and Chang, C.S., 2002, Optimization of the Production of an Extracellular Alkaline protease from *Bacillus horikoshii*, Process Biochemistry, 38:155-159.

Laemmli, U.K., 1970, Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4, Nature, 227: 680-685.

Lowry, O.H., Rosebrough, N., Farr, A.L. and Rondall, R.L., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, Journal of Biological chemistry, 193: 265-273.

Yamagata, H., Masuzawa, T., Nagaoka, Y., Ohnishi, T. And Iwasaki, T., 1994, Cucumisin, a Serine Protease from Melon Fruits, Shares Structural Homology with Subtilisin and is Generated from a Large precursor, The Journal of Biological Chemistry, 269(52): 32725-32731.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 293-296 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 293-296 (2552)

เอนไซม์ยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบจาก *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* NOI-1 สำหรับการย่อยกากมันสำปะหลัง

Raw Starch-Binding Enzymes from *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* NOI-1 for Cassava Pulp Eegradation

จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[1] อาคม เทศนุ่ม[2] ภัทรา ผาสอน[1] คิน เลย์ คู[2] และ กนก รัตนะกนกชัย[2]
Tachaapaikoon, C.[1], Tesnum, A.[2], Pason, P.[1], Kyu, K. L.[2] and Ratanakhaokchai, K.[2]

Abstract

A thermophilic anaerobic bacterium, *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* NOI-1 produced extracellular enzymes involve with polysaccharide degradation when grown on raw starch as carbon source under anaerobic condition. The extracellular enzymes were found to be capable of binding to raw starch. The raw starch-binding protein fraction comprised at least four major proteins at the molecular weight of 140, 128, 112 and 94 kDa on sodium dodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) and contained two active bands of amylases with molecular weight of 140 and 128 kDa and three active bands of xylanases with molecular weight of 140, 128 and 112 kDa on zymogram. Furthermore, the raw starch-binding enzyme fraction also showed exocellobiohydrolase and mannanase activities. The raw starch-binding enzymes could degrade cassava pulp effectively. The hydrolysis products were maltose and oligosaccharides as major products.

Keywords: amylase, raw starch-binding enzymes, *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* NOI-1, xylanase

บทคัดย่อ

Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum NOI-1 เป็นแบคทีเรียชอบร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต เมื่อเจริญเติบโตในอาหารที่มีแป้งดิบเป็นแหล่งคาร์บอนสามารถผลิตเอนไซม์เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายโพลีแซคคาไรด์ออกสู่นอกเซลล์ ซึ่งเอนไซม์ที่ผลิตออกมาสู่นอกเซลล์บางชนิดสามารถยึดเกาะแป้งดิบได้ เมื่อตรวจสอบรูปแบบของโปรตีนที่ยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบด้วยเทคนิค sodium dodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) พบว่าประกอบด้วยโปรตีนหลักอย่างน้อย 4 ชนิด ที่มีขนาด 140 128 112 และ 94 กิโลดาลตัน และเมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิคไซโมแกรม พบว่าแสดงกิจกรรมของอะไมเลส 2 ชนิด ที่มีขนาด 140 และ 128 กิโลดาลตัน และกิจกรรมของไซลาเนส 3 ชนิด ที่มีขนาด 140 128 และ 112 กิโลดาลตัน นอกจากนี้เอนไซม์ยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบยังแสดงกิจกรรมของเอนไซม์เอ็กโซเซลโลไบโอไฮโดรเลสและแมนนาเนส ซึ่งเอนไซม์ยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบสามารถย่อยกากมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยน้ำตาลมอลโตสและโอลิโกแซคคาไรด์เป็นผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากการย่อย

คำสำคัญ: อะไมเลส เอนไซม์ยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบ *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* NOI-1 ไซลาเนส

[1]สถาบันพัฒนาและฝึกอบรบโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1]Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thankham, Bangkhuntien, Bangkok 10150
[2]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[2]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thankham, Bangkhuntein, Bangkok 10150

คำนำ

กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังนั้นทำให้เกิดส่วนที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตที่เรียกว่า กากมันสำปะหลัง (cassava pulp) โดยกากมันสำปะหลังส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตามปริมาณของกากมันสำปะหลังยังคงเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากและก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงมีความพยายามใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งนี้ โดยองค์ประกอบหลักของกากมันสำปะหลังคือ แป้งและไฟเบอร์ ร้อยละ 50-66 และ 15-27 ตามลำดับ (Sriroth และคณะ, 2000) ดังนั้นกากมันสำปะหลังจึงสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับการผลิตน้ำตาลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน น้ำตาลแอลกอฮอล์ และผลิตเป็นเอทานอลซึ่งสามารถนำไปพัฒนาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ (Doi และคณะ, 2003) วิธีการเปลี่ยนกากมันสำปะหลังให้เป็นน้ำตาลนั้นสามารถทำได้หลายวิธีได้แก่ การย่อยด้วยกรด หรือเอนไซม์ แต่การย่อยด้วยเอนไซม์มีความจำเพาะมากกว่า และไม่ใช้ปฏิกิริยาที่รุนแรงเหมือนกับการย่อยด้วยกรด จึงได้น้ำตาลที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่า โดยอะไมเลส ไซลาเนส และเซลลูเลสเป็นเอนไซม์หลักที่ใช้สำหรับการย่อยกากมันสำปะหลัง ซึ่งขั้นตอนที่สำคัญในการย่อยกากมันสำปะหลังคือ การปรับสภาพให้เหมาะสมก่อนนำไปย่อยต่อด้วยเอนไซม์ ทำให้เสียเวลาในการต้ม สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่ามีเอนไซม์บางชนิดที่มีความสามารถยึดเกาะกับคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ละลายน้ำ (Carbohydrate-binding domain) ช่วยเพิ่มความใกล้ชิดระหว่างเอนไซม์กับพื้นผิวของโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ ส่งผลให้การย่อยสลายสับเสตรทเกิดได้ง่ายและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น (Pason และคณะ, 2006) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงสนใจศึกษาเอนไซม์ที่มีสมบัติในการยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบและสามารถย่อยสลายสับสเตรทที่ไม่ละลายน้ำโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการปรับสภาพ ที่ผลิตได้จากจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งจะช่วยให้สามารถนำเอนไซม์ในกลุ่มดังกล่าวไปใช้ในอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

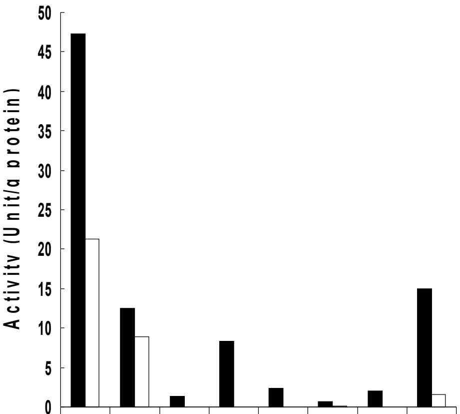
อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเลี้ยง *T. thermosaccharolyticum* สายพันธุ์ NOI-1 ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนและอุณหภูมิสูง ใน Basal medium พีเอช 7.0 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่มีแป้งข้าวจ้าวดิบร้อยละ 0.5 เป็นแหล่งคาร์บอน เป็นเวลา 3 วัน (Tesnum และคณะ, 2009) จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นแยกด้วยแรงเหวี่ยง ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกตะกอนเซลล์ออกจากน้ำเลี้ยง ส่วนใสของน้ำเลี้ยงที่ได้ใช้เป็น crude enzyme เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเอนไซม์ที่ผลิตได้โดยการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ ตามวิธีของ Pason และคณะ (2006) ตรวจวัดปริมาณโปรตีนในน้ำเลี้ยงด้วยวิธีของ Lowry และคณะ (1951) โดยใช้ bovine serum albumin ในการเตรียมกราฟมาตรฐาน ศึกษาการยึดเกาะแบบจำเพาะของเอนไซม์ที่ผลิตจากสายพันธุ์ NOI-1 โดยการดัดแปลงวิธีการทดลองของ Tachaapaikoon และคณะ (2006) ซึ่งใช้แป้งดิบแทนเปลือกข้าวโพดขนาด 80-100 mesh และใช้สารละลายน้ำตาลมอลโตส (ร้อยละ 3) เป็นตัวชะโปรตีนที่ยึดเกาะกับแป้งดิบ และศึกษารูปแบบของโปรตีนและเอนไซม์ด้วยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิสชนิด SDS-PAGE (Laemmli, 1970) xylanse-zymogram (Nakamura และคณะ, 1993) และดัดแปลงจากวิธีของ Anderson (2002) สำหรับ amylase-zymogram ศึกษาการย่อยกากมันสำปะหลัง (ร้อยละ 2) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นตามวิธี Somogyi-Nelson (Somogyi, 1952) และตรวจวิเคราะห์น้ำตาลที่เกิดขึ้นโดยวิธี Thin Layer Chromatography (TLC) (Ratanakhanokchai และคณะ,1999)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

แบคทีเรียสายพันธุ์ NOI-1 ซึ่งเป็นแบคทีเรียชอบร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโตถูกคัดแยกให้บริสุทธิ์ และถูกจำแนกชนิดของสายพันธุ์โดยการตรวจสอบลำดับเบส 16S rRNA gene ของจุลินทรีย์เทียบกับฐานข้อมูลในธนาคารข้อมูล NCBI (NCBI data bank) พบว่าสายพันธุ์ NOI-1 มีความคล้ายคลึงกับ *T. thermosaccharolyticum* (98.6%), *T. aotearoense* (97.4%), *T. aciditolerans* (97.2%) และ *T. bryantii* (97.1%) ตามลำดับ ดังนั้นจึงจัดสายพันธุ์ NOI-1 เป็น *T. thermosaccharolyticum* NOI-1 ภายหลังจากการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียสายพันธุ์ NOI-1 ในอาหารที่มีแป้งข้าวจ้าวดิบเป็นแหล่งคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พีเอช 7.0 พบว่าสามารถตรวจพบกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส (AM) เดร็กตินเนส (DT) ไซลาเนส (XY) เบต้าไซโลซิเดส (BX) อะราบิโนฟูราโนซิเดส (ARB) เบต้ากลูโคซิเดส (BG) เอ็กโซเซลโลไบโอไฮโดรเลส (EX) และแมนนาเนส (MN) ในน้ำเลี้ยง (Figure 1) นอกจากนี้ยังพบว่าโปรตีนในน้ำเลี้ยงที่ผลิตได้บางชนิดนั้นสามารถยึดเกาะกับแป้งดิบได้ ดังนั้นจึงทดสอบการยึดเกาะแบบจำเพาะระหว่างโปรตีนในส่วนของน้ำเลี้ยงกับแป้งดิบและชะโปรตีนที่ยึดเกาะกับแป้งดิบออกด้วยสารละลายน้ำตาลมอลโตสเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ พบว่าโปรตีนที่ผลิตได้จากแบคทีเรียสายพันธุ์

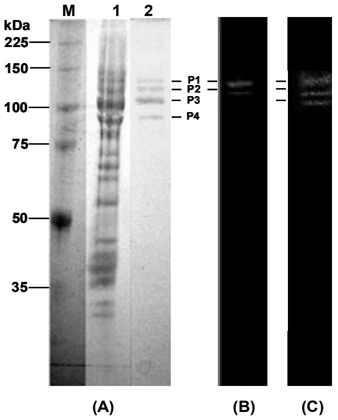
NOI-1 มีอย่างน้อย 4 ชนิด ที่สามารถยึดเกาะกับแป้งดิบ ซึ่งมีขนาด 140 128 112 และ 94 กิโลดาลตัน เมื่อตรวจสอบด้วย SDS-PAGE (Figure 2(A)) โดยโปรตีนขนาด 140 และ 128 กิโลดาลตัน แสดงกิจกรรมของทั้งเอนไซม์อะไมเลสและไซลาเนส (Figure 2(B) และ 2(C)) ในขณะที่โปรตีนขนาด 112 กิโลดาลตัน แสดงกิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสเพียงอย่างเดียว (Figure 2(C)) นอกจากนี้โปรตีนยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบยังสามารถตรวจพบกิจกรรมของเอนไซม์เอ็กโซเซลโลไบโอไฮโดรเลส และแมนนาเนส 0.14 และ 1.59 ยูนิตต่อกรัมโปรตีน ตามลำดับ ดังนั้นจึงคาดว่าโปรตีนขนาด 94 กิโลดาลตัน อาจจะแสดงกิจกรรมของเอนไซม์เอ็กโซเซลโลไบโอไฮโดรเลสหรือแมนนาเนส



	AM	XY	BX	ARB	BG	EX	DT	MN
■ Crude enzyme	47.28	12.49	1.38	8.38	2.37	0.67	2.00	14.96
□ Raw starch-binding enzymes	21.26	8.88	ND	ND	ND	0.14	ND	1.59

Enzyme

Figure 1 Enzyme activity from culture supernatant and raw-starch-binding enzyme of *T. thermosaccharolyticum* strain NOI-1.ND, could not detect



Binding protein	Size (kDa)	Zymogram	
		Amylase	Xylanase
P1	140	+	+
P2	128	+	+
P3	112	-	+
P4	94	-	-

Figure 2 SDS-PAGE (A) amylase-zymogram (B) and xylanase-zymogram (C) for raw-starch-binding protein of *T. thermosaccharolyticum* strain NOI-1. Lane M, Molecular weight markers; Lane 1, Protein in coulture supernatant. Lane 2, Raw-starch binding protein.

หลังจากนั้นได้นำเอนไซม์ยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบมาทดสอบการย่อยกากมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านกระบวนการปรับสภาพใดๆ พบว่าเอนไซม์ดังกล่าวสามารถย่อยกากมันสำปะหลังเป็นน้ำตาลได้ดี (10 มิลลิกรัมต่อยูนิต) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากเอนไซม์มีบริเวณ starch-binding domain จึงทำให้เพิ่มความใกล้ชิดระหว่างเอนไซม์กับพื้นผิวของโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ และช่วยเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ที่บริเวณพื้นผิวของสับสเตรทที่ไม่ละลายน้ำได้มากขึ้น จึงเป็นผลทำให้เอนไซม์มีโอกาสเข้าทำปฏิกิริยากับสับสเตรทได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การย่อยสลายสับสเตรทเกิดได้ง่ายและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น (Guillen และคณะ, 2007; Pason และคณะ, 2006) และเมื่อตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลาย พบว่าได้น้ำตาลมอลโตส และโอลิโกแซคคาไรด์เป็นผลิตภัณฑ์หลัก นอกจากนี้ในปัจจุบันยังไม่พบว่ามีรายงานของอะไมเลสที่ผลิตได้จาก *T. thermosaccharolyticum* และมีความสามารถยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบ

สรุปผล

เมื่อเพาะเลี้ยง *T. thermosaccharolyticum* สายพันธุ์ NOI-1 ในอาหารที่มีแป้งข้าวจ้าวดิบเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าแบคทีเรียผลิตเอนไซม์บางชนิดที่สามารถยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบได้ และเมื่อชะออกมาจากแป้งดิบเพื่อตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ พบว่าแสดงกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส ไซลาเนส เอ็กโซเซลโลไบโอไฮโดรเลสและแมนนาเนส เมื่อตรวจสอบรูปแบบของโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE และ zymogram พบว่ามีโปรตีนอย่างน้อย 4 ชนิด ซึ่งมีขนาด 140 128 112 และ 94 กิโลดาลตัน สามารถยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบได้ โดยโปรตีนขนาด 140 และ 128 กิโลดาลตันแสดงกิจกรรมของทั้งอะไมเลสและไซลาเนส โปรตีนขนาด 112 กิโลดาลตัน แสดงเฉพาะกิจกรรมของไซลาเนส ในขณะที่โปรตีนขนาด 94 กิโลดาลตัน ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าแสดงกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดใด นอกจากนี้เอนไซม์ที่ยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบสามารถย่อยกากมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านกระบวนการปรับสภาพใด ๆ ได้น้ำตาลมอลโตสและโอลิโกแซคคาไรด์เป็นผลิตภัณฑ์หลัก

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินหมวดเงินอุดหนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Anderson, K.L., 2002, Purification and Analysis of a Membrane-associated Starch-degrading Enzyme from *Ruminobacter amylophilus*, Journal of Physiology and Microbial Chemistry, 8: 269-276.

Doi, R.H., Kosugi, A., Murashima, K., Tamaru, Y., and Han, O.S., 2003, Cellulosome from Mesophilic Bacteria. Journal of Bacteriology, 185: 5907-5917.

Guillen, D., Santiago, M., Linares, L., Perez, R., Morlen, J., Ruiz, B., Sanchez, S., and Rodríguez-Sanoja, R., 2007, Alpha-Amylase Starch Binding Domains: Cooperative Effects of Binding to Starch Granules of Multiple Tandemly Arranged Domains, Journal of Applied and Environmental Microbiology, 73: 3833-3837.

Laemmli, U.K., 1970, Clavage of Structural Protein during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4, Journal of Nature, 227: 680-685.

Lowry, O.H., Roasebrough, N.J., Fan, A.L., and Randail, R.S., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent, Journal of Biological Chemistry, 193: 265-275.

Nakamura, S., Wakabayashi, K., Nakai, R., Auno, R., and Horikoshi, K., 1993, Purification and Some Properties of an Alkaline Xylanase from Alkaliphilic *Bacillus* sp. strain 41M-1, Journal of Applied and Environmental Microbiology, 59: 2311-2316.

Pason, P., Kyu, K.L., and Ratanakhanokchai, K., 2006, *Paenibacillus curdlanolyticus* Strain B-6 Xylanolytic-Cellulolytic Enzyme System that Degrades Insoluble Polysaccharides, Journal of Applied and Environmental Microbiology, 72: 2483-2490.

Ratanakhanokchai, K., Kyu, K.L., and Tanticharroen, M., 1999, Purification and Properties of a Xylan-Binding Endoxylanase from *Bacillus* sp. K-1, Journal of Applied and Environmental Microbiology, 62: 694-697.

Somogyi, M., 1952, Notes in Sugar Determination, Journal of Biological Chemistry, 195: 19-23.

Sriroth, K., Chollakup, R., Chotineeranat, S., Piyachomkwan, K., and Oates, C.D., 2000, Processing of Cassava Waste for Improved Biomass Utilization, Journal of Bioresource Technology, 71: 63-69.

Tachaapaikoon, C., Kyu, K.L., and Ratanakhanokchai, K., 2006, Purification of Xylanase from Alkaliphilic *Bacillus* sp. K-8 by Using Corn Husk Column, Journal of Process Biochemistry, 41: 2441-2445.

Tesnum, A., Chimhong, S., Soontorngun, N., Kyu, K.L., Tachaapaikoon, C., and Ratanakhanokchai, K., 2009, Study on Amylase from Thermophilic Bacterium *Thermoanaerobacterium* sp. Strain NOI-1 and Sugar Production from Raw Starch and Cassava Pulp, The Proceeding of 47th Kasetsart University Annual Conference, 36-44.

การแยกโปรตีนหน่วยย่อย (X40) ของเอนไซม์เชิงซ้อนจาก *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6

Isolation of Enzyme Subunit (X40) of Multienzyme Complex from *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6

จันทร์จรัส เสริมสาธนสวัสดิ์[1] ภัทรา ผาสอน[2] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[2] คิน เลย์ คู[1] และ กนก รัตนะกนกชัย[1]
Sermsathanasawadi, J.[1], Pason, P.[2], Tachaapaikoon, C.[2], Kyu, K.L.[1] and Ratanakhanokchai, K.[1]

Abstract

Paenibacillus curdlanolyticus B-6, a facultative anaerobic bacterium isolated from anaerobic digester, produces an extracellular multienzyme complex when grown on xylan under aerobic conditions. A multienzyme complex is a large protein complex with high molecular weight approximately 1,450 kDa containing several xylanolytic and cellulolytic enzymes subunits bound to core protein called cellulosome. The 1,450 kDa multienzyme complex of *P. curdlanolyticus* B-6 was isolated by four steps of chromatographys. The multienzyme complex was separated and the 40 kDa protein was found on SDS-PAGE in all steps of purification. The results indicated that the 40 kDa protein was a major subunit of the multienzyme complex because it was hold together with core protein along all of purification steps. The 40 kDa subunit showed the majority of xylanase activity.
Keywords: enzyme subunit, multienzyme complex, *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6, xylanase

บทคัดย่อ

Paenibacillus curdlanolyticus B-6 เป็น facultative anaerobic bacterium ที่แยกได้จากถังหมักก๊าซชีวภาพที่มีเปลือกสับปะรดเป็นวัตถุดิบที่สามารถผลิตเอนไซม์เชิงซ้อนออกมาภายนอกเซลล์ได้ เมื่อเจริญในอาหารที่มีไซแลนเป็นแหล่งคาร์บอนภายใต้สภาวะมีออกซิเจน เอนไซม์เชิงซ้อนที่ผลิตได้เป็นโปรตีนเชิงซ้อนขนาดใหญ่มีน้ำหนักโมกุลประมาณ 1,450 กิโลดาลตัน ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์หน่วยย่อยหลายชนิดในกลุ่มเซลลูโลไลติกและไซลาโนไลติกเอนไซม์ โดยยึดเกาะอยู่กับโปรตีนแกนกลางซึ่งเรียกเอนไซม์เชิงซ้อนนี้ว่าเซลลูโลโซม เมื่อแยกเอนไซม์เชิงซ้อนนี้ออกจากกันโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟี 4 ขั้นตอน จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SDS-PAGE พบโปรตีนขนาด 40 กิโลดาลตันในทุกขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งโปรตีนขนาด 40 กิโลดาลตันนี้ยึดแน่นกับโปรตีนแกนกลาง (อย่างแน่นหนา) เห็นได้จากการพบแถบโปรตีนนี้ในทุกขั้นตอนการแยกโปรตีนขนาด 40 กิโลดาลตันมีแอคติวิตีของไซแลนเนส ซึ่งคาดว่าโปรตีนขนาด 40 กิโลดาลตันเป็นโปรตีนหน่วยย่อยที่สำคัญของเอนไซม์เชิงซ้อน
คำสำคัญ: เอนไซม์หน่วยย่อย เอนไซม์เชิงซ้อน *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6 ไซลาเนส

Introduction

The utilization of plant biomass in human culture produces wastes, the major source of environmental pollution in Thailand. The plant cell wall is a complex polysaccharides, cellulose and hemicellulose tightly interaction with lignin and other components, called lignocellulosic substance. Bioconversion is one of alternative to change the plant biomass to valuable products by enzyme. The plant cell wall degradation requires cellulolytic enzymes co-operated with xylanolytic enzymes and side chain-cleaving enzymes. *Paenibacillus curdlanolyticus* B-6, a facultative anaerobic bacterium isolated from an aerobic digester fed with pineapple wastes and identified by 16S rRNA gene analysis, produces an extracellular multienzyme complex. When *P. curdlanolyticus* B-6 was grown on xylan under aerobic conditions, the bacterium produced two extracellular multienzyme complexes with high molecular weights estimated at 1,450 and 400 kDa (Pason *et al.*, 2006). Most studies on the subunit of multienzyme complex have been confined to anaerobic cellulolytic microorganisms. Reports on the multienzyme

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150 ประเทศไทย
[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkuntien, Bangkok 10150, Thailand
[2]สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150 ประเทศไทย
[2]Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkuntien, Bangkok, 10150, Thailand

complex produced by a facultatively anaerobic bacterium such as *P. curdlanolyticus* B-6 are limited and scant. In the present study, we describe the isolation of one of the subunits of multienzyme complex with high molecular weight produced by *P. curdlanolyticus* B-6.

Meterials and Methods

Paenibacillus curdlanolyticus B-6 was grown in Berg's mineral salts medium at pH 7.0 containing 0.5% commercial oat spelt xylan as a carbon source in a rotary incubator at 200 rpm for 3 days at 37°C. The culture was harvested by centrifugation (10,000 rpm, 10 min, 4°C). An enzyme subunit (X40) was purified by four steps. The first step was separation of cellulose-binding proteins by using Avicel PH101. The next step was isolation of the enzyme complex with high molecular weight from the other cellulose-binding proteins by gel-filtration chromatography using HiPrep 26/60 Sephacryl S-300 high resolution. In the third step, the fraction with high molecular weight was applied to anion-exchange column chromatography (Hiload 16/10 Q-Sepharose High Performance) equilibrated with 0.05 M sodium phosphate buffer (pH 6.0). The multienzyme complex was eluted with a linear gradient of 0 to 1.0 M NaCl. Five fractions corresponding to protein peaks (280 nm) were designated I1 through I5. The last step was concentration of the sample and it was applied to a hydrophobic-interaction chromatography column (HiPrep 16/10 Phenol). The fractions corresponding to absorbance peaks (280 nm) were designated H1 through H3. Then they were concentrated and desalted by ultrafiltration. The carboxymethyl cellulase (CMCase) and xylanase activity were measured by the method of Ratanakhanokchai *et al.* (1999). The reaction mixture consisted of 0.5 ml of 1% CMC or oat spelt xylan in 100 mM sodium phosphate buffer (pH 7.0) and 0.1 ml enzyme. After incubation for 10 min at 50°C, reducing sugar was determined by using the Somogyi–Nelson method with xylose as a standard (Somogyi,1952). One unit of the xylanase activity was defined as the amount of enzyme that liberated 1 μmol of reducing sugar in 1 min under the above conditions. Protein concentration was measured as described by the method of Lowry *et al.* (1951) using bovine serum albumin as a standard. The protein content of the eluate was measured at 280 nm. The pattern of proteins and enzymes were analyzed by Native-PAGE, SDS-PAGE (Laemmli, 1970) and zymogram.

Results and Discussion

P. curdlanolyticus B-6 was grown on xylan for 3 days and harvested by centrifugation. In the first step, multienzyme complex was separated from cellulose-unbound proteins by affinity purification on Avicel. Cellulose-unbound proteins were removed by washing with phosphate buffered saline and cellulose-binding proteins were eluted by 1% triethylamine and analyzed by polyacrylamide gel electrophoresis and zymograms (Data not shown). The presence of multiple cellulases and xylanases in the cellulose-binding protein fraction was revealed by native-PAGE, SDS-PAGE and zymograms. The cellulose-binding proteins indicated that at least 12 proteins with molecular masses in the range of 48 to 224 kDa showed xylanase activities and 9 proteins showed CMCase activities on zymograms (Data not shown). After preparation of the cellulose–binding fraction, the fraction was applied to gel-filtration column chromatography. Chromatogram of gel-filtration showed that cellulose-binding protein fraction was exhibited to 4 protein peaks as shown in Figure 1. The peak I, peak II, peak III and peak IV were estimated to be 1,450, 400, 160 and 40 kDa, respectively. The peak I and peak II containing both xylanase and CMCase activities were isolated. The peak I and peak II were estimated to be molecular mass 1,450 and 400 kDa, respectively. Native-PAGE and SDS-PAGE of each peak showed only 3 protein bands in native-PAGE but in SDS-PAGE analysis peaks I, II, III and IV consisted of 8, 7, 3 and 2 protein subunits, respectively (data not shown). This result indicated that peaks I and II were multienzyme complexes I and II due to high molecular mass and they composed of various subunits including xylanases and CMCases. Peak I showed that it has not only a high

molecular weight with high xylanase activity but also it was composed of several proteins with xylanase and CMCase activities. Thus, peak I was collected and concentrated by freeze-drying after desalting.

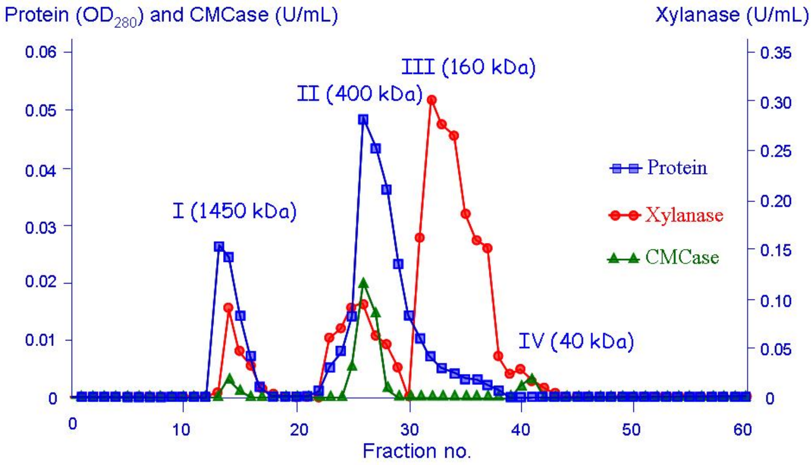


Figure 1 Sephacryl S-300 chromatography of the isolated multienzyme complex from the culture supernatant of *P. curdlanolyticus* B-6, grown on xylan.

The Peak I was separated into five protein peaks (OD_{280}) by anion-exchange chromatography and designated as F1 to F5 (data not shown). F1 had the highest xylanase activity, while F2 and F5 showed moderate activity. On the other hand, F3 and F4 showed a little xylanase activity. Each purified protein fraction F1 to F5 showed difference in protein composition (Figure 2). From anion-exchange chromatography, F1 was apparently the most suitable fraction to study the subunit of multienzyme complex of *P. curdlanolyticus* B-6 because F1 had the highest xylanase activity and its subunit composition was clearly shown on SDS-PAGE (data not shown).

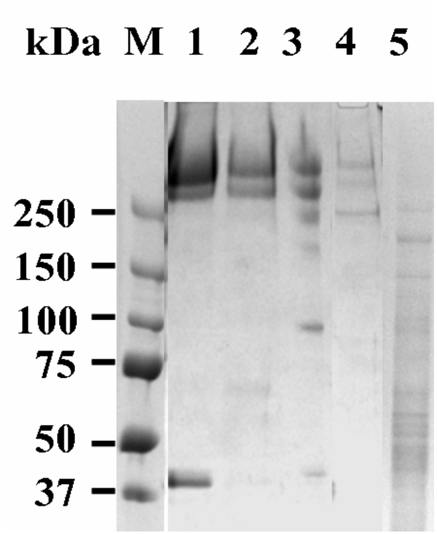


Figure 2 SDS-PAGE (5-20% gradient gels) analysis of the ion-exchange protein fraction.

The F1 fraction from anion-exchange chromatography (Figure 1) was subjected to hydrophobic-interaction chromatography and separated 3 protein peaks (data not shown). The major fraction 1 exhibited only one protein band on native PAGE and three major bands (280, 260, and 40 kDa) plus additional three minor bands (65, 60, and 48 kDa) on SDS-PAGE (Figure 3). These results indicated that one protein on Native-PAGE is a protein complex comprising six subunits.

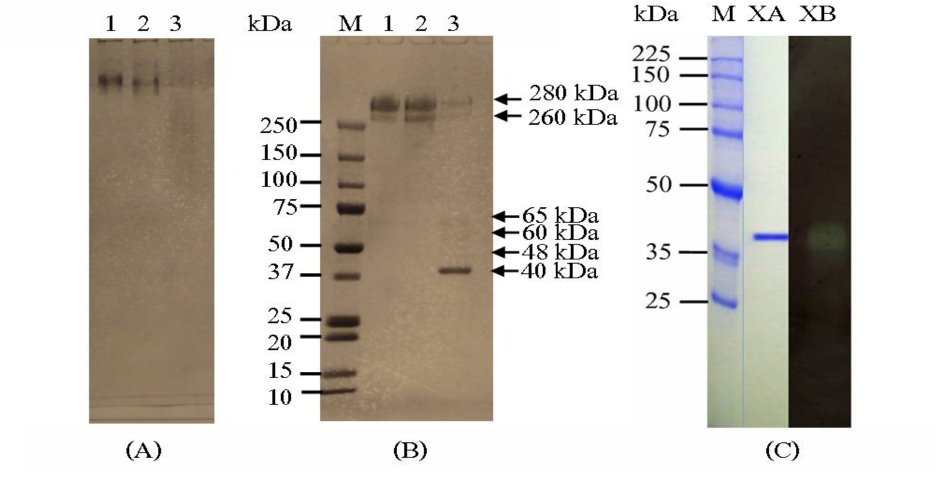


Figure 3 Protein pattern of purified protein fraction from HiPrep 16/10 Phenol. Peak 1 to 3 (lane 1-3) were analyzed by Native-PAGE (A) and 10-20% SDS-PAGE (B) analysis. The 40 kDa protein were purified and analyzed by SDS-PAGE (XA) and zymogram for xylanase activity (XB)(C).

Summary

The results showed that the 40 kDa protein has a tightly bound with protein complex through many steps of purification and majority of xylanase activity resided in the 40 kDa subunit indicating that the 40 kDa may be the most important catalytic subunit of the multienzyme complex. In the next study, the 40 kDa will be cloned and studied physico-chemical properties of recombinant proteins.

Literature cited

Laemmli, U.K., 1970, Clevage of Structural Proteins During the Assembly of the Head of Bacteriophage T4, Nature, 227(5259): 680-685.

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: 265-275.

Pason, P., Kyu, K.L. and Ratanakhanokchai, K., 2006, *Paenibacillus curdlanolyticus* Strain B-6 Xylanolytic Cellulolytic Enzyme System that Degrades insoluble Polysaccharides, Applied and Environmental Microbiology, 72(4): 2483-2490.

Ratanakhanokchai, K., Kyu, K.L. and Tanticharoen, M., 1999, Purification and Properties of a Xylan-binding Endoxylanase from Alkaliphilic *Bacillus* sp. strain K-1, Applied and Environmental Microbiology, 65(2): 694-697.

Somogyi, M., 1952, Notes on Sugar Determination, Journal of Biological Chemistry, 195: 19-23.

การผลิตไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยเอนไซม์ไซลาเนสบริสุทธิ์จาก alkaliphilic *Bacillus firmus* สายพันธุ์ K-1

Xylooligosaccharide Production from Agricultural Wastes by Purified Xylanase from Alkaliphilic *Bacillus firmus* strain K-1

พัตราพร จอมเมืองบุตร[1] ปริปก พิศสุวรรณ[1] สุรพงษ์ พินิจกลาง[2] คิน เลย์ คู[1] และ กนก รัตนะกนกชัย[1]

Jommuengbout, P.[1], Phitsuwan, P.[1], Pinitglang, S[2], Kyu, K. L.[1] and Ratanakhanokchai, K.[1]

Abstract

The xylan-binding xylanase (XBX) from alkaliphilic *Bacillus firmus* strain K-1 was purified to homogeneity by using a corn husk column. The specific activity and recovery yield after purification were 36.4 U/mg protein and 24.8%, respectively. The apparent molecular mass of this enzyme was 23 kDa. According to study of kinetic parameters of purified XBX on soluble xylans, the V_{max}/K_m determined with larchwood xylan (LWX) was approximately 10-fold and 20.8-fold higher than birchwood (BWX) and oat spelt (OSX) xylans, respectively. This result indicated that XBX prefers to hydrolyze long chain with low substituted structure of LWX. Purified XBX had hydrolytic ability toward a variety of xylans, including xylan-containing agricultural wastes. Series of xylooligosaccharides (XOs) produced from hydrolysis of insoluble LWX, BWX and corn husk by purified XBX were X_2-X_6, whereas those of corn cob, sugarcane bagasse, rice straw and rice husk were mainly X_2-X_4. These results suggested that the XBX was the effective endo-xylanase for XOs production from low-cost agricultural wastes, and obtained XOs were valuable and beneficial to related-food industries.

Keywords: alkaliphilic *Bacillus firmus*, agricultural waste, xylan-binding xylanase, xylooligosaccharide

บทคัดย่อ

Xylan-binding xylanase (XBX) จาก alkaliphilic *Bacillus firmus* สายพันธุ์ K-1 ที่บริสุทธิ์ในขั้นตอนเดียว โดยใช้เปลือกข้าวโพดเป็นคอลัมน์ เอนไซม์บริสุทธ์มี specific activity และ recovery yield เท่ากับ 36.4 U/mg protein และ ร้อยละ 24 ตามลำดับ โดยมีขนาดโมเลกุลเท่ากับ 23 kDa จากการศึกษาค่าจลน์ศาสตร์ของ XBX บริสุทธิ์ต่อการย่อย ไซแลนที่ละลายน้ำ พบว่าค่า V_{max}/K_m ของ larchwood xylan (LWX) มากกว่า birchwood xylan (BWX) และ oat spelt xylan (OSX) ประมาณ 10 และ 20.8 เท่า ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า XBX ชอบย่อย LWX ซึ่งเป็นไซแลนที่มีสายยาวและมีกิ่งก้านน้อย XBX บริสุทธิ์มีความสามารถในการย่อยไซแลนต่างๆ รวมไปถึงไซแลนที่เป็นองค์ประกอบในวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ผลิตได้จากการย่อย insoluble LWX BWX และเปลือกข้าวโพดโดย XBX บริสุทธิ์ คือ X_2-X_6 ขณะที่ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จาก ซังข้าวโพด ชานอ้อย ฟางข้าว และแกลบ คือ X_2-X_4 ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า XBX เป็น endoxylanase ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีราคาถูก เพื่อให้ได้ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีมูลค่าและมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ

คำสำคัญ: alkaliphilic *Bacillus firmus* วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร xylan-binding xylanase ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์

Introduction

Xylan is naturally found to be a major component of hemicellulose in plant cell wall. It is a linear chain of xylose residues linked by β-1,4-glycosidic bonds with various substituents. Hydrolysis of the xylan backbones is performed by the action of endo-1,4-β-xylanases (EC 3.2.1.8), which release short-chain XOs. However, debranching enzymes are required for complete hydrolysis (Wong *et al*., 1988). XOs are of interest since they can

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Moo 8 Thakham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126 / 1 ถ.วิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[2]Faculty of Science, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vibhavadee-Rangsit Road, Dindaeng, Bangkok 10400

be applied in various industries such as pharmaceuticals, cosmetics, food and animal feed (Vázquez *et al*., 2000) To date, attention has been paid to the use of endo-xylanases for XOs production from a variety of xylan-containing raw materials, especially agricultural wastes. The utilization of agricultural wastes as substrates will reduce cost of waste elimination and solve pollution problems (Moure *et al*., 2006).

The XBX from alkaliphilic *Bacillus firmus* K-1 is suspected to be an effective enzyme for degrading the recalcitrant insoluble xylan in agricultural wastes according to its great binding and hydrolyzing ability against insoluble xylan (Ratanakhanokchai *et al*., 1999). Therefore, the objective of this study is to investigate the specificity of XBX on various xylans and XOs productions from insoluble xylans and agricultural wastes by using purified XBX.

Materials and Methods

B. firmus K-1, isolated from the waste treatment plant of a pulp and paper manufacturer (Ratanakhanokchai *et al*., 1999), was grown in Berg's mineral salts medium containing corn husk (1%, w/v) as a carbon source at pH 10.5. The inoculated culture was incubated in a rotary incubator (200 rpm) at 37°C for 2 days. The XBX from culture supernatant was purified as described by Pattraporn *et al*. (2009). The purified enzyme was checked by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) and active-PAGE containing 0.1% soluble xylan (Ratanakhanokchai *et al*., 1999). The xylanase activity was measured by determining the amount of reducing sugars released from LWX, which was determined by the Somogyi-Nelson method (Somogyi, 1952). Protein content was assayed by monitoring the optical density at 280 nm and the method of Lowry *et al*. (1951). Soluble and insoluble xylans from commercial xylans (BWX, OSX and LWX) were prepared by the method of Ghangas *et al*. (1989). Agricultural wastes such as corn husk, sugarcane bagasse, corn cob, rice straw and rice bran, were prepared by cutting to a small size, grounding in a blender and sieving to 80-100 mesh size. They were washed with warm distilled water to remove residual sugars and then dried at 50°C. The specificity of the purified xylanase on various soluble xylans was studies via determination of the kinetic parameters. For study the XOs production by XBX from various xylans, 0.5% w/v soluble and insoluble xylans and 1% w/v agricultural wastes in 25 mM sodium phosphate buffer (pH 7.0) were hydrolyzed with 1.0 unit of the xylanase at 50°C. The amounts of reducing sugars produced at different time intervals were checked and the pattern of XOs production was qualitatively determined by thin-layer chromatography (TLC).

Results and Discussion

An alkaliphilic *B. firmus* K-1 produced two xylanases, and one of which specifically bound to insoluble xylan, XBX. The XBX was purified in a single step through affinity adsorption-desorption using a corn husk column. The purified XBX appeared as a single protein band on SDS-PAGE and active-PAGE with a molecular weight of 23 kDa (Figure 1). The yield of the purified enzyme was about 24.8% of the relative xylanase activity of the culture supernatant and had a specific activity of 36.4 U/mg protein (Table 1).

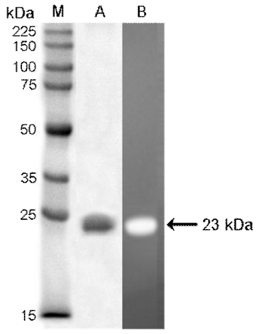


Figure 1 12 % SDS-PAGE of the purified XBX (A) and active-PAGE for xylanase (B); Lane M; standard proteins.

Table 1 Purification of XBX produced by *B. firmus* K-1.

Purification steps	Total protein (mg)	Total activity (U)	Specific activity (U/mg protein)	Yield (%)	Purification fold
Crude enzyme	10.0	32.2	3.23	100	1.0
Corn husk column	0.22	8.0	36.4	24.8	11.3

The results of kinetic parameters showed that the value of V_{max}/K_m for XBX toward LWX was about 10.0- and 20.8-fold higher than those for BWX and OSX, suggesting that XBX preferred xylan with low degree of substitution to hydrolyze (Li *et al.*, 2000). These were confirmed by the amount of reducing sugars released after hydrolysis, in which the highest yield was obtained from LWX (Figure 2A). The XOs produced from LWX and BWX revealed similar pattern, releasing X_2-X_6, whereas that from OSX possibly liberated the series of decorated XOs (X_3-X_5) (Figure 3A).

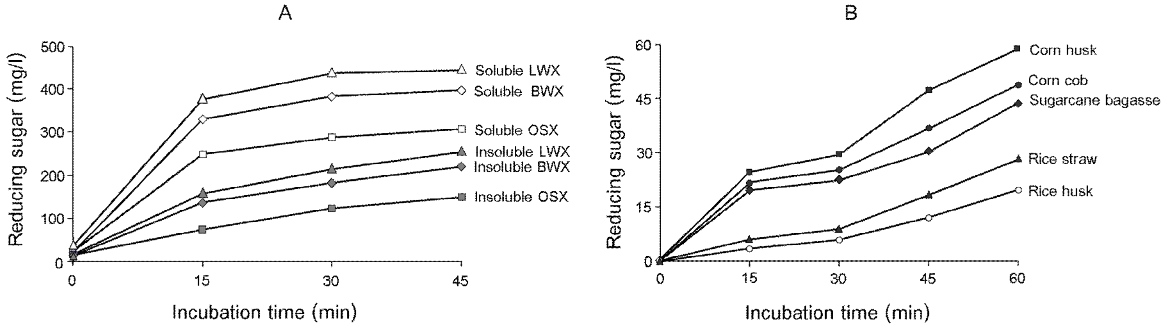


Figure 2 Hydrolysis of soluble and insoluble LWX, BWX and OSX (A) and agricultural wastes (B) by purified XBX from *B. firmus* K-1.

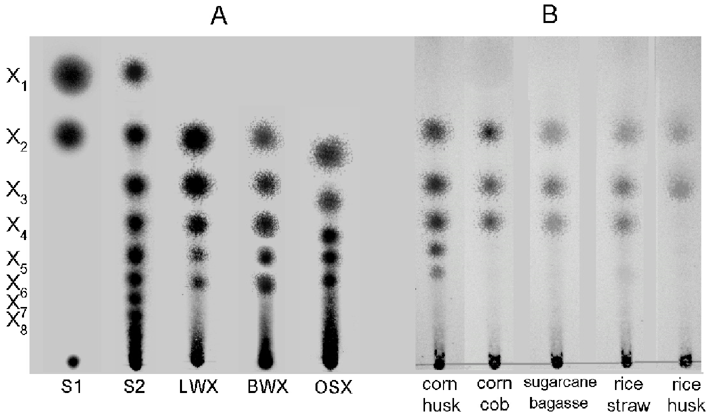


Figure 3 TLC analysis of the hydrolysis products by purified XBX from insoluble xylans at 6 h (A) and agricultural wastes at 12 h (B). Lanes S1; xylose and xylobiose, S2; xylooligosaccharides from xylan hydrolysis by purified Xyl I and Xyl II from *B. halodurans* C-1 (Tachaapaikoon *et al.*, 2006).

XBX was also able to hydrolyze various agricultural wastes. Corn husk, which contained the highest hemicellulose (mainly xylan) content, was the best substrate to hydrolyze, yielding the highest amount of reducing sugars, followed by corn cob, sugarcane bagasse, rice straw and rice husk (Figure 2B). Besides, the different hydrolysis rate of XBX toward those agricultural wastes might be affected by lignin content, porosity, parts of plant materials, composition and structure that varied from plant to plant (Kuhad and Singh, 1993). According to the XOs production from the agricultural wastes by XBX, corn husk released X_2-X_6, showing similar pattern to LWX and BWX (Figure 3B), whereas XOs generated from corn cob, sugarcane bagasse and rice straw revealed the same

pattern, mainly X_2-X_4. Only rice husk released X_2 and X_3 as majorities. The predominant XOs produced by XBX were the series of XOs in a range of X_2-X_4, which was the most preferred degree of polymerization (DP) utilized in food-related applications (Vázquez *et al*., 2000). These results revealed that XBX was an appropriate enzyme for XOs production by using agricultural wastes as substrates. Corn husk, yielding the highest amount of reducing sugar, appeared to be a promising raw material for XOs production, in which the main X_2-X_4 were obtained at the suitable hydrolysis conditions. Corn cob, sugarcane bagasse and rice straw, which released mainly X_2-X_4, might be also used as raw materials even though their amounts of reducing sugars were lower than corn husk.

Summary

The purified XBX was able to hydrolyze various xylans and agricultural wastes. It prefers to hydrolyze LWX, a long chain of low substituted xylan, and corn husk, which comprised the highest xylan content. The XOs derived from all substrates tested were found to be the series of XOs with DP range of 2-4. In order to gain values from agricultural wastes, XBX was suggested as an efficient enzyme for XOs production, and its products were suitably applied in related-food industries.

Acknowledgment

The authors gratefully acknowledge the financial support given by Thailand Research Foundation via the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program and a research grant from King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Literature cited

Ghangas, G.S., Hu, Y-J. and Wilson, D.B., 1989, Cloning of a *Thermomonospora fusca* Xylanase Gene and its Expression in *Escherichia coli* and *Streptomyces lividans*, Journal of Bacteriology, 171: 2963-2969.

Kuhad, R.C. and Singh, A., 1993, Lignocellulose Biotechnology: Current and Future Prospects, Critical Reviews in Biotechnology, 13: 151-172.

Li, K., Azadi, P., Collins, R., Tolan, J., Kim, J.S., Eriksson, K.L. and Eriksson E.L., 2000, Relationships Between Activities of Xylanase and Xylan Structures. Enzyme and Microbial Technology, 27: 89-94.

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: 265-275.

Moure, A., Gullón, P., DomÍnguez, H., and Parajó, J.C., 2006, Advances in the Manufacture, Purification and Applications of Xylo-oligosaccharides as Food Additives and Nutraceuticals, Process Biochemistry, 41: 1913-1923.

Jommuengbout, P., Pinitglang, S., Kyu, K.L. and Ratanakhanokchai, K., 2009, Substrate-Binding Site of Family 11 Xylanase from *Bacillus firmus* K-1 by Molecular Docking, Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 73: 833-839.

Tachaapaikoon, C., Lee, Y.S., Rantanakhanokchai, K., Pinitglang, S., Kyu, K.L., Rho, M.S. and Lee, S.K., 2006, Purification and Characterization of Two Endoxylanases from an Alkaliphilic *Bacillus halodurans* C-1, Applied Microbiology and Biotechnology, 16(4): 613-618.

Ratanakhanokchai, K., Kyu, K.L. and Tanticharoen, M., 1999, Purification and Properties of Xylan-Binding Endoxylanase from Alkaliphilic *Bacillus* sp. K-1, Appiled and Environmental Microbiology, 65: 694-697.

Somogyi, M., 1952, Notes on Sugar Determination, Journal of Biological Chemistry, 195: 19-23.

Vázquez, M.J., Alonso, J.L., DomÍnguez, H. and Parajó, J.C., 2000, Xylooligosaccharides: Manufacture and Applications, Trends in Food Science and Technology, 11: 387-393.

Wong, K.K.Y., Tan, L.U.L. and Saddler, J.N., 1998, Multiplicity of β-1,4-Xylanase in Microorganisms: Function and Applications, Microbiological Review, 52: 305-317.

การวิเคราะห์สารเสพติด tetrahydrocannabinol (THC) ในกัญชงพันธุ์ต่างกัน โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC/MS)

Analysis of Tetrahydrocannabinol (THC) in Hemp Cultivars by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)

สุทธิรักษ์ ผลเจริญ[1] เศรษฐา ศิริพินทุ์[1] ดนุวัต เพ็งอ้น[1] และ วีรชัย พุทธวงศ์[2]

Suttirak, P.[1], Settha, S.[1], Danuwat, P.[1] and Weerachai, P.[2]

Abstract

A gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) method has been analyzed for the quantitative of several organic compounds. In this study, analysis of tetrahydrocannabinol (THC) content in 9 hemp cultivars were evaluated, and the main pharmacological and psychoactive effects of hemp have been attributed to Δ^9-THC. The results were revealed that the different hemp cultivars showed the different levels of THC, in the range 0.3-2.73% THC. Pang-Tong hemp cultivar performed the highest THC content 2.73% THC, follow by Song-Kew, Pob-Pra, Mae-Tala, Hua-Hoy, Hua-Lang, Pang-Oung and Pang-Kae hemp cultivar, were 2.50, 1.94, 1.94, 1.03, 1.57, 1.03, and 0.6% THC respectively. The Vietnam hemp cultivar performed the lowest THC content 0.3% THC, and the GC-MS technique were not only detected THC, but also detected the different of cannabinoids, such as: cannabidiol (CBD) (9.584 – 39.714% of peak area), cannabichromene (CBC) (1.055 – 2.8585% of peak area), cannabinol (CBN) (1.292 – 5.154% of peak area), and Δ^8-THC detected in THC, but identify by mass spectrometry. We confirmed this technique by GC-MS was rapidly and simplified for evaluation the THC quantitative analysis and cannabinoids in hemp cultivars.

Keywords: tetrahydrocannabinol (THC), Δ^8-THC, Δ^9-THC, gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS), Hemp

บทคัดย่อ

เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ปริมาณของสารอินทรีย์ได้หลายชนิด การทดลองนี้ได้ศึกษาปริมาณสารเสพติด tetrahydrocannabinol (THC) ซึ่งสารสำคัญหลักที่เป็นสารเสพติดในกัญชงพันธุ์ต่างกัน คือ Δ^9-THC โดยกัญชงพันธุ์ต่างกันทั้ง 9 พันธุ์ มีปริมาณ THC ที่แตกต่างกัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.3-2.73% THC โดยกัญชงพันธุ์ที่มีปริมาณสาร THC มากที่สุด คือ พันธุ์ปางตองมี มีค่าเท่ากับ 2.73% THC รองลงมาคือพันธุ์สองแคว, พบพระ, แม่ตะละ, ห้วยหอย, ห้วยแล้ง, ปางอุ๋ง และปางแกมีค่าเท่ากับ 2.50, 1.94, 1.94, 1.03, 1.57, 1.03 และ 0.6% THC ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ ที่มีปริมาณ THC น้อยที่สุด คือ พันธุ์เวียดนาม มีค่าเท่ากับ 0.3% THC นอกจากนั้นยังพบสารอื่นๆ ในกลุ่ม cannabinoids ที่สำคัญ ได้แก่ cannabichromene (CBC), cannabidiol (CBD) และ cannabinol (CBN) ซึ่งมีปริมาณสารที่แตกต่างกัน โดย CBD มีค่าอยู่ในช่วง 9.58 – 39.71% ของพื้นที่ใต้พีค, CBC มีค่าอยู่ในช่วง 1.06– 2.86% ของพื้นที่ใต้พีคและ CBN มีค่าอยู่ในช่วง 1.29 – 5.15% ของพื้นที่ใต้พีค ตามลำดับ และยังพบสาร Δ^8-THC ในสาร THC ซึ่งแยกได้โดยแมสสเปคโทรเมตรี ผลการศึกษานี้สามารถยืนยันได้ว่าวิธีการวิเคราะห์ด้วย GC-MS เป็นวิธีที่รวดเร็วและไม่ยุ่งยากสำหรับตรวจหาปริมาณของสาร THC และปริมาณของสารกลุ่ม cannabinoids ในกัญชงในกัญชงพันธุ์ต่างกัน

คำสำคัญ: tetrahydrocannabinol (THC) Δ^8-THC Δ^9-THC เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) กัญชง

[1]ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Nonghan, Sansai, Chiangmai 50290

[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[2]Department of Chemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng San, Nakornpathom 73140

คำนำ

กัญชงเป็นพืชประเภทสารเสพติดที่ให้โทษออกฤทธิ์หลายอย่างต่อระบบประสาทส่วนกลาง เช่นเดียวกับกัญชา เช่น มีฤทธิ์กด กระตุ้น หรือหลอนประสาทร่วมกัน หรืออาจรวมทั้งกระตุ้นประสาท กดและหลอนประสาท สารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในกัญชงมีหลายชนิดแต่สารที่สำคัญที่สุดที่มีฤทธิ์ต่อสมอง และทำให้ร่างกาย อารมณ์ และจิตใจเปลี่ยนแปลงไป คือ สารเตตราไฮโดรแคนนาบินอล (tetrahydrocannabinol) หรือ THC สามารถพบได้ที่ใบและดอก แต่มีสะสมอยู่มากในส่วนของ ยอดช่อดอกกัญชงตัวเพศเมีย (pistillate flower) โดยสาร THC นี้จะพบได้ทั้งในกัญชงและกัญชา มี 2 isomer ได้แก่ 1) Δ^9-THC มีฤทธิ์ทางด้านจิตใจทำให้เกิดอารมณ์เคลิบเคลิ้มและเป็นสุขถ้าเสพโดยการสูบจะออกฤทธิ์แรงกว่ารับประทาน 2) Δ^8-THC ไม่มีฤทธิ์ต่อจิตใจจึงไม่จัดเป็นสารเสพติด สารทั้งสองนี้เป็นสารประกอบที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ต่างกันเนื่องจากตำแหน่งของอะตอมเป็น double bond คือ Δ^8-THC และ Δ^9-THC ซึ่งตามธรรมชาติจะผสมกันอยู่เปรียบเสมือนเป็นตัวเดียวกัน แต่ในความเป็นจริงแล้วสาร 2 ตัวนี้เป็นสารคนละตัวกัน มีสูตรโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกัน และยังพบสารอื่นๆ ในกลุ่ม cannabinoids ที่สำคัญได้แก่ cannabidiol (CBD), cannabinol (CBN) และ cannabichromene (CBC)

จากการวิเคราะห์หาสาร THC ที่ผ่านมานั้นไม่สามารถที่จะแยกสาร Δ^8-THC ออกจากสาร Δ^9-THC ได้ การวิเคราะห์ได้ข้อมูลที่พบแต่ peak ของ Δ^9-THC เนื่องจากว่าไม่สามารถแยกสารทั้งสองนี้ได้โดยมีการแทรกของ Δ^8-THC อยู่ การที่รายงานผลถึงปริมาณของสารเสพติดโดยอ้างเพียง Δ^9-THC ตัวเดียว การศึกษานี้จึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีวิเคราะห์เพื่อที่จะให้สามารถแยกสารสองตัวนี้ออกจากกันได้ ซึ่งจะทำให้ทราบปริมาณของสาร Δ^9-THC ที่เป็นสารมีฤทธิ์ทำให้เกิดการเสพติดให้ต่ำกว่า 0.3% ตามมาตรฐานของกฎหมายจึงจะสามารถนำมาเพาะปลูกและปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ได้ รวมถึงศึกษาสารอื่นๆ ในกลุ่ม cannabinoids ที่สำคัญ

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมืออุปกรณ์ และ สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างกัญชงพันธุ์ปางอุ๋ง, สองแคว, ปางแก, พบพระ, ปางตอง, แม่ตะละ, ห้วยหอย, ห้วยแล้ง และพันธุ์เวียดนาม, **Public library**: G1035A Wiley Library (Wiley7) และ National Institute of Standards and Technology, NIST NIST02 Mass Spectral Library, เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC/MS) Agilent; U.S. และเครื่องกลั่นระบบสุญญากาศ (Rotary vacuum Evaporator) Buchi/R-114; Switzerland และ methanol (CH_3OH) Merck; Germany

วิธีการทดลอง ทำการสกัดใบกัญชง โดยมีขั้นตอน

1. วิธีการสกัด นำใบกัญชงสดมาอบที่อุณหภูมิ 70ºC บดให้เป็นผงละเอียด ชั่งใบกัญชงที่อบ 5 g มาสกัดด้วย methanol (CH_3OH) 60 ml และเขย่าใช้ระยะเวลาในการสกัด 24 hr กรองเอาสารละลายที่ใช้ในการสกัดออกมาด้วยกระดาษกรอง จากนั้นขจัดน้ำออกด้วยการเติม sodium sulfate anhydrous (Na_2SO_4)

2. การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

นำสารละลายใบของกัญชงที่สกัดได้มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบ โดยเทคนิควิเคราะห์สารตัวอย่างและพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารเป็นการยืนยันโครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุลของสารโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)) ใช้วิธีอิเล็กตรอนอิมแพค (Electron Impact (EI) mode)

รายละเอียดและสภาวะการทำงานของเครื่องแก็สโครมาโตกราฟี

Mobile phase: Helium gas (1.0 ml/min), Column Capillary (HP-5MS) /30.0 m x 250 µm i.d.,0.25µm, Injector temperature 100 ºC, Detector temperature280 ºC / MS (EI), Oven temperature Program1 min isothermal at 100 ºC, then 10 ºC/min to 280 ºCปริมาณการฉีด1.0 µl เทคนิคการทำให้เกิดไอออน Electron Impact(EI), 70 eV

ผลการทดลอง

ผลการคำนวณหาปริมาณสาร THC ในกัญชงพันธุ์ต่างกันทั้ง 9 พันธุ์ พบว่า กัญชงพันธุ์ต่างกันมีปริมาณสาร THC ที่แตกต่างกัน มีปริมาณสารตั้งแต่ 0.3-2.73% THC ซึ่งสารสำคัญหลักที่เป็นสารเสพติดในกลุ่ม THC คือ Δ^9-THC โดยพันธุ์ที่มีปริมาณสาร THC มากที่สุดคือพันธุ์ปางตอง มีค่าเท่ากับ 2.73% THC รองลงมาคือพันธุ์สองแคว, พบพระ, แม่ตะละ, ห้วยหอย, ห้วยแล้ง, ปางอุ๋ง และปางแกมีค่าเท่ากับ 2.50, 1.94, 1.94, 1.03, 1.57, 1.03, และ0.6% THC ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่มีปริมาณสาร THC น้อยที่สุดคือพันธุ์เวียดนาม มีค่าเท่ากับ 0.3% THC

ผลการวิเคราะห์การแยกองค์ประกอบทางอินทรีย์เคมีในกัญชงทั้งหมด 9 พันธุ์ ได้แก่ ปางอุ๋ง, สองแคว, ปางแก, พบพระ, ปางตอง, แม่ตะละ, ห้วยหอย, ห้วยแล้ง และพันธุ์เวียดนาม ด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS) พบว่ากัญชงพันธุ์ต่างกันมีปริมาณสารในกลุ่ม THC ที่แตกต่างกัน โดยได้มาจากการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของสาร Δ^9-THC กับพื้นที่ใต้พีคสารทั้งหมดที่เครื่อง GC-MS สามารถตรวจพบทั้งหมดในกัญชงแต่ละพันธุ์ซึ่งพบว่ามีสาร Δ^9-THC มีค่าอยู่ในช่วง 6.520 – 59.377% ของพื้นที่ใต้พีค, พันธุ์เวียดนามมีสาร THC น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.520% ของพื้นที่ใต้พีค ส่วนพันธุ์ที่มีสาร THC มากที่สุดคือพันธุ์ปางตอง มีค่าเท่ากับ 59.377% ของพื้นที่ใต้พีค และ Figure 1 และนอกจากนั้นยังพบสารอื่นๆ ในกลุ่ม cannabinoids ที่สำคัญ ได้แก่ CBC, CBD และ CBN ซึ่งมีปริมาณสารที่แตกต่างกัน โดย CBD มีค่าอยู่ในช่วง 9.584 – 39.714% ของพื้นที่ใต้พีค, CBC มีค่าอยู่ในช่วง 1.055 – 2.8585% ของพื้นที่ใต้พีคและ CBN มีค่าอยู่ในช่วง 1.292 – 5.154% ของพื้นที่ใต้พีค ตามลำดับ (Figure 2) และยังสามารถแยกสาร Δ^8-THC กับ Δ^9-THC โดยใช้แมสสเปคตรัมในการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

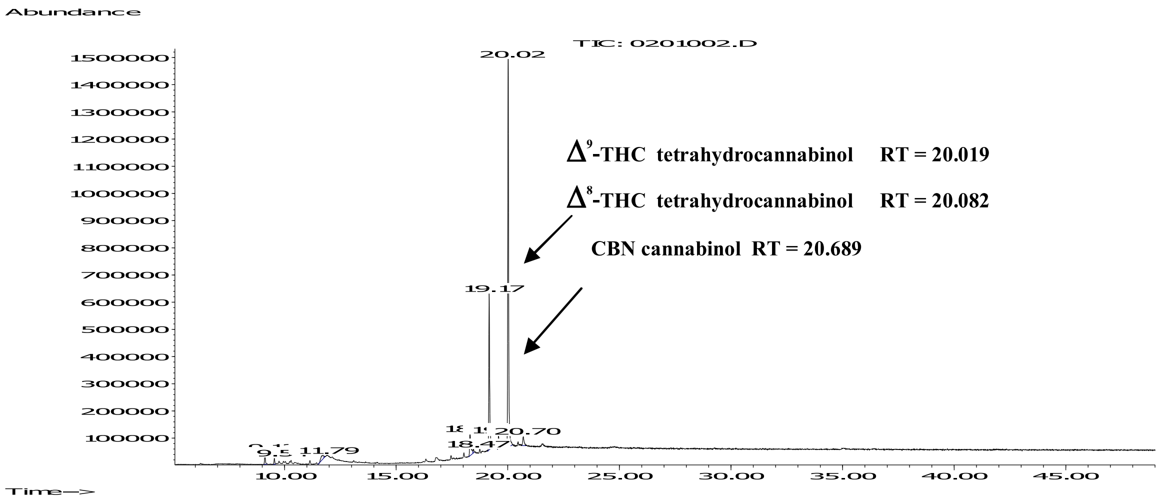


Figure 1 Chromatogram of THC in ‘Pang-Tong’ hemp identified by GC-MS.

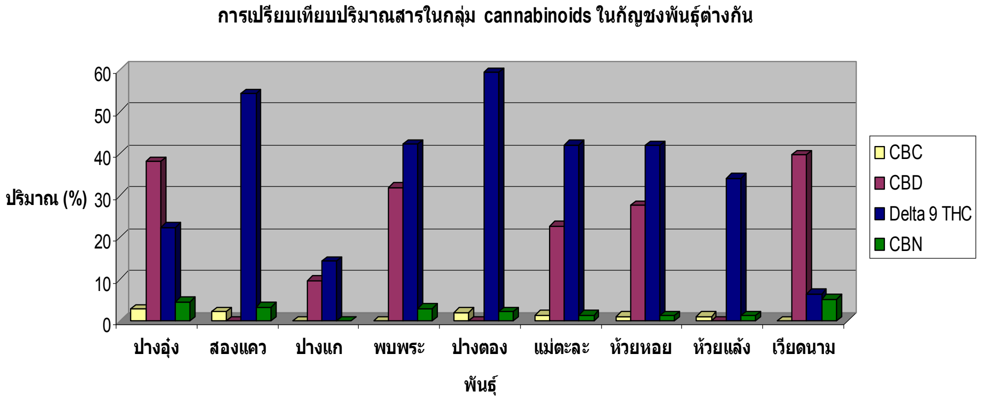


Figure 2 Cannabinoids contents from various cultivars of hemp.

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์หาสาร THC เคมีในกัญชงทั้ง 9 พันธุ์ ทำให้ทราบว่ากัญชงพันธุ์เวียดนามมีปริมาณสาร THC ต่ำที่สุด คือ 0.3% ซึ่งเป็นค่าที่ไม่สูงไปกว่าค่าที่กฎหมายกำหนด คือ 0.3% ข้อมูลจากการทดลองนี้จึงนำมาเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์กัญชงให้มีสาร THC ต่ำและส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ สิ่งทอ และสกัดน้ำมันในเมล็ดกัญชงได้ในอนาคต สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิตติ์ (2544)

สารเสพติดที่พบในกัญชงมีอยู่ 2 สารที่เป็น Isomer กัน คือ Δ^8-THC และ Δ^9-THC แต่สาร Δ^8-THC ที่พบ THC สามารถแยกได้โดยการแตกแมสสเปคโทรเมตรี ลักษณะของพีคที่เกิดยังมีการขึ้นซ้อนทับกันอยู่ เพราะสารเสพติดที่พบในกัญชงทั้ง 2 ชนิด เป็น isomer กัน แต่สามารถแยกและวิเคราะห์ผลด้วยการแตกตัวของแมสสเป็คตรัมที่เกิด และตรวจสอบโดยฐานข้อมูลของแมสสเป็คตรัม ซึ่งฐานข้อมูลที่ใช้คือ NIST และ Wiley7 โดยสาร THC มีสูตรโครงสร้างโมเลกุลเป็น $C_{21}H_{30}O_2$ มีน้ำหนักมวลโมเลกุลเท่ากับ 314.46 สอดคล้องกับรายงานของ Turner และ Mahlberg (1981)

การตรวจหาสาร THC ในกัญชงพันธุ์ต่างกันทั้ง 9 พันธุ์ จากผลโครมาโทแกรมในช่วงเวลารีเทนชัน 4.00 – 49.00 นาที สามารถตรวจพบสาร Δ^8-THC , Δ^9-THC และยังพบสารในกลุ่มของ CBD, CBN และ CBC ซึ่งสารทั้ง 5 ชนิดเป็น biosynthesis ของ THC สอดคล้องกับรายงานของ Hildebert และ Sabine, (1996) ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่มีความสำคัญใน cannabinoilds นอกจากนั้นยังพบกลุ่มของสารอื่นที่มีความใกล้เคียงกับ THC เช่น hexadecanoic acid, cannabispirenone A, cannabichromene, cannabivarin เป็นต้น สอดคล้องกับรายงานของสุทธิรักษ์ และคณะ (2552)

สารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในกัญชงมีหลายชนิด แต่สารที่สำคัญที่สุดที่มีฤทธิ์ต่อสมอง และทำให้ร่างกาย อารมณ์ และจิตใจเปลี่ยนแปลงไป คือสารในกลุ่ม THC มีสองชนิดที่เป็นสารออกฤทธิ์คือ Δ^9-THC และ CBD ส่วน Δ^8-THC ไม่มีฤทธิ์ต่อจิตใจจึงไม่จัดเป็นสารเสพติด ทำให้เกิดอารมณ์เคลิบเคลิ้ม CBN เป็นสารที่ได้จากการออกซิเดชันของ Δ^9-THC แต่ Δ^9-THC จัดเป็นสารประกอบส่วนใหญ่ในกัญชงที่ส่งผลกระทบต่อจิตและประสาทมากที่สุด โดยสารนี้มีลักษณะเป็นของเหลวคล้ายน้ำมัน ไม่ค่อยละลายน้ำ การเรียกชื่อสารเสพติดชนิดนี้โดยทั่วไปนิยมเรียกชื่อสั้นๆ ว่าสาร THC ซึ่งในกัญชงจะมีสารนี้อยู่ประมาณ 0.3% หรือมากกว่านี้ (ต่อน้ำหนักแห้ง) สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ (2544)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านห้องปฏิบัติการ และเครื่อง GC-MS

เอกสารอ้างอิง

สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิตติ์, 2544, รายงานการศึกษากัญชา-กัญชง, องค์การสวนพฤกษศาสตร์ สำนักนายกรัฐมนตรี, 35 หน้า.

สุทธิรักษ์ ผลเจริญ เศรษฐา ศิริพินทุ์ ดนุวัต เพ็งอ้น และ วีรชัย พุทธวงศ์, 2552, การวิเคราะห์สาร Δ^8-tetrahydrocannabinol (Δ^8-THC) และ Δ^9-tetrahydrocannabinol (Δ^9-THC) ในกัญชง โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC/MS), รายงานสัมมนาวิชาการ บัณฑิตศึกษาเกษตรศาสตร์ ครั้งที่6, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 11.

สุทธิรักษ์ ผลเจริญ, เศรษฐา ศิริพินทุ์, ดนุวัต เพ็งอ้น และ วีรชัย พุทธวงศ์, 2552, การวิเคราะห์สารเสพติด Δ^9-tetrahydrocannabinol (Δ^9-THC) ในกัญชงพันธุ์ต่างกัน โดยเทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC/MS), รายงานการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 13 ณ. อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่, หน้า 14.

Chadi, A., 2006, Development and Validation of the Quantitation of Δ^9-tetrahydrocannabinol in Human Plasma by High Performance Liquid Chromatography After Solid-phase Extraction, Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 41(3): 1011-1016.

Hildebert, W. and Sabine, B., 1996, Plant Drug Analysis: a Thin Layer Chromatography Atlas, 2nd ed, 384p.

Turner, J.C., Mahlberg, P.G., 1981, Interrelationships of Glandular Trichomes and Cannabinoid Content II. Developing Vegetative Leaves of *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae), Bullettin on Narcotics, 3: 63-71.

การระบุสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองฝักสด โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC)
Identification of Isoflavone in Vegetable Soybean by High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

มัลลิกา จินดาซิงห์[1] เศรษฐา ศิริพินทุ์[1] ดนุวัต เพ็งอ้น[1] และวีรชัย พุทธวงศ์[2]
Manlika, J.[1], Settha, S.[1], Danuwat, P.[1] and Weerachai, P.[2]

Abstract

High performance liquid chromatography (HPLC) was used to identify isoflavone groups in vegetable soybean. Isoflavones content in 18 naturallly grown vegetable soybean cultivars were determined. The results, different vegetable soybean cultivars were not only showed the different levels of the total isoflavones in the seed at 99% significant (p > 0.01), the amount of total isoflavones range 33.670-180.283 mg/100 g. seed dry weight, No.11 had perfomed the highest content 180.283 mg/100 g. seed dry weight, follow by No.2, 10, 1 and 18, were also significant 167.293, 148.766, 148.701 and 143.614 mg/100g respectively, and detected the other types isoflavones, such as: puerarin, daidzein, glycitein and genistein.

Keywords: isoflavones, High Performance Liquid Chromatography (HPLC), vegetable soybean

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณของสารในกลุ่มไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองฝักสด 18 พันธุ์ ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) พบว่า ถั่วเหลืองฝักสดแต่ละพันธุ์มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 0.01 โดยมีปริมาณสารไอโซฟลาโวนทั้งหมดตั้งแต่ 33.670-180.283 mg/100g น้ำหนักเมล็ดแห้ง พันธุ์ที่มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนมากที่สุด คือ พันธุ์หมายเลข 11 มีค่าเท่ากับ 180.283 mg/100g น้ำหนักเมล็ดแห้ง รองลงมา ได้แก่ พันธุ์หมายเลข 2, 10, 1 และ 18 มีค่าเท่ากับ 167.293, 148.766, 148.701 และ 143.614 mg/100g น้ำหนักเมล็ดแห้ง ตามลำดับ ส่วนสารชนิดอื่นในกลุ่มไอโซฟลาโวนที่พบ คือ พูเออราริน (puerarin), ดาอิเซอิน (daidzein), กลัยซิเตอิน (glycitein) และเจนิสเตอิน (genistein)

คำสำคัญ: ไอโซฟลาโวน เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ถั่วเหลืองฝักสด

คำนำ

ถั่วเหลืองฝักสดเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น วิตามิน เอ บี ซี และเกลือแร่ที่ร่างกายต้องการปริมาณสูงรวมทั้งสารไอโซฟลาโวนซึ่งเป็นรูปหนึ่งของฮอร์โมนในพืชที่มีชื่อว่า ไฟโตเอสโตรเจน มีฤทธิ์ลดการสร้างอนุมูลอิสระและช่วยต้านมะเร็ง เนื่องจากไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับฮอร์โมนเอสโตรเจน (Jing และ Zhang, 2006) ดังนั้นสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองฝักสดจึงสามารถทดแทนเอสโตรเจนในร่างกายได้ และจำเป็นอย่างยิ่งในวัยหญิงหมดประจำเดือน

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุชนิดของสารไอโซฟลาโวน และหาปริมาณของสารไอโซฟลาโวนในกลุ่มของสารพูเออราริน เจนิสเตอิน กลัยซิเตอิน ดาอิดเซอินรวมถึงปริมาณสารไอโซฟลาโวนทั้งหมดในถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ต่างกันเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดสูง โดยใช้เทคนิควิเคราะห์จากเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

[1]ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[1]Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Nonghan, Sansai, Chiangmai 50290
[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
[2]Department of Chemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng San, Nakornpathom 73140

อุปกรณ์และวิธีการ

สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาร Isoflavones

เมทานอล analytical grade (Merck, USA) สารมาตรฐาน: พูเออราริน ดาอิดเซอิน กลัยซิเตอิน และ เจนิสเตอิน (Sigma, USA) soxhlet (Foss Soxtec™ 2043 Based on Tecator™ Technology) เครื่อง HPLC (Agilent Hewlett Packard 1100 HPLC Pump) และ HPLC column C_{18} (Agilent Hypersil ODS 5 µm,250 mm×4.0 mm, USA)

การวิเคราะห์สาร Isoflavones โดยใช้ Soxhlet

นำเมล็ดถั่วเหลืองฝักสดมาแกะเปลือก บดให้ละเอียดด้วยโกร่งนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 °C ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมเมทานอลลงในถ้วยของชุดวิเคราะห์ Foss SoxtecTH 2043 Bass on Te cator™ Technology 50 ml boiling ที่ 120°C 30 นาที rinsing ที่ 120°C 30 นาที recovery 120°C 10 นาที และ dry 120°C 10 นาที ละลาย final solvent 50 ml กรองสารสกัดได้ด้วย filter micromembran 0.45 µm และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

รายละเอียดและสภาวะการทำงานของเครื่อง HPLC

Agilent Hewlett Packard 1100 Series HPLC system ความยาวคอลัมน์ 250 mm×4.0 mm การตรวจวัดอุลตร้าไวโอเลต 260 nm และอุณหภูมิคอลัมน์ 20°C คอลัมน์ C_{18} เฟสคงที่ Agilent Hypersil ODS 5 µm, 250×4.0 mm และใช้เฟสเคลื่อนที่สัดส่วนระหว่างเมทานอล 50 : น้ำ 50, อัตราการไหล 0.4 ml/นาที, ขนาดอนุภาค 3 µl

ผลการทดลอง

การระบุชนิดของกลุ่มสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองฝักสด โดยเทคนิควิเคราะห์จากเครื่อง HPLC พบว่า จากพีคโครมาโตแกรมสามารถระบุและแยกชนิดของสารทั้ง 4 กลุ่มได้ ดังนี้ กลุ่มของพูเออราริน ดาอิดเซอิน กลัยซิเตอิน เจนิสเตอิน โดยมีช่วง retention time อยู่ที่ 5.550-5.681, 16.847-17.062, 17.928-18.148 และ 25.647-26.067 นาที ตามลำดับ (Figure 1)

ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟของเหลวสมรรถนะสูง HPLC ในถั่วเหลืองฝักสด 18 พันธุ์ พบว่า มี 5 พันธุ์ที่มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนในกลุ่มพูเออรารินสูงตามลำดับดังนี้ พันธุ์หมายเลข 11, 18, 10, 1 และ 2 พันธุ์ที่มีปริมาณสารกลุ่มดาอิดเซอินสูง 5 พันธุ์ตามลำดับดังนี้ พันธุ์หมายเลข 2, 9, 6, 1 และ 10 พันธุ์ที่มีปริมาณสารกลุ่มกลัยซิเตอินสูง 5 พันธุ์ตามลำดับดังนี้ พันธุ์หมายเลข 17, 18, 9, 2 และ 15 ส่วนพันธุ์ที่มีปริมาณสารกลุ่มเจนิสเตอินสูง 5 พันธุ์ตามลำดับดังนี้ พันธุ์หมายเลข 9, 2, 10, 1 และ 18 ดัง Table 3 แต่พันธุ์ที่มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนทั้ง 4 กลุ่มสูงมี 5 พันธุ์ตามลำดับดังนี้ พันธุ์หมายเลข 11, 2, 10, 1 และ 18 (Figure 2 และ Table 1)

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การระบุชนิดของสารไอโซฟลาโวนและหาปริมาณของสารไอโซฟลาโวนในกลุ่มของพูเออราริน ดาอิดเซอิน กลัยซิเซอิน เจนิสเตอิน รวมถึงปริมาณสารไอโซฟลาโวนทั้งหมดในถั่วเหลืองทั้ง 18 พันธุ์ในถั่วเหลืองฝักสดยังไม่มีรายงานมาก่อน และครั้งนี้เป็นครั้งแรกในประเทศไทยและนานาชาติที่ได้มีการค้นพบสารพูเออรารินในถั่วเหลืองฝักสด เพราะยังไม่มีรายงานใดที่สามารถตรวจพบและวัดปริมาณสารพูเออรารินมาก่อนและในการศึกษานี้ยังพบว่า ปริมาณสารพูเออรารินที่พบในถั่วเหลืองฝักสดนั้นมีปริมาณมากกว่าสารพูเออรารินมากกว่าที่พบในกวาวเครือดังรายงานของ Yu และคณะ (2002)

การวิเคราะห์หาปริมาณพูเออราริน ดาอิดเซอิน กลัยซิเตอิน และเจนิสเตอิน ในเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด 18 พันธุ์ HPLC เป็นเทคนิคที่ใช้เวลาในการวิเคราะห์ไม่นาน ใช้ปริมาณสารน้อย และวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณได้อย่างถูกต้องแม่นยำ รวดเร็ว ไม่ยุ่งยาก และสารที่ศึกษาเป็นสารที่ระเหยได้ยากการแยกองค์ประกอบต่างๆ ออกจากกันได้ต้องอาศัยกลไกการแยกภายในคอลัมน์ และเลือกใช้ตัวตรวจวัดชนิดอุลตร้าไวโอเลต สอดคล้องกับรายงานของ Li และคณะ (2007) ดังนั้น HPLC จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สามารถตรวจวัดปริมาณและชนิดของสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองฝักสดในกลุ่มของพูเออราริน ดาอิดเซอิน กลัยซิเตอิน และเจนิสเตอิน ดังรายงานผลการวิจัยของมัลลิกา และคณะ (2552ก และ ข)

ถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์ มี 5 พันธุ์ที่มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงและเหมาะที่จะนำมาใช้ในโครงการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ต่อไป เพื่อให้มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดสูงขึ้น ซึ่งได้แก่ พันธุ์หมายเลข 11, 2, 10, 1 และ18 ผลจากการที่ถั่วเหลืองฝักสดแต่ละพันธุ์มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนต่างกัน เป็นเพราะปริมาณสารไอโซ ฟลาโวนเป็นลักษณะทางปริมาณ ซึ่ง

ถูกควบคุมด้วยยีนหรือพันธุกรรมจำนวนหลายคู่ และยังขึ้นอยู่กับอิทธิพลของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม สอดคล้องกับรายงานของ Eldridge และ Kwolek (1983)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

มัลลิกา จินดาซิงห์ เศรษฐา ศิริพินทุ์ ดนุวัต เพ็งอ้น และวีรชัย พุทธวงศ์, 2552ก, การวิเคราะห์หาปริมาณสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ต่างกัน, รายงานสัมมนาวิชาการ บัณฑิตศึกษาเกษตรศาสตร์ครั้งที่6 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, น.19.

มัลลิกา จินดาซิงห์ เศรษฐา ศิริพินทุ์ ดนุวัต เพ็งอ้น และวีรชัย พุทธวงศ์, 2552ข, การใช้สารสกัดที่แตกต่างกันเพื่อหาปริมาณและชนิดสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ต่างกัน, รายงานสัมมนาวิชาการ บัณฑิตศึกษาครั้งที่13 มหาวิทยาลัยนอร์ทเชียงใหม่, น.15.

Eldridge, A.C. and Kwolek, W.F. 1983, Soybean Isoflavones: Effect of Environment and Variety on Composition, Journal of Agriculture and Food Chemistry, 31(2): 394–396.

Jing, L.G. and ZHANG, Y.Z., 2006, Determination of Soybean Isoflavones Extracted from Soybean by HPLC, Journal of US-China Medical Science, 26(3): 629-632.

Li, J.M., Hung, M.H. and Wang, Z.L., 2007, Determination of Active Components in Extraction of Black Soybean with Method Using HPLC, Food Research and Development, 28(5): 108-110.

Yu, B.S., Yan, X.P., Zhen, G.B. and Rao, Y.P., 2002, RP-HPLC Determination of Puerarin in Chinese Traditional Medicinal Preparations Containing Pueraria, Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 30: 843-849.

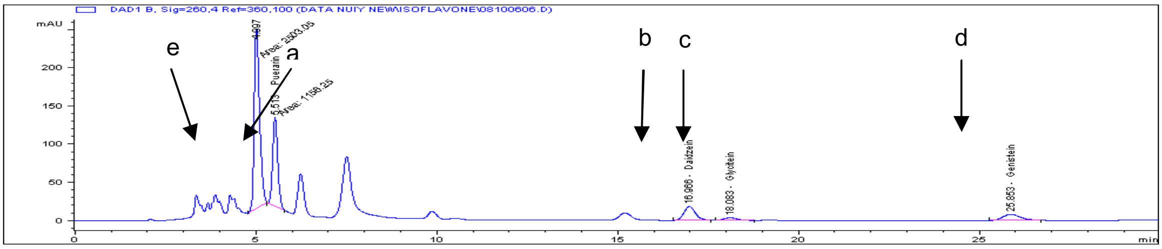


Figure 1 Chromatogram of isoflavone a) puerarin, b) daidzein, c) glycitein d) genistein and e) methanol (mobile phase)

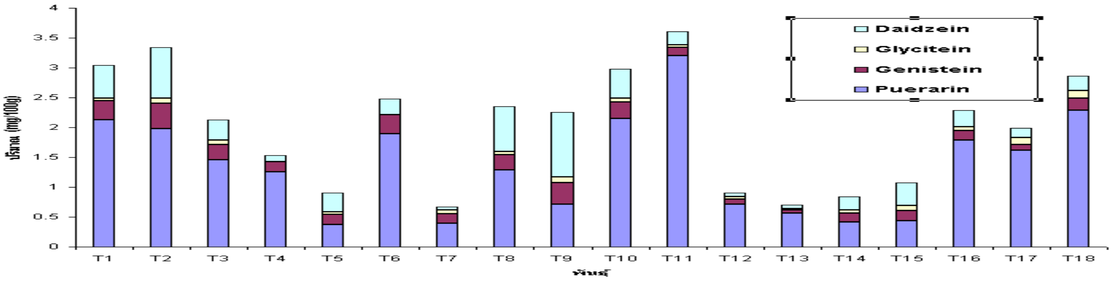


Figure 2 Puerarin, daidzein, glycitein, and genistein (mg/100g) in fresh soybean 18 cultivars.

Table 1 Puerarin, daidzein, glycitein, genistein, and total isoflavones contents in fresh soybean 18 cultivars.

Soybean	Isoflavones contents (mg/100g)				
cultivars (No.)	Puerarin	Daidzein	Glycitein	Genistein	Total isoflavones
1	102.553 ^{c}	16.067 ^{d}	2.320 ^{j}	27.761 ^{d}	148.701 ^{c}
2	98.933 ^{d}	21.304 ^{a}	4.452 ^{c}	42.604 ^{b}	167.293 ^{b}
3	72.814 ^{h}	12.891 ^{f}	3.555 ^{e}	17.240 ^{f}	106.500 ^{h}
4	62.936 ^{i}	8.317 ^{i}	-	5.236 ^{m}	76.489 ^{j}
5	18.565 ^{m}	8.375 ^{i}	2.418 ^{i}	15.651 ^{h}	45.009 ^{kl}
6	94.502 ^{e}	16.609 ^{c}	-	13.359 ^{i}	124.470 ^{f}
7	19.844 ^{lm}	7.916 ^{j}	3.325 ^{f}	2.585 ^{o}	33.670 ^{m}
8	64.456 ^{i}	12.770 ^{f}	2.891 ^{g}	37.658 ^{c}	117.775 ^{fg}
9	53.528 ^{j}	18.525 ^{b}	4.560 ^{b}	54.062 ^{a}	130.675 ^{e}
10	107.568 ^{c}	13.502 ^{e}	3.500 ^{e}	24.196 ^{e}	148.766 ^{cd}
11	160.125 ^{a}	7.044 ^{l}	2.229 ^{k}	10.885 ^{k}	180.283 ^{a}
12	35.395 ^{j}	4.733 ^{m}	1.724 ^{l}	3.659 ^{n}	45.511 ^{kl}
13	28.214 ^{k}	2.939 ^{n}	1.208 ^{m}	2.190 ^{o}	34.551 ^{m}
14	20.093 ^{l}	7.451 ^{k}	2.608 ^{h}	10.840 ^{k}	40.992 ^{l}
15	21.943 ^{l}	8.660 ^{h}	3.902 ^{d}	16.419 ^{g}	50.924 ^{k}
16	89.428 ^{f}	7.822 ^{j}	3.528 ^{e}	13.866 ^{i}	114.644 ^{gh}
17	80.999 ^{g}	4.678 ^{m}	6.159 ^{a}	7.610 ^{l}	99.446 ^{i}
18	114.767 ^{b}	10.083 ^{g}	6.154 ^{a}	12.610 ^{j}	143.614 ^{d}
ค่าเฉลี่ย	69.259	10.538	3.030	17.691	100.517
ช่วงของค่าเฉลี่ย	18.565-160.125	2.939-21.304	1.208-6.159	2.190-54.062	33.670-180.283
C.V. (%)	1.372	0.797	1.037	1.429	2.864
DMRT $_{0.01}$	4.014 **	3.584 **	1.332 **	1.080 **	6.171 **

Remark: Means follow by common letters within each column were not significantly different at 0.01 by DMRT, ** significant at 0.05 0.01 level

ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) และตะไคร้ (*Cymbopogon citratus* L.) ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus niger* ในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและ *Alternaria brassicicola* ในเมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวปลี

Efficacy of Crude Extracted of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and Lemon Grass (*Cymbopogon citratus* L.) on the Growth of *Aspergillus niger* in Corn and *Alternaria brassicicola* in Chinese Mustard Seeds

สร้อยสุดา อุตระกูล[1] ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1] นวลจันทร์ ภูคลัง[1] เดือนเต็ม ลอยมา[1] ชณิตรา โพธิคเวษฐ์[1] และ ประภาพร สีใส[2]

Utrakool. S.[1], Photchanachai, S.[1], Phuklung, N.[1], Loyma. D.[1], Pothikaweth. Ch.[1] and Srisai, P.[2]

Abstract

Antifungal effect of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and lemon grass (*Cymbopogon citratus* L.) crude extracted using 95% alcohol on mycelial growth and spore germination of *Aspergillus niger* in corn and *Alternaria brassicicola* in green mustard seeds was tested by agar dilution method at 0, 5,000 and 10,000 ppm. The result shows that crude extracted of ginger has higher inhibitory effect on mycelial growth of *A. niger* and *A. brassicicola* compared to lemon grass during incubation for 4 days. The ginger crude extracted completely inhibit 100% spore germination of *A. niger* and *A. brassicicola* for 8 h. The crude extracted of lemon grass at 10,000 ppm shows the inhibition effect against spore germination of *A. brassicicola* and *A. niger* at 47.00 and 30.33%, respectively, for 8 h of tested experiment.

Keywords: ginger, lemon grass, *Aspergillus niger*, *Alternaria brassicicola*

บทคัดย่อ

สารสกัดหยาบจากขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) และตะไคร้ (*Cymbopogon citratus* L.) ด้วยแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตเชื้อรา *Aspergillus niger* และ *Alternaria brassicicola* โดยวิธี agar dilution method ที่ความเข้มข้น 0, 5,000 และ 10,000 ppm พบว่า สารสกัดจากขิงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยได้ดีกว่าสารสกัดจากตะไคร้ ในระหว่างการบ่มเชื้อเป็นเวลา 4 วัน ส่วนการยับยั้งการงอกของสปอร์พบว่าสารสกัดจากขิง สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *A. niger* และ *A. brassicicola* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ในขณะที่สารสกัดจากตะไคร้ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกสปอร์ของเชื้อรา *A. brassicicola* และ *A. niger* ในชั่วโมงที่ 8 ได้ 47.00 และ 30.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ขิง ตะไคร้ *Aspergillus niger Alternaria brassicicola*

คำนำ

สภาพอากาศร้อนและความชื้นสูงของประเทศไทยเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของเชื้อราได้ง่ายและรวดเร็ว ประกอบกับเชื้อรามีความทนทานและสามารถอยู่รอดข้ามฤดูได้ ทำให้สามารถเข้าทำลายเมล็ดและพืชได้ทุกระยะการเจริญ สำหรับการเข้าทำลายเมล็ดจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเมล็ดมีความชื้นสูงและเกิดบาดแผลซึ่งทำให้ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา นอกจากนี้สปอร์ของเชื้อราสามารถแพร่กระจายไปได้ในอากาศ น้ำ ติดไปกับแมลง ปนเปื้อนในดิน เศษซากพืช ซึ่งผลิตผลทางการเกษตรหลายชนิด เช่น ถั่วลิสง เครื่องเทศ เมล็ดธัญพืช และเมล็ดพันธุ์พืช มักพบกับปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยเฉพาะเชื้อราสกุล *Aspergillus* spp. เช่น *A. niger* และ *A. flavus* เป็นเชื้อราที่พบมากในโรงเก็บ และ

---

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8 Thien-thalay Rd., Tha-knam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

[2]โรงเรียนพรเจริญวิทยา ตำบลพรเจริญ อำเภอพรเจริญ จังหวัดหนองคาย 43180

[2]Porncharoen Wittaya School, Porncharoen Tambon, Porncharoen District, Nong Khai, Thailand 43180

เข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ในโรงเก็บ ทำให้ต้นกล้าพืชเป็นโรคและเน่าตายเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะปลูก นอกจากนี้ยังมีเชื้อราในกลุ่ม seed borne pathogen ที่เข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ ต้นกล้าและทุกระยะการเจริญเติบโตของพืช สำหรับผักกาดเขียวปลีซึ่งเป็นพืชผักเศษฐกิจชนิดหนึ่งมีเชื้อรา *Alternaria brassicicola* ปนเปื้อนไปกับเมล็ดและเป็นสาเหตุของโรคใบจุด (อนงค์นาถและสมบัติ, 2548) ทำให้ผักกาดเขียวปลีเกิดอาการใบไหม้ มีจุดสีดำ และเกิดการตายของเนื้อเยื่อระหว่างเส้นใบ ทำให้ใบแห้งตาย (พรหมมาศ, 2552) จากปัญหาดังกล่าวจึงมีการศึกษาหาวิธีการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. niger* และ *A. brassicicola* เพื่อลดการสูญเสียความงอกของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษา (วันชัย, 2542) ด้วยสารสกัดที่ได้จากพืชสมุนไพรหลายชนิด เช่นสารสกัดจากขิงซึ่งมีสารออกฤทธิ์คือ zingiberene และสารออกฤทธิ์ของสารสกัดจากตะไคร้คือ citral เป็นต้น ซึ่งมีรายงานว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้หลายชนิด (อรัญญา และ จีรเดช, 2548) แต่ยังไม่มีรายงานการวิจัยในการควบคุมเชื้อราทั้ง 2 ชนิดนี้ นอกจากนี้การใช้สารสกัดจากธรรมชาติยังเป็นการทดแทนการใช้สารเคมีซึ่งสารเคมีบางชนิดเป็นพิษต่อพืชและตกค้างในสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบขิงและตะไคร้ ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. niger* ที่ปนเปื้อนในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน และ *A. brassicicol* ที่เป็น seed borne pathogen ในผักกาดเขียวปลีและผลต่อการงอกของเมล็ดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมเชื้อราที่เกิดในเมล็ดพันธุ์ชนิดอื่นๆ ต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการ

นำขิงและตะไคร้มาล้างทำความสะอาด หั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วนำมาสกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบที่ได้ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยและสปอร์ของเชื้อรา *A. niger* และ *A. brassicicola* ด้วยวิธี agar dilution method ที่ความเข้มข้น 0 5,000 และ 10,000 ppm นำเชื้อรา *A. niger* และ *A. brassicicola* มาเลี้ยงบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) นานประมาณ 4 วัน เตรียม spore suspension ของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดนี้ให้มีความเข้มข้นประมาณ 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตรวจดูการงอกของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์หลังการเกลี่ยสปอร์แล้ว เป็นเวลา 8 ชั่วโมง รายงานผลโดยวัดความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (ซม.) และเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ คำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{การงอกของสปอร์ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนสปอร์ที่งอก}}{\text{จำนวนสปอร์ทั้งหมด}} \times 100$$

และนำสารสกัดหยาบจากขิงที่มีความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm และตะไคร้ที่มีความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm ทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดและผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและผักกาดเขียวปลี วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สารสกัดหยาบจากขิงและตะไคร้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยและการงอกของสปอร์เชื้อราเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น โดยสารสกัดหยาบจากตะไคร้ที่ความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm ทำให้การเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *A. niger* ลดลง ซึ่งสังเกตได้จากความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีที่วัดได้เพียง 3.93 และ 3.40 ซม. (Figure 1 A) และ *A. brassicicola* มีค่าเท่ากับ 2.85 และ 1.17 ซม. (Figure 1 B) ตามลำดับ ส่วนสารสกัดหยาบจากขิงที่ความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm ทำให้ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *A.niger* เท่ากับ 1.65 และ 1.03 ส่วนเชื้อรา *A. brassicicola* เท่ากับ 1.13 และ 0.80 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีของเชื้อรา *A. niger* และ *A. brassicicola* เท่ากับ 3.85 และ 3.03 ซม. ในวันที่ 4 ของการบ่มเชื้อ (Figure 1 A และ B) ส่วนการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *A. niger* และ *A. brassicicola* นั้นพบว่าสารสกัดหยาบจากขิงที่ความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมงหลังจากบ่มสปอร์ ในขณะที่สารสกัดหยาบจากตะไคร้ที่ความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *A. niger* ได้เพียง 24.33 และ 30.33 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อรา *A. brassicicola* เท่ากับ 44.00 และ 36.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในชั่วโมงที่ 8 หลังการบ่มสปอร์ (Figure 2) จากการทดลองพบว่าสารสกัดหยาบจากขิงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยและการงอกของสปอร์เชื้อราทั้ง 2 ชนิดได้มากกว่าสารสกัดหยาบจากตะไคร้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารออกฤทธิ์ในสารสกัดหยาบของขิง

ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบในกลุ่มฟีนอลลิกซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่นั้นมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาโดยเฉพาะบริเวณ active site ของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างผนังเซลล์ของเส้นใยเชื้อรา ในขณะที่สารออกฤทธิ์ในสารสกัดหยาบของตะไคร้ส่วนมากเป็นสารในกลุ่มเทอร์ปีน การที่ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากขิงและตะไคร้มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิด ได้แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากขิงและตะไคร้มีสารสำคัญไม่เหมือนกันและมีปริมาณที่แตกต่างกัน (วันดี, 2537) นอกจากนี้สารสกัดหยาบจากขิงสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราทั้ง 2 ชนิดได้ อาจเนื่องมาจากสารออกฤทธิ์ต่างๆ ในสารสกัดหยาบทำให้เซลล์เมมเบรนเสียสภาพและทำให้ลักษณะสัณฐานของสปอร์เชื้อรานั้นเปลี่ยนแปลงไปจากสปอร์ปกติ อีกทั้งยังอาจจะเป็นสาเหตุให้เซลล์เมมเบรนสูญเสียความสามารถในการเลือกผ่านของสารเข้าออกเซลล์อีกด้วย (Piper และคณะ, 2001) สารสกัดหยาบจากขิงที่ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. niger* บนเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานได้มากที่สุด 79.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากขิงที่ความเข้มข้น 5,000 ppm ได้เท่ากับ 75.00 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชม. ส่วนสารสกัดหยาบจากตะไคร้ที่ความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm ไม่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. brassicicola* บนเมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวปลีได้นาน 96 ชม. (Table1) อาจเนื่องมาจากการบ่มเมล็ดภายหลังการคลุกสารสกัดแล้วสั้นเกินไปจึงทำให้สารสกัดหยาบจากขิงและตะไตร้ไม่สามารถออกฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดได้ ดังนั้นจึงอาจจะต้องบ่มเมล็ดพันธุ์ที่คลุกสารสกัดนานกว่าเดิม อาจจะทำให้สังเกตความแตกต่างได้ อีกทั้งปริมาณของสารสกัดอาจจะมีน้อยเกินไปเพราะการใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ในการสกัดซึ่งอาจจะทำให้ได้สารออกฤทธิ์ต่อเชื้อราทั้ง 2 ชนิดไม่ดีพอ เช่นงานวิจัยของ พัฒทราและคณะ (2548) พบว่าสารสกัดหยาบจากว่านน้ำด้วยไดคลอโรมีเทนมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *A. brassicicola* ได้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่การสกัดด้วยเมทานอลไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราชนิดนี้ อย่างไรก็ตามพบว่าสารสกัดหยาบจากขิงและตะไคร้ไม่มีผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและผักกาดเขียวปลี (Table1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mishra และ Dubey (1994) ที่พบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้เป็นสารกำจัดเชื้อราและไม่มีผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวและข้าวสาลี

สรุปผล

สารสกัดหยาบจากขิงที่ความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *A. niger* และ *A. brassicicola* นอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ได้ดีกว่าสารสกัดหยาบจากตะไคร้ เมื่อบ่มเป็นเวลา 4 วัน ส่วนสารสกัดหยาบจากขิงสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *A. niger* และ *A. brassicicola* ได้อย่างสมบูรณ์ นาน 8 ชั่วโมง ในขณะที่สารสกัดหยาบจากตะไคร้สามารถยับยั้งการงอกสปอร์ทั้ง 2 ชนิดได้เพียงเล็กน้อย สารสกัดหยาบจากขิงที่ความเข้มข้น 10,000 ppm มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. niger* บนเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ส่วนสารสกัดหยาบจากตะไคร้ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมการงอกสปอร์ของเชื้อรา *A. brassicicola* บนผักกาดเขียวปลี แต่สารสกัดหยาบจากพืชทั้ง 2 ชนิด ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานและผักกาดเขียวปลี

เอกสารอ้างอิง

พัฒทรา สวัสดี นงนุช เครือสนิท อุดม ก๊กผล และวรินทร ชวศิริ, 2548, สารสกัดสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราก่อโรคพืช

พรหมมาศ คูหากาญจน์, โรคใบจุด [สืบค้น],www.higreenfarm.com [29 สิงหาคม 2552]

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2542, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 160-163.

วันดี กฤษนพันธ์, 2537, สมุนไพรน่ารู้, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,. กรุงเทพฯ, 267 หน้า.

อนงค์นาถ แต่เชื้อสาย และสมบัติ ศรีชูวงศ์, 2548, ประสิทธิภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ที่แยกได้ จากเมล็ดกะหล่ำปลีในการควบคุมโรคใบจุดของต้นกล้ากะหล่ำปลี, วารสารเกษตร, 21(2): 127-136.

อรัญญา มโนสร้อย และ จีรเดช มโนสร้อย, 2548, น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากสมุนไพรไทย, การใช้ทางยาและเครื่องสำอาง, โรงพิมพ์ครองช่าง, เชียงใหม่, 327 หน้า.

Mishra, A.K. and Dubey, N.K., 1994, Evaluation of Some Essential Oils for Their Toxicity Against Fungi Causing Deterioration of Stored Food Commodities, Applied and Environmental Microbiology, 60(4): 1101-1105.

Piper, P., Calderon, C.O., Hatzixanthis, K. and Mollapour, M., 2001, Weak Acid Adaptation: The Stress Response That Confers Yeasts with Resistance to Organic Acid Food Preservatives, Microbiology, 147: 2635–2642.

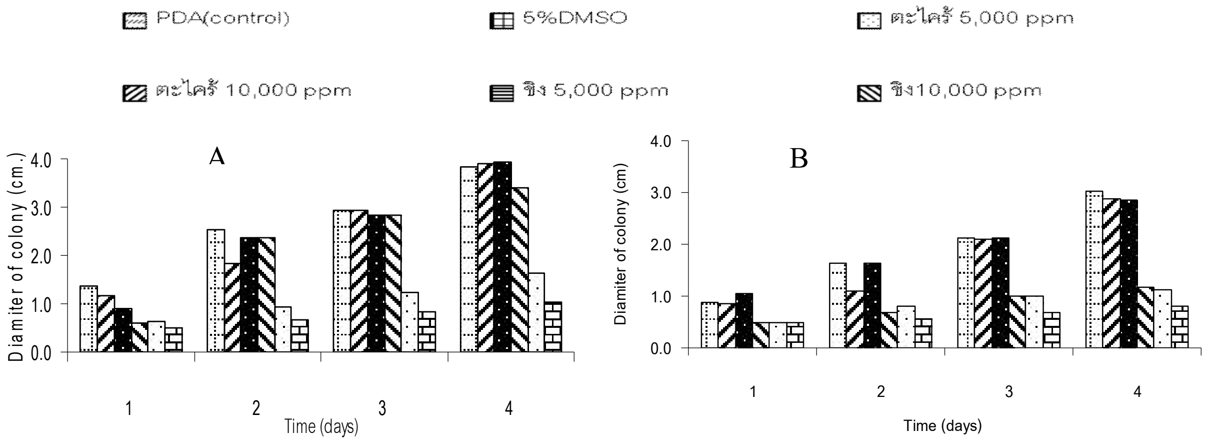


Figure 1 Effect of crude extracted of ginger and lemon grass using 95% ethanol on mycelial growth of *A. niger* (A) and *A. brassicicola* (B) on PDA agar at 0 5,000 and 10,000 ppm for 4 days.

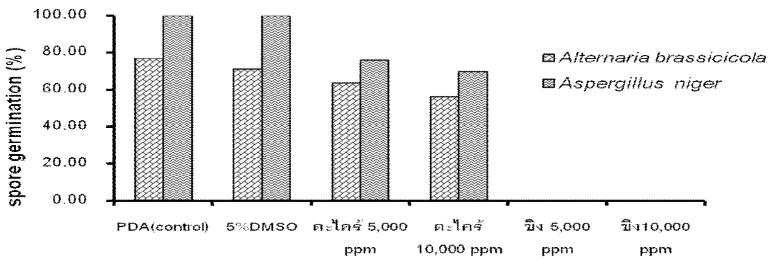


Figure 2 Effect of crude extract of ginger and lemon grass on spore germination of *A. niger* and *A. brassicicola* for 8 h.

Table 1 Effect of ginger and lemon grass extracted on *A. niger* on sweet corn seed and *A. brassicicola* on Chinese mustard seed.

Treatments	*A. niger*		*A. brassicicola*	
	Seed infection (%) for 24 h.	Seed germination (%)	Seed infection (%) for 96 h.	Seed germination (%)
Control	16.00[e]	95.33[a]	6.67[c]	82.00
Distill water	43.00[a]	95.33[a]	17.67[a]	75.33
0.5% DMSO	27.67[bc]	95.33[a]	15.00[ab]	71.33
ginger 5,000 ppm	25.00[cd]	86.67[a]	16.00[a]	73.33
ginger 10,000 ppm	20.33[de]	90.67[ab]	10.33[bc]	74.67
Lemon grass 10,000 ppm	31.00[b]	96.67[a]	12.33[ab]	77.67
F-test	**	*	**	ns
C.V. (%)	9.82	3.71	22.78	5.28

Means in the column followed by the same letter are not significantly by Duncan's New Multiple Range Test at $P \leq 0.05$

อิทธิพลของปุ๋ยต่อคุณภาพการผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 คุณภาพสูง

Influence of Fertilizer on High Quality of Rice Production cv. Khao Dawk Mali 105

พักตร์ทิพา เดชพละ[1] ศุภรัตน์ จิตต์จำนง[1] และ เกรียงศักดิ์ บุญเที่ยง[1]

Detphala, P.[1] , Chitchamnong, S.[1] and Bunteang, K.[1]

Abstract

Influence of fertilizer on high quality of the rice production, Khao Dawk Mali 105 rice were investigated. We analyzed the growth, yield and chemical properties of rice treated by different fertilizer. The experiment was arranged in completely randomized design with 4 replications. The treatment consisted of 1) 16-16-8 fertilizer at 25 kg/rai 2) green manure at 2,500 kg/rai + chicken manure at 100 and 50 kg/rai 3) green manure at 2,500 kg/rai + 18-46-0 fertilizer at 20 kg/rai + 16-16-8 fertilizer at 25 kg/rai 4) rock phosphate at 50 kg/rai + chicken manure at 100 and 50 kg/rai. 5) LD.9 at 100 kg/rai. The results showed that plant height, total dry matter, tiller number/hill, panicle number /hill, number of grain / panicle, 100 grain weight, and grain yield were highest in rice treated with green manure and chemical fertilizer. In other hand, the use of chemical fertilizer was higher protein and fat content. While, treatment 1 had the highest amylose and 2AP at 19.37% and 4.42 μg/g, respectively. But carbohydrate and fiber content were not significant among treatment.

Keywords: Khao Dawk Mali 105 rice, organic fertilizer, chemical fertilizer

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของธาตุอาหารที่มีต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 คุณภาพสูงโดยวิเคราะห์ ด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพทางเคมี ซึ่งปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด ทำการทดลองในกระถางโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด 4 ซ้ำ มี 5 วิธีทดลอง ได้แก่ 1) ปุ๋ย 16-16-8 อัตรา 25 กก/ไร่ 2) โสนอัฟริกัน อัตรา 2,500 กก/ไร่ น้ำหนักสด + ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 100 กก./ไร่ และ 50 กก/ไร่ 3) โสนอัฟริกัน อัตรา 2,500 กก/ไร่ น้ำหนักสด + ปุ๋ย 18-46-0 อัตรา 20 กก/ไร่ + ปุ๋ย 16-16-8 อัตรา 25 กก/ไร่ 4) หินฟอสเฟต อัตรา 50 กก/ไร่ + ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 100 กก/ไร่ และ 50 กก/ไร่ 5) และ พด.9 อัตรา 100 กก/ไร่ ผลการทดลองด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวที่ได้จากปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมี ให้ความสูง น้ำหนักฟางแห้ง จำนวนต้น/กอ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 100 และผลผลิต (กรัม/กระถาง) สูงสุด สำหรับการศึกษาด้านคุณภาพทางเคมี พบว่า การให้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมีให้ปริมาณโปรตีนและไขมันสูงสุด สำหรับปริมาณอะมิโลสและสารหอม 2AP มีปริมาณสูงสุดในตำรับทดลองที่ 1 คือ 19.37% และ 4.42 μg/g ตามลำดับ ซึ่งมีงานทดลองว่าข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ เมื่อสุกจะมีลักษณะเหนียวนุ่ม แต่สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเส้นใยอาหารพบว่า ในแต่ละตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกัน

คำสำคัญ: ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี

บทนำ

ปัจจุบันพันธุ์ข้าวหอมที่สร้างชื่อเสียงให้แก่ประเทศไทยและเป็นที่ต้องการของตลาดมากที่สุดได้แก่ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แต่ปริมาณการผลิตข้าวหอมของไทยยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวหอมคุณภาพสูงของประเทศไทย มีความอ่อนนุ่ม มีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย และรสชาติอร่อย ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศเดียวในโลกที่ผลิตและส่งออกข้าวพันธุ์ดังกล่าว ดังนั้นข้าวพันธุ์นี้ จึงเป็นธัญพืชเศรษฐกิจของประเทศที่ให้ผลผลิตปีละกว่า 2.29 ล้านตัน และมีมูลค่าการส่งออกทำรายได้ให้แก่ประเทศสูงถึง 919 ล้านเหรียญสหรัฐฯ หรือ 35,149 ล้านบาท คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 34 และ 40 ของปริมาณมูลค่าการส่งออกข้าวทั้งหมด (กรมการค้าต่างประเทศ, 2549) รัฐบาลจึงได้กำหนดยุทธศาสตร์การส่งเสริมการปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด โดยพื้นที่ส่งเสริมอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (นพรัตน์, 2541) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยที่ได้จากแหล่งต่างๆ ที่มีผลต่อการ

---

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

[1]Department of plant production, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Mueang Mahasarskham 44000

เจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพทางเคมี ของผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพื่อใช้เป็นแนวทางการผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 คุณภาพสูง สำหรับการแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหารเสริมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองเพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพทางเคมี ของผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งทำการทดลองที่ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปลูกข้าวในกระถางบรรจุดินกระถางละ 23 กิโลกรัม ภายใต้แผนการทดลองแบบ CRD 5 ตำรับทดลอง ตำรับทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 6 กระถาง (120 กระถาง) มีตำรับทดลองดังนี้ ตำรับทดลองที่ 1 ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 (25 กิโลกรัม/ไร่) (CF1) ใส่หลังปลูก 30 วัน ตำรับทดลองที่ 2 ปุ๋ยพืชสดจากโสนอัฟริกัน (2,500 กิโลกรัม/ไร่) +ปุ๋ยคอกจากมูลไก่ (100 กิโลกรัม/ไร่) (หลังปักดำและเริ่มแตกกอ) และปุ๋ยคอกจากมูลไก่ (50 กิโลกรัม/ไร่) (ข้าวเริ่มตั้งท้อง) (GM+CM) ตำรับทดลองที่ 3 ปุ๋ยพืชสดจากโสนอัฟริกัน (2,500 กิโลกรัม/ไร่) (คลุกในดินก่อนปลูก 7 วัน) + ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 อัตรา (20 กิโลกรัม/ไร่) + ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 (25 กิโลกรัม/ไร่) (หลังปักดำและเริ่มแตกกอ) (GM+CF2+CF3) ตำรับทดลองที่ 4 หินฟอสเฟต (50 กิโลกรัมต่อไร่) + ปุ๋ยคอกจากมูลไก่(100 กิโลกรัมต่อไร่) (หลังปักดำและข้าเริ่มแตกกอ) และหินฟอสเฟต (50 กิโลกรัมต่อไร่) + ปุ๋ยคอกจากมูลไก่ (50 กิโลกรัมต่อไร่) (ข้าวเริ่มตั้งท้อง) (RP+CM) และ 5) ปุ๋ยอินทรีย์จากเชื้อจุลินทรีย์ พด.9 (100 กิโลกรัมต่อไร่) (คลุกในดินก่อนปลูก 7 วัน) (LD.9) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง น้ำหนักแห้งฟาง จำนวนต้น/กอ และจำนวนรวง/กอ ผลผลิตเชิงปริมาตร ได้แก่ จำนวนเมล็ดต่อรวง ร้อยละเมล็ดดี น้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ด น้ำหนักข้าวเปลือก/กระถาง และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพทางเคมีของข้าว ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต อะมิโลส โปรตีน ไขมัน เส้นใยอาหาร และ 2AP (2-acetyl-1-pyrroline)

ผลการทดลอง

คุณสมบัติของดินและปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองก่อนทำการเพาะปลูก พบว่า ดินชุดร้อยเอ็ดมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) = 4.9 ค่าการนำไฟฟ้า(EC) = 0.32 dS/m ปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน(N,P,K) ค่อนข้างต่ำและปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ(Table 1) คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง พบว่า ปุ๋ยมูลไก่ที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ 29.21 % แต่ในปุ๋ยพืชสดโสนอัฟริกันมีอินทรีย์วัตถุ 64.22% ปุ๋ยมูลไก่มีคุณสมบัติเป็นด่าง (pH = 8.4) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) = 7.38 dS/m ปุ๋ยมูลไก่มีฟอสฟอรัสสูงกว่าโสนอัฟริกัน (5.98 และ0.89 % ตามลำดับ) ส่วนโสนอัฟริกันมีไนโตรเจนและโพแทสเซียมมากกว่าปุ๋ยมูลไก่ (N = 8.94 และ 8.91%, K_2O = 3.43 และ 0.16 % ตามลำดับ) (Table 2)

จากการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้านการเจริญเติบโต พบว่า การใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมี (ตำรับทดลองที่ 3) ทำให้ความสูง น้ำหนักฟางแห้ง จำนวนต้นต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และตำรับทดลองที่ 3 ให้จำนวนเมล็ด/รวง น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตสูงสุด(กรัม/กระถาง) แต่ละตำรับทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับร้อยละเมล็ดดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ และจากการศึกษาคุณภาพทางด้านเคมี พบว่าอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในตำรับทดลองที่ 3 มีผลทำให้โปรตีน และไขมันเพิ่มขึ้น ตำรับทดลองที่ 1 มีปริมาณอะมิโลสและสารหอม 2AP สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองอื่น อิทธิพลของปุ๋ยไม่มีผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตและปริมาณเยื่อใย (Table 3)

วิจารณ์ผล

ด้านการเจริญเติบโต พบว่าอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี มีผลต่อการเพิ่มผลผลิต และคุณภาพข้าว รวมทั้งคุณสมบัติของดิน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า ความสูง น้ำหนักฟางแห้ง การแตกกอ และจำนวน รวง/กอ ของข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี แต่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้เกิดกระบวนการ immobilization ทำให้พืชขาดธาตุอาหาร ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ย ผลผลิตเชิงปริมาณ พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้มีจำนวนเมล็ดต่อรวงน้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตกรัม/กระถาง เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากข้าวได้รับปุ๋ยเคมีเป็นรูปที่สามารถนำไปใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องรีดิวซ์ ส่วนปุ๋ยอินทรีย์เป็นตัวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยเคมีให้มากขึ้น (ประเสริฐ และคณะ, 2543) คุณภาพทางเคมี พบว่า ตำหรับการทดลองที่แตกต่างกันทำให้องค์ประกอบทางเคมีซึ่งได้แก่ อะมิโลส โปรตีน ไขมัน และสารหอม 2AP มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอิทธิพลของปุ๋ยมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี การใส่ปุ๋ยเคมีพืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้เร็ว ทำให้มี

ผลต่อการสร้างกรดอะมิโนและโปรตีนเพิ่มขึ้น ถ้าโปรตีนมีมากก็ทำให้ข้าวมีความนุ่มลดลง (อรอนงค์, 2547) สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแป้งมีประมาณ 70-80%

สรุปผล

การศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโต และผลผลิตพบว่า ข้าวที่ได้จากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี เป็นการใช้ธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมต่อผลผลิต แต่ถ้าต้องการปลูกเป็นข้าวอินทรีย์ ควรเลือกใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยมูลไก่หรือไม่ก็ปุ๋ยพืชสดโสนอัฟริกันร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ ซึ่งในแง่จำนวนต้น/กอ จำนวนรวง/กอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ด ก็ได้ค่าดี

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ, 2549, ปริมาณข้าวขาวดอกมะลิ, สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์.

นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ, 2541, เทคโนโลยีการผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดี, ในโครงการผลิตจำหน่ายข้าวหอมมะลิของสหกรณ์ กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมสหกรณ์, หน้า 39-45.

ประเสริฐ สองเมือง วิทยา ศรีทานันท์ กรรณิกา นากลาง อนนท์ สุขสวัสดิ์ สว่าง โรจนกุศล กรีพล ลิ้มสมวงศ์ และ ดิเรก อินตาพรหม, 2543, การใช้แกลบและขี้เถ้าแกลบเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว, กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 84 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 366 หน้า.

Table 1 Properties of the soil used for the pot experiment.

Soil series	pH (1:2.5)	EC (1:5)(dS/m)	Total N (%)	P_2O_5(ppm)	K_2O (ppm)	OM (%)
Roi-Et	4.9	0.32	0.016	6.16	7	0.30

Table 2 Properties of the fertilizer used.

Experiment no.	pH(1:2.5)	EC(1:5)(dS/m)	Total N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	OM (%)
1.Chicken manure	8.4	7.38	8.91	5.98	0.16	29.21
2.Green manure	6.8	0.54	8.94	0.89	3.43	64.22

Table 3 Effect of fertilizer on growth and %yield of Khao Dawk Mali 105 rice.

Treatment	Plant height (cm)	Total dry matter (g/pot)	The tiller number/hil l	Panicle number /hill	Number of grain / panicle	Filled grain (%)	100 grains weight (g)	Grain yield (g/pot)
1. CF1	148.9^{c}	105.00^{b}	11.67^{c}	11.67^{c}	145.73^{ab}	94.37	2.65^{a}	90.68^{c}
2. GM+CM	149.0^{c}	113.57^{ab}	14.41^{ab}	14.41^{ab}	137.79^{bc}	94.79	2.60^{b}	97.11^{ab}
3.GM+CF2+CF3	156.5^{a}	125.18^{a}	15.79^{a}	15.79^{a}	147.45^{a}	94.40	2.66^{a}	98.58^{a}
4. RP+CM	153.1^{b}	104.28^{b}	14.76^{ab}	14.76^{ab}	142.81^{abc}	94.80	2.61^{b}	97.11^{ab}
5. LD.9	150.4^{c}	64.82^{c}	14.07^{b}	14.07^{b}	135.79^{c}	94.91	2.61^{b}	92.84^{bc}
F- test	*	*	*	*	*	ns	*	*
C.V. (%)	3.9	10.8	6.8	6.9	16.6	3.1	2.6	8.4

Means follow by common letters within each column were not significantly different at 5 % level by DMRT.

ns = non significant, * significant at 5 % level

Table 4 Effect of fertilizer to chemical properties of Khao Dawk Mali 105 rice.

Treatment	Carbohydrate (%)	Amylose (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Crude fiber (%)	2AP (µg/g)
1. CF1	77.20	19.37a	5.53b	0.46ab	1.75	4.42a
2. GM+CM	78.64	16.21e	4.53c	0.44bc	1.75	1.75b
3.GM+CF2+CF3	77.20	17.81b	6.26a	0.47a	2.25	1.49b
4. RP+CM	78.04	16.47d	4.52c	0.43c	1.75	2.35b
5. LD.9	78.43	16.84c	4.35c	0.41c	1.75	1.66b
F- test	ns	*	*	*	ns	*
C.V. (%)	1.52	1.00	7.87	0	34.17	28.68

Means follow by common letters within each column were not significantly different at 5 % level by DMRT.

ns = non significant, * significant at 5 % level

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 321-324 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 321-324 (2552)

อิทธิพลของระยะระหว่างแถวมีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของกระถินยักษ์

Influence of Row Spacing on Yield and Chemical Composition of *Leucaena leucocephala*

เสาวภาคย์ สุขประเสริฐ[1] สายัณห์ ทัดศรี[1] สุนันทา จันทกูล[1] กานดา นาคมณี[2] และ ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ[3]

Sukprasert, S.[1], Tudsri, S.[1], Juntakool, S.[1], Nakamanee, G.[2] and Wongsuwan, N.[3]

Abstract

A study on the effects of row spacing on yield and chemical composition of leucaena (*Leucaena leucocephala*) was carried out at the National Corn and Sorghum Research Center, Pakchong, Nakhon Ratchasima, The experiment was arranged in RCBD with four replications. Plant height, stem diameter, chemical composition, heat value and wood density were measured from six treatments: single row (2 × 0.5m, 1.5 × 0.5 m and 1 × 0.5 m) and double row (double row, 0.75 m, 0.75 m, and 0.5 m apart at 2, 1.5 and 1 m). The result revealed that planting height was not effected by row spacing ($p \geq 0.05$). However, stem diameter was significantly higher at single row spacing than double row. The stem diameter of leucaena increased with increasing row spacing. It was significantly highest at 2 × 0.5m. Dry matter yield of leaf, branch and stem responded to single row spacing (1 × 0.5 m). The total biomass was significantly highest at 1 × 0.5 m of single row (5.0 t/rai) whereas wood density heat value and chemical compositions were not affected by row spacing.

Keywords: leucaena, raw spacing, yield, chemical composition

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของระยะระหว่างแถวปลูกที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของกระถินยักษ์ดำเนินการวิจัยที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ตำรับการทดลองประกอบด้วยระยะระหว่างแถวปลูก 6 ระยะ คือ การปลูกแบบแถวเดี่ยว ใช้ระยะ 2 × 0.5 เมตร 1.5 × 0.5 เมตร และ 1 × 0.5 เมตร และการปลูกแบบแถวคู่ ใช้ระยะระหว่างแถว 0.75 เมตร 0.75 เมตร และ 0.5 เมตร โดยมีระยะระหว่างคู่แถว 2 เมตร 1.5 เมตร และ 1 เมตร ตามลำดับ วัดอัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน ผลการทดลองพบว่า ระยะระหว่างแถวไม่มีผลต่อความสูงแต่เมื่อพิจารณาเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พบว่าการปลูกแบบแถวเดี่ยวที่ระยะ (2 × 0.5 เมตร) ให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพิ่มขึ้น การปลูกแบบแถวเดี่ยวที่ระยะ 1 × 0.5 เมตร ให้ผลผลิตแห้งในส่วนของ ใบ กิ่ง และลำต้นสูงสุด (5.0 ตันต่อไร่) ขณะที่ระยะระหว่างแถวไม่มีผลต่อความหนาแน่น ค่าพลังงานความร้อน และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้

คำสำคัญ: กระถิน ระยะระหว่างแถว ผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี

คำนำ

กระถินยักษ์เป็นไม้โตเร็วชนิดหนึ่งที่มีปริมาณไนโตรเจนในใบสูงถึง 3.5 - 5.0 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่ากับปริมาณโปรตีน 21 – 31 เปอร์เซ็นต์ (Dalzell และคณะ, 2006) จากการที่มีปริมาณโปรตีนสูงนั้นทำให้สามารถใช้ใบและส่วนต้นอ่อนเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (สายัณห์ และคณะ, 2551) และกำลังเป็นที่น่าสนใจในการนำมาผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากเนื้อไม้ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4,200 - 4,600 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม (อำนวย, 2525) แต่ในการผลิตนั้นจำเป็นต้องใช้ไม้ในปริมาณมาก วิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตไม้ให้มีปริมาณสูงขึ้นคือ การจัดการด้านเขตกรรมซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีและหนึ่งในวิธีเหล่านั้นได้แก่ การใช้ระยะปลูกที่เหมาะสม ในด้านการปลูกเพื่อผลิตใบเป็นอาหารสัตว์ระยะปลูกที่ใช้จะค่อนข้างแคบ และมีการตัดบ่อยครั้ง สมคิด และคณะ (2522) รายงานว่าการใช้ช่วงการตัดทุก ๆ 60 วัน ในพันธุ์นิวกินี 71 เป็น

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

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

[2]**ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา**

[2]Nakhonrachasima Animal Nutrition Research Center, Nakhonrachasima

[3]**องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี**

[3]Dairy Promotion and Organisation of Thailand, Muaklek, Saraburi

เวลา 3 ปี พบว่า ระยะห่างระหว่างต้นมีผลต่อผลผลิตของใบกระถิน โดยจะได้ผลผลิตใบมากขึ้นเมื่อใช้ระยะห่างระหว่างต้นน้อยลง เพียง 30 เซนติเมตร โดยให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งสูงสุดถึง 2,049 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ในขณะที่การใช้ประโยชน์เป็นไม้ใช้แปรรูปนั้น ระยะปลูกจะมีความกว้างและมีอายุการตัดแต่ละครั้งมีระยะเวลามากกว่า 1 ปี เช่นเดียวกับการผลิตเป็นเยื่อกระดาษจะต้องปลูกด้วยระยะแถวกว้างเพื่อให้มีขนาดลำต้นใหญ่ และอายุการตัดตั้งแต่ 2-3 ปี (Van den Beldt และ Brewbaker, 1985) จากงานวิจัยของ Kovitvadhi และ Yantasath (1982) พบว่า การใช้ระยะปลูก 2 × 0.25 เมตร ให้ผลผลิตมวลชีวภาพสูงสุด 4.4 ตันต่อไร่ เมื่อกระถินมีอายุได้ 3 ปี ซึ่งเน้นการใช้ประโยชน์เป็นไม้ใช้สอย ในงานทดลองส่วนใหญ่กระถินจะปลูกแบบแถวเดี่ยว ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงจำเป็นต้องศึกษาการปลูกแบบแถวคู่เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพในการให้ผลผลิตของทั้งสองระบบ

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ อ.ปากช่อง จ. นครราชสีมา ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2551

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีตำรับการทดลองประกอบไปด้วยระยะปลูก 6 ระยะ ปลูกแบบแถวเดี่ยวใช้ระยะ 2 × 0.5 เมตร 1.5 × 0.5 เมตร และ 1 × 0.5 เมตร ปลูกแบบแถวคู่ ใช้ระยะระหว่างแถวคือ 0.75 เมตร 0.75 เมตร และ 0.5 เมตร โดยมีระยะระหว่างคู่แถว 2 เมตร 1.5 เมตร และ 1 เมตร ตามลำดับใช้พันธุ์ทารัมบ้าปลูกใช้เมล็ดปลูกโดยตรง เมล็ดผ่านการทำลายการพักตัวและคลุกเชื้อไรโซเบียม ปลูกเมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2550 ในพื้นที่ที่ได้รับการเตรียมดินอย่างดีแล้วหลังจากการปลูก 2 สัปดาห์ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น ใช้ปุ๋ยรองพื้นสูตร 0 – 52 - 34 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 0 - 0 - 60 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ กำจัดวัชพืชภายหลังการปลูกครั้งเดียว (4 สัปดาห์หลังเมล็ดงอก) ให้น้ำสัปดาห์ละครั้ง บันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ระดับอก(diameter breast height) เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อกระถินอายุ 1 ปีแยกส่วน ใบ กิ่ง และ ลำต้น นำไปอบแห้งและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ N, P, K, Ca, Mg, S, ADF, NDF, ADL และนำส่วนลำต้นไปวัดความหนาแน่นของเนื้อไม้ และค่าพลังงานความร้อน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตด้านความสูงของกระถินตลอดช่วงอายุ 1 ปี พบว่า กระถินที่ปลูกโดยใช้การปลูกแบบแถวเดี่ยวและแถวคู่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 18 และ 22 ในช่วงระยะเก็บเกี่ยวกระถินมีความสูงระหว่าง 502 - 596 เซนติเมตร และไม่แตกต่างในทางสถิติทั้งนี้อาจจะเนื่องจากกระถินมีอายุเพียงหนึ่งปี จึงยังไม่พบความแตกต่างในด้านความสูง (Table 1) สรายุทธ (2527) รายงานว่า กระถินที่ใช้ระยะแถวกว้าง (2 × 2 และ 1 × 1 เมตร) มีการเจริญเติบโตด้านความสูงมากกว่าการปลูกระยะแถวแคบ (1 × 0.5 เมตร) ในช่วงอายุ 4 ปี ในด้านขนาดลำต้นของกระถินพบว่า ส่วนใหญ่ในทุกระยะปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกระถินที่ปลูกแบบแถวเดี่ยวในทุกระยะปลูกจะมีขนาดลำต้นใหญ่ที่สุดใกล้เคียงกัน (3.8 - 4.1 เซนติเมตร) เมื่อเทียบกับการปลูกแถวคู่ ยกเว้นแถวคู่ที่มีระยะระหว่างคู่แถว 2 เมตร ทั้งนี้อาจเนื่องจากการกระถินที่ปลูกแบบแถวเดี่ยวมีการแก่งแย่งปัจจัยที่ใช้ในการเจริญเติบโตและการแข่งขันกันเอง น้อยกว่าแถวคู่ (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ทรงยศ และคณะ (2552) ที่พบว่า การปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถวแคบ (1 × 0.25 และ 1 × 0.5 เมตร) มีขนาดลำต้นเล็กกว่ากระถินที่ปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถวกว้างขึ้น (2 × 1 เมตร) เมื่อมีอายุครบ 1 ปี

ในด้านผลผลิต กระถินที่ปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 1 × 0.5 เมตร ให้ผลผลิตชีวมวลรวมแห้งสูงสุด (5.0 ตันต่อไร่) และการปลูกแบบแถวคู่ระยะ 1 × 0.5 เมตร ให้ผลผลิตชีวมวลรองลงมา (3.4 ตันต่อไร่) เนื่องจากการปลูกแบบแถวแคบมีจำนวนต้นต่อไร่มากกว่าการปลูกแบบแถวกว้าง ในด้านองค์ประกอบผลผลิต พบว่า ส่วนลำต้นเป็นองค์ประกอบที่มีมากสุดในทุกตำรับทดลอง (Table 3) ในด้านความหนาแน่นเนื้อไม้และค่าพลังงานความร้อน พบว่าในทุกระยะปลูกมีค่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) โดยมีค่าระหว่าง 0.46 - 0.53 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ 4.62 - 4.68 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ทรงยศ และคณะ (2552) ที่รายงานว่า ในด้านความหนาแน่นของเนื้อไม้ และพลังงานความร้อนพบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากการวิเคราะห์ในด้านองค์ประกอบทางเคมี ในทุกระยะปลูกมีค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ ADF (Acid detergent fiber) NDF (neutral detergent fiber) และ ADL (acid detergent lignin) มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติโดยมีค่าระหว่าง 2.56 - 3.36 เปอร์เซ็นต์ 0.09 - 0.14 เปอร์เซ็นต์ 1.03 - 1.18 เปอร์เซ็นต์ 1.79 - 2.63 เปอร์เซ็นต์ 0.37 - 0.44 เปอร์เซ็นต์ 0.28 - 0.32 เปอร์เซ็นต์ 21.32 - 24.55 เปอร์เซ็นต์ 31.70 - 34.75 เปอร์เซ็นต์ และ 10.12 - 10.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของโคเนื้อและโค

นม ยกเว้นธาตุฟอสฟอรัสซึ่งปริมาณความต้องการฟอสฟอรัสในอาหารสำหรับโคเนื้ออยู่ระหว่าง 0.23 – 0.31 เปอร์เซ็นต์ และโคนม 0.28 – 0.34 เปอร์เซ็นต์

สรุปผล

กระถินยักษ์ที่ใช้การปลูกแบบแถวเดี่ยว 1 × 0.5 เมตร ให้ผลผลิตชีวมวลรวมสูดสุด ในด้านความหนาแน่นเนื้อไม้ ค่าพลังงานความร้อน และองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน พบว่า ทุกระยะการปลูกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองเป็นข้อมูลเพียง 1 ปี จึงควรศึกษาในปีต่อไปเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้เงินสนับสนุนในโครงการ และขอขอบคุณท่านผู้อำนวยการศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติสำหรับการใช้พื้นที่และอุปกรณ์ของศูนย์เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ทรงยศ โชติชุติมา สายัณห์ ทัดศรี ประภา ศรีพิจิตต์ กานดา นาคมณี และณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ, 2552, อิทธิพลของระยะปลูกที่มีต่อผลผลิตและความหนาแน่นของเนื้อไม้กระถิน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(1)(พิเศษ): 133-136.

สมคิด รื่นภาควุฒิ ชาญชัย มณีดุลย์ และ นิตยา ศิริกีรตยานนท์, 2522, อิทธิพลของระยะระหว่างต้นต่อผลผลิตของกระถิน 3 พันธุ์ กรมปศุสัตว์ [สืบค้น], http://req.dld.go.th:28080/research/index.jsp. [7/ April /08].

สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน, 2527, การเจริญเติบโต มวลชีวภาพและผลผลิตไม้ฟืนของกระถินยักษ์ที่ใช้ระยะปลูกต่างๆ ที่สะแกราช นครราชสีมา, วารสารวนศาสตร์, 3(4): 307-319.

สายัณห์ ทัดศรี ประภา ศรีพิจิตต์ กานดา นาคมณี และณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ, 2551, การศึกษามวลชีวภาพของกระถินเพื่อใช้เป็นแหล่งทดแทนพลังงานอย่างยั่งยืน, การสัมมนาเรื่อง ร่วมแก้วิกฤติพลังงานชาติด้วยงานวิจัย วช, วันที่ 30 เมษายน 2551 ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น, กรุงเทพฯ, หน้า 11-126.

อำนวย คอวนิช, 2525, ไม้โตเร็วและแนวคิดเกี่ยวกับการปลูกสร้างสวนป่าในประเทศไทย, โรงพิมพ์ พ. จิระการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

Dalzell, S.A., Shelton, H.M., Mullen, B.F., Larsen, P.H. and McLaughlin, K., 2006, Leucaena: a Guide to Establishment and Management, Meat and Livestock Australia Ltd, Toowoomba.

Kovitvadhi, K. and Yantasath, K., 1982, Research on Leucaena and Other Nitrogen-fixing Trees at the Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR). *In* Leucaena Research in the Asian-Pacific Region. Proceedings of a Workshop Held in Singaspore, 23-26 November 1982, International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada, pp. 133-136.

Van Den Beldt, R.J. and Brewbaker, J.L., eds, 1985, Leucaena Wood Production and Use, Waimanalo, Hi: Nitrogen Fixing Tree Association, 50p.

Table 1 Effects of plant row spacings on height of leucaena.

Treatment (m)	Weeks after seedling emergence (cm)					
	14	18	22	26	32	Harvest
Single row - 2 × 0.5	150	222^{bcd}	302^{ab}	358	442	545
- 1.5 × 0.5	148	212^{cd}	285^{bc}	348	442	502
- 1 × 0.5	171	253^{a}	321^{a}	353	445	596
Double row - 2 × 0.75	167	234^{abc}	306^{ab}	344	434	539
- 1.5 × 0.75	160	238^{ab}	296^{ab}	335	434	537
- 1 × 0.5	168	206^{d}	269^{c}	318	409	524
F-test	ns	**	**	ns	ns	ns

** Significant at the 0.01 level ^{ns} non-significant

Table 2 Effects of plant row spacings on diameter of leucaena.

Treatment (m)	Weeks after seedling emergence (cm)								
	26	28	32	36	40	44	48	52	Harvest
Single row - 2 × 0.5	2.2^{a}	2.5^{a}	3.1	3.3^{a}	3.5	3.7^{a}	3.8^{a}	4.0^{a}	4.1^{a}
- 1.5 × 0.5	2.1^{ab}	2.5^{a}	2.7	3.0^{b}	3.3	3.5^{abc}	3.6^{abc}	3.7^{ab}	3.8^{ab}
- 1 × 0.5	2.1^{ab}	2.4^{ab}	2.7	2.9^{b}	3.4	3.5^{ab}	3.6^{ab}	3.7^{ab}	3.9^{ab}
Double row - 2 × 0.75	2.1^{ab}	2.2^{bc}	2.6	3.0^{b}	3.1	3.3^{bc}	3.5^{bc}	3.6^{bc}	3.7^{abc}
- 1.5 × 0.75	1.9^{b}	2.3^{ab}	2.6	2.9^{b}	3.2	3.4^{abc}	3.5^{bc}	3.6^{bc}	3.7^{bc}
- 1 × 0.5	1.5^{c}	2.0^{c}	2.5	2.8^{b}	3.0	3.1^{c}	3.2^{c}	3.3^{c}	3.4^{c}
F-test	**	**	ns	*	ns	*	*	*	*

* Significant at the 0.05 level ** Significant at the 0.01 level ^{ns} non-significant

Table 3 Effects of plant row spacings on dry weight, wood density and heat value of leucaena.

Treatment (m)	Leave kg/rai		Branch kg/rai		Stem ton/rai		Total ton/rai		Wood density (g/cm^3)	Heat value (kcal/g)
	FW	DW	FW	DW	FW	DW	FW	DW		
Single row - 2 × 0.5	520^{b}	256^{b}	600^{b}	286^{bc}	3.6^{b}	2.1^{b}	4.7^{b}	2.6^{b}	0.53	4.67
- 1.5 × 0.5	491^{b}	190^{b}	594^{b}	229^{c}	3.5^{b}	2.0^{b}	4.6^{b}	2.4^{b}	0.48	4.63
- 1 × 0.5	1652^{a}	638^{a}	1086^{a}	492^{a}	6.9^{a}	3.8^{a}	9.6^{a}	5.0^{a}	0.53	4.66
Double row - 2 × 0.75	686^{b}	277^{b}	615^{b}	274^{bc}	4.3^{b}	2.4^{b}	5.6^{b}	2.9^{b}	0.46	4.68
- 1.5 × 0.75	721^{b}	294^{b}	721^{ab}	320^{bc}	4.5^{b}	2.6^{b}	6.0^{b}	3.2^{b}	0.49	4.63
- 1 × 0.5	960^{b}	355^{b}	960^{ab}	404^{ab}	4.8^{b}	2.6^{b}	6.7^{b}	3.4^{b}	0.51	4.62
F-test	**	*	*	*	**	**	**	**	ns	ns

* Significant at the 0.05 level ** Significant at the 0.01 level ^{ns} non-significant

Table 4 Effects of plant row spacings on chemical compositions in leave of leucaena.

Treatment (m)	Chemical composition (%)								
	N	P	K	Ca	Mg	S	ADF	NDF	ADL
Single row - 2 × 0.5	2.76	0.14	1.14	2.03	0.38	0.29	23.31	34.75	10.53
- 1.5 × 0.5	2.56	0.10	1.03	2.22	0.41	0.32	22.67	32.20	10.46
- 1 × 0.5	2.73	0.10	1.15	2.63	0.40	0.31	21.55	31.70	10.21
Double row - 2 × 0.75	3.00	0.11	1.18	2.05	0.37	0.30	23.55	31.94	10.46
- 1.5 × 0.75	2.63	0.09	1.13	2.39	0.41	0.29	24.55	33.4	11.11
- 1 × 0.5	3.36	0.13	1.14	1.79	0.44	0.28	21.32	32.92	10.12
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^{ns} non-significant

อิทธิพลของความสูงในการตัดต่อผลผลิตและการฟื้นตัวของกระถินเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

Effects of Cutting Height on Yields and Regrowth of Leucaena for Bioenergy

ปัทมา นิตไธสง[1] สายัณห์ ทัดศรี[1] ประภา ศรีพิจิตต์[1] กานดา นาคมณี[2] และ ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ[3]
Nitthaisong, P.[1], Tudsri, S.[1], Sripichitt, P.[1], Nakmanee, K.[2] and Wongsuwan, N.[3]

Abstract

A study on the effects of cutting height on yield and regrowth of Leucaena (*Leucaena leucocephala*) was carried out at the National Corn and Sorghum Research Center, Pakchong, Nakhon Ratchasima. The experiment was arranged in a RCBD with 4 replications. The treatments included 5 cutting heights (5, 25, 50, 100 and 200 cm.) The results showed that the first year after cutting Leucaena, its regrowth and plant height and sprouts/stump was not significantly differences ($p<0.05$). For yield of Leucaena, which was cut at 5 cm. height gave highest total dry matter yield (2,326 kg/rai) and wood productivity about 1,467 kg/rai in the establishment year. In the first year (regrowth after cutting), total dry matter was not significant.

Keywords: leucaena, cutting height, bioenergy

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของความสูงในการตัดต่อผลผลิตและการฟื้นตัวของกระถินเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ดำเนินการวิจัยที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ในระยะเวลา 2 ปี โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block (RCBD) 4 ซ้ำ ระดับความสูงการตัดลำต้น 5 ระดับ ได้แก่ 5, 25, 50, 100 และ 200 เซนติเมตร ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ภายหลังการตัดลำต้นเมื่อกระถินมีอายุ 1 ปี กระถินมีกิ่งที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่มีความสูงและจำนวนกิ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในด้านผลผลิต กระถินที่มีอายุ 1 ปีที่ตัดชิดดิน (5เซนติเมตร) ให้ผลผลิตชีวมวลรวมสูงสุด (2,326 กิโลกรัม/ไร่) โดยคิดเป็นเนื้อไม้เท่ากับ 1,467 กิโลกรัมต่อไร่ ภายหลังการตัดกระถิน 1 ปีพบว่าผลผลิตแห้งชีวมวลรวมไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

คำสำคัญ: กระถิน ความสูงการตัดลำต้น เชื้อเพลิงชีวมวล

คำนำ

การผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทยส่วนหนึ่งผลิตจากน้ำมันปิโตรเลียมซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศและราคามีความผันผวนมาก ทำให้มีงานวิจัยเพื่อหาแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ โดยทางเลือกหนึ่งก็คือพลังงานชีวมวล โดยเฉพาะพลังงานทดแทนที่ได้จากไม้ยืนต้นโตเร็ว ซึ่งเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีหลายพื้นที่ในประเทศไทย สามารถตัดใช้งานได้ในระยะสั้น และบางชนิดให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง โดยเฉพาะกระถินที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นที่ยอมรับของเกษตรกร และให้ค่าพลังงานความร้อนสูง ส่วนของใบและกิ่งสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ อีกทั้งยังสามารถฟื้นตัวได้เร็วภายหลังการตัดจึงเหมาะสมต่อการผลิตเป็นพืชทดแทนพลังงาน (สายัณห์ และคณะ,2551)

การวิจัยทางด้านชีวมวลของกระถินนั้นจะแตกต่างกันตามการใช้ประโยชน์จากกระถิน ในด้านการใช้ประโยชน์ส่วนของเนื้อไม้รวมทั้งการนำไปผลิตเป็นพลังงานชีวมวลมักจะตัดลำต้นชิดดินหรือสูงกว่าดินไม่มากนัก เนื่องจากมีความต้องการผลผลิตทุกส่วนของกระถินให้มากที่สุด เพราะการตัดในระดับที่สูงย่อมเป็นการสูญเสียส่วนของลำต้นจากส่วนของตอ Pathak และคณะ (1982) แนะนำว่าการตัดกระถินที่ความสูง 10 เซนติเมตรหรือสูงกว่าเล็กน้อยให้ผลผลิตส่วนของผลผลิตไม้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามพบว่า ระดับความสูงของตอยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการฟื้นตัวของกระถินภายหลังการตัด จากงานทดลองของ Karim

---

[1]คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
[1]Faculty of Agriculture , Kasetsart University, Bangkok
[2]ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์นครราชสีมา อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา
[2]Nakhonrachasima Animal Nutrition Research Center, Nakhonrachasima
[3] องค์การส่งเสริมโคนมแห่งประเทศไทย อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี
[3]Dairy Promotion and Organization of Thailand, Muaklek, Saraburi

และคณะ (1991) ซึ่งมีการตัดทุกๆ 1 และ 3 เดือน พบว่า ระดับการตัดที่ 75-100 เซนติเมตรให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลรวมสูงสุด และมีการฟื้นตัวดี ในประเทศไทยงานวิจัยความสูงของการตัดกระถินส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นเพื่อนำไปใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ ซึ่งนิยมตัดที่ระดับความสูง 25-50 เซนติเมตร (Sampet และคณะ, 1994; Tudsri และคณะ, 2002) แต่การวิจัยเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลยังมีงานวิจัยน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้ข้อมูลระดับความสูงต่างๆของการตัดที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิต และมีการฟื้นตัวได้ดีของกระถิน เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำใช้ระดับความสูงการตัดที่ 5, 25, 50,100 และ 200 เซนติเมตร ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา โดยใช้เมล็ดพันธุ์ทารัมบ้า ที่ผ่านการทำลายการพักตัวและคลุกเชื้อไรโซเบียม ในพื้นที่ที่ได้รับการตรียมดินอย่างดีแล้ว หลังจากการปลูก 2 สัปดาห์ ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น และใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 0-52-34 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ สูตร 0-0-60 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่กำจัดวัชพืชภายหลังการปลูกเพียงครั้งเดียวที่อายุ 4 สัปดาห์หลังการงอกของเมล็ด ให้น้ำทุกๆสัปดาห์เป็นเวลา 2 เดือน จากนั้นเมื่อกระถินมีอายุ 1 ปี จึงดำเนินการตัดที่ระดับความสูงแตกต่างกันตามที่ได้กำหนดไว้ เก็บข้อมูลผลผลิตแบ่งออกเป็นลำต้น กิ่งก้าน และใบ เมื่อกระถินฟื้นตัวจากการตัด เก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตครั้งแรกที่ อายุ 8 สัปดาห์ และจำนวนกิ่งที่แตกออกมาใหม่ต่อต้น ครั้งแรกที่อายุ 2 สัปดาห์ ภายหลังการฟื้นตัวครบ 1 ปี จึงเก็บเกี่ยวข้อมูลอีกครั้ง เก็บข้อมูลผลผลิตซึ่งแบ่งออกเป็นลำต้น กิ่งก้าน และใบ และวัดความหนาแน่นของเนื้อไม้ หลังจากนั้นจึงนำไม้ดังกล่าวไปหาค่าพลังงานความร้อนโดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter โดยนำไปวิเคราะห์ที่กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ จังหวัดปทุมธานี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

กระถินที่ปลูกเป็นระยะเวลา 1 ปี มีความสูงระหว่าง 413-547 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม หลังการตัดลำต้นในระดับความสูงแตกต่างกัน พบว่า ในทุกระดับการตัดมีการฟื้นตัวในด้านความสูงใกล้เคียงกันโดยไม่รวมส่วนที่เป็นตอ โดยมีความสูงระหว่าง 603-635 เซนติเมตร (Table 1) ในขณะที่การแตกกิ่งเกิดขึ้นภายในหนึ่งสัปดาห์หลังการตัด และมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 16 หลังการตัด โดยมีค่าระหว่าง 10-16 กิ่งต่อต้น (Table 1) ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ หลังจากนั้นจำนวนกิ่งลดลงเหลือเพียง 4-7 กิ่ง เมื่อถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่อายุ 1 ปี ทั้งนี้เนื่องจากการแข่งขันกันเองของกิ่งภายในต้นเดียวกัน ทำให้กิ่งที่เหลือเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ไม่เกิน 2 กิ่งและมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ดังนั้นผลผลิตชีวมวลรวมที่ได้จึงมีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาองค์ประกอบของผลผลิตที่ได้ พบว่าการตัดลำต้นในระดับความสูง 200 เซนติเมตร ให้ผลผลิตใบรวมสูงสุดสูง 2,348 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อเทียบกับการตัดในระดับ 5-100 เซนติเมตร ซึ่งให้ผลผลิตสดระหว่าง 1,544-1,815 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3) เช่นเดียวกับการพิจารณาในรูปของน้ำหนักแห้งแต่พบความแตกต่างในทางสถิติเฉพาะผลผลิตสด ทั้งนี้อาจเนื่องจากการตัดลำต้นในระดับสูงทำให้กระถินมีอาหารสำรองมากส่งผลให้กระถินในระดับการตัดนี้ฟื้นตัวทางใบและกิ่งอย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้ส่วนที่เป็นไม้ที่จะนำไปเป็นเชื้อเพลิงสูงกว่าการตัดในระดับ 50-100 เซนติเมตร แต่ใกล้เคียงกับการตัดในระดับ 5 เซนติเมตร ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่ากระถินที่ปลูกเพื่อใช้เป็นพลังงานสามารถตัดในระดับชิดดิน (5 เซนติเมตร) ได้โดยไม่มีผลต่อส่วนที่นำไปใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิง ทั้งนี้เนื่องจากกระถินมีระยะเวลาฟื้นตัวภายหลังการตัดหนึ่งปีทำให้สามารถเจริญเติบโตได้ทันกับกระถินที่ตัดในระดับสูงกว่านี้ ตรงกันข้ามกับการปลูกเพื่อใช้ส่วนใบไปเป็นอาหารสัตว์ต้องตัดในระดับสูงกว่า 50 เซนติเมตร เพราะกระถินมีระยะเวลาฟื้นตัวเร็ว 1-3 เดือน ซึ่ง Tudsri และคณะ (2002) พบว่าการตัดกระถินสูงจากพื้นดิน 25 เซนติเมตร มีการฟื้นตัวและให้ผลผลิตใบดีกว่าการตัดในระดับ 10 เซนติเมตร ในขณะที่ Sampet และคณะ (1987) รายงานว่าการตัดกระถินในระดับ 50 เซนติเมตรให้ผลผลิตแห้งชีวมวลรวมสูงกว่าการตัดที่ระดับ 25 เซนติเมตร สอดคล้องกันกับ Dutt และคณะ (1987) พบว่าการตัดกระถินเพื่อใช้เป็นพลังงานในระดับสูงให้ผลผลิตชีวมวลรวมสูงกว่าและให้การฟื้นตัวในด้านจำนวนกิ่งที่แตกออกมาใหม่และดีกว่าระดับชิดดิน การตัดกระถินชิดดินทำให้เกษตรกรได้รับผลผลิตในส่วนของไม้ในปีที่หนึ่งสูงกว่าการตัดในระดับสูงกว่า 25 เซนติเมตร ส่งผลให้เกษตรกรได้รับรายได้เพิ่มขึ้นตั้งแต่ในปีแรกๆ อย่างไรก็ตามเนื่องจากงานทดลองนี้มีระยะเวลาเพียง 2 ปี จึงไม่สามารถสรุปได้ว่า การตัดลำต้นในระดับชิดดินเช่นนี้ จะมีผลต่อ ผลผลิตของกระถินในระยะยาวหรือไม่

สรุปผล

การปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นพืชพลังงานสามารถตัดลำต้นในระดับชิดดิน (5 เซนติเมตร) โดยไม่มีผลต่อการอยู่รอดของกระถินในระยะเวลาการทดลอง 2 ปี แต่ผลกระทบในระยะยาวยังไม่สามารถประเมินได้ การตัดชิดดินทำให้ได้ผลผลิตในรูปของเนื้อไม้เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปีแรกถึง 3.1 ตันต่อไร่ (น้ำหนักสด) หรือ 1.4 ตันต่อไร่ (น้ำหนักแห้ง)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้เงินสนับสนุนในโครงการ และขอขอบคุณท่านผู้อำนวยการศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติสำหรับการใช้พื้นที่และอุปกรณ์ของศูนย์เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

สายัณห์ ทัดศรี ประภา ศรีพิจิตต์ กานดา นาคมณี และณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ, 2551, การศึกษามวลชีวภาพของกระถินเพื่อใช้เป็นแหล่งทดแทนพลังงานอย่างยั่งยืน, การสัมมนาเรื่อง ร่วมแก้วิกฤติพลังงานชาติด้วยงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, วันที่ 30 เมษายน 2551 ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น, กรุงเทพฯ, หน้า 113-126.

Dutt, A.K. and Jamwal, U., 1987, Effect of Coppicing at Different Heights on Wood Production in Leucaena, Leucaena Research Reports, 8: 27-28.

Karim, A.B., Rhodes, E.R. and Savill, P.S., 1991, Effect of Cutting Height and Cutting Interval on Dry Matter Yield of *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit, Agroforestry Systems, 16(2): 129-137.

Pathak, P.S. and Patil, B.D., 1982, Leucaena Research at the Indian Grassland and Fodder Research Institute (IGFRI), *In* Proceedings of a Workshop Held in Singapore Nov 23-26 1982, pp. 83-88.

Sampet, C., Beldt, R.J.V.D. and Pattaro, V., 1994, Leucaena in Thailand. Leucaena Opportunities and Limitations. *In* Proceedings of a Workshop Held in Bogor 24-29 January 1994. Indonesia.

Tudsri, S., and Kaewkunya, C., 2002, Effect of Leucaena Row Spacing and Cutting Intensity on the Growth of Leucaena and Three Associated Grasses in Thailand, Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 15(7): 986-991.

Table 1 Effect of cutting heights on height and regrowth of Leucaena.

Cutting height (cm)	week after cutting in first year (cm.)						week after cutting in first year (sprouts/stump)					
	8	12	16	20	24	51	2	4	8	12	16	51
5	15 a	77	90	133	235	635	5	11	11	14	16	7
25	11 a	80	86	133	203	632	8	12	9	10	10	6
50	18 a	84	76	108	178	615	6	11	8	10	10	4
100	18 a	71	89	141	239	611	6	12	8	9	10	4
200	18 a	72	83	146	210	603	6	12	11	13	12	5
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^{ns} Non-significance ** Significance at 1% level * Significance at 5% level

Table 2 Effect of cutting height on biomass yield of Leucaena.

Cutting height (cm)	Leaf kg/rai		Branch kg/rai		Total Stem kg/rai		Total biomass kg/rai	
	FW	DW	FW	FW	FW	DW	FW	DW
Establishment year								
5	1292	563	628	296	3111^{a}	1467^{a}	5031^{a}	2326^{a}
25	1203	527	498	225	2643^{a}	1155^{a}	4344^{ab}	1907^{ab}
50	871	403	468	213	1689^{b}	752^{b}	3028^{b}	1369^{b}
100	1073	509	415	178	1612^{b}	705^{b}	3100^{b}	1392^{b}
200	1244	563	510	237	1529^{b}	680^{b}	3283^{b}	1480^{b}
F-test	ns	ns	ns	ns	**	**	*	*
First year								
5	1815^{b}	726	1110^{ab}	502^{ab}	6922	3084^{a}	9847	4312
25	1773^{b}	539	923^{b}	387^{bc}	4658	2721^{ab}	9155	3647
50	1691^{b}	650	854^{b}	340^{c}	5063	2130^{b}	7607	3119
100	1544^{b}	642	1012^{ab}	418^{abc}	5259	2199^{b}	7814	3258
200	2348^{a}	884	1277^{a}	543^{a}	6496	2926^{a}	10705	4352
F-test	*	ns	**	*	ns	*	ns	ns

^{ns} Non-significance ** Significance at 1% level * Significance at 5% level

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 329-332 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 329-332 (2552)

การผลิตน้ำมันหอมระเหยจากเศษรากไม้เทพทาโร(*Cinnamomum porrectum* (Roxb) Kosterm.)

Production of Essential Oil from Roots Wastes of True Laurel (*Cinnamomum porrectum* (Roxb) Kosterm.)

พิชญดา ฉายแสง[1] บงกชรัตน์ ปิติยนต์[1] และนุจารี ประสิทธิ์พันธ์[2]

Chaisaeng, P.[1], Pitiyont, B.[1] and Prasitpan, N.[2]

Abstract

This study was conducted to evaluate the potential use of True Laurel root wastes as an essential oil. Two distillation methods were performed to compare the production efficiency leading to the identification of optimal conditions of better method. The results showed the water distillation method performed better compared to the steam-water distillation and safrole is the main component. Factors influencing the production efficiency were studied: ratio of root and water, soaking time, period of distillation. It was found that the ratio of root and water was 1:10, 7 days of soaking time, and 12 hours of distillation gave the highest yield of essential oil 4.45 % w/w with the safrole content 96.39 %w/w, while using root and water at 1:5, 5 days of soaking time, and 3 hours distillation yielded 3.86 %w/w of essential oil with the highest safrole content 99.69 %w/w. However, by taking into account of economics and to utilize the resource efficiently, the optimal condition was: the ratio of root to water 1:5, with no soaking, and 3 hours of distillation which yielded 3.91%w/w of essential oil with the safrole content 98.97 %w/w. The characteristics of the essential oil is transparent liquid with light yellow in color, refractive index at 25°C = 1.536, specific gravity/density = 1.100/1.098, optical rotation = 0.017 and solubility in 85% ethanol = 1:44 at 20°C. The results could be useful for commercial application so as to make use of true laurel waste with the consideration of extraction efficiency and cost.

Keywords: distillation, essential oil, True laurel

บทคัดย่อ

การศึกษากรรมวิธีการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากเศษรากไม้เทพทาโรโดยวิธีการกลั่น 2 วิธี และสภาวะที่เหมาะสม รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณสารองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหย พบว่าน้ำมันหอมระเหยเทพทาโรมีองค์ประกอบหลักคือสารซาฟรอล การกลั่นด้วยน้ำมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกว่าการกลั่นด้วยไอน้ำ จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต ได้แก่ ปริมาณไม้ต่อปริมาณน้ำ เวลาการหมัก และเวลาการกลั่น พบว่าการผลิตน้ำมันหอมระเหยเทพทาโรโดยการกลั่นด้วยน้ำ ใช้ไม้ต่อน้ำ 1:10 หมัก 7 วัน กลั่น 12 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำมันสูงสุด 4.45 %w/w มีสารซาฟรอล 96.39 %w/w ขณะที่การใช้ ไม้ต่อน้ำ 1:5 หมัก 5 วัน กลั่น 3 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำมัน 3.86 %w/w แต่มีสารซาฟรอลสูงสุด 99.69 %w/w เมื่อพิจารณาในเชิงเศรษฐศาสตร์และการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากเศษรากไม้เทพทาโร โดยการกลั่นด้วยน้ำคือ ใช้ไม้ต่อน้ำ 1:5 หมัก 0 วัน กลั่น 3 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำมัน 3.91 %w/w และปริมาณซาฟรอล 98.97% น้ำมันหอมระเหยที่ผลิตได้จากสภาวะดังกล่าวมีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลืองอ่อน มีกลิ่นเฉพาะตัว รสเผ็ดเล็กน้อย ค่าดัชนีการหักเหของแสงที่อุณหภูมิ 25°C เท่ากับ 1.53578 ที่อุณหภูมิ 20°C ค่าความถ่วงจำเพาะ/ความหนาแน่นเท่ากับ 1.100/1.098 ค่าการเบี่ยงแบนของแสง เท่ากับ 0.017 และค่าการละลายในเอทานอล 85%โดยปริมาตร เท่ากับ 1:4.4 ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อการผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ: การกลั่น น้ำมันหอมระเหย เทพทาโร

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Environmental science, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Chemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand 10900

คำนำ

เทพทาโร (*Cinnamomum porrectum* (Roxb) Kosterm.) เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ อยู่ในวงศ์อบเชย (Lauraceae) พบมากทางภาคใต้ของไทย นิยมเอาส่วนรากใช้ในงานแกะสลักเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ สำหรับเป็นเครื่องบูชา ตกแต่งบ้าน และสินค้าที่ระลึก เป็นต้น ทำให้มีเศษรากไม้เป็นวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก เศษรากไม้นี้กลุ่มเกษตรกรนำมาผลิตเป็นน้ำมันหอมระเหยเทพทาโรโดยวิธีการกลั่น เพื่อใช้ทาแก้แมลงสัตว์กัดต่อย ทาถูนวดแก้ปวดเมื่อย เกษมและคณะ (2550) ศึกษาองค์ประกอบหลักทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากรากไม้เทพทาโรจากจังหวัดตรังและพัทลุง พบว่ามีสารซาฟรอล (safrole) เป็นองค์ประกอบหลัก และยังพบ เมทิลยูจินอล (methyleugenol) อีลิมิซิน (elemicin) และซีส-ไอโซอีลิมิซิน (cis-isoelemicin) ในน้ำมันหอมระเหยเทพทาโรอีกด้วย อรุณพร และคณะ (2550) ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหยเทพทาโร พบว่าน้ำมันหอมระเหยเทพทาโรมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในช่องปากคือ *Streptococcus mutans* โดยมีค่า MIC 10 mg/ml และมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคกลาก ได้แก่ *Trichophyton mentagrophytes* และ *Trichophyton rubrum* มีค่า MIC อยู่ในช่วง 0.5-1.0 mg/ml. ในปัจจุบันกระบวนการผลิตน้ำมันหอมระเหยเทพทาโรยังไม่มีกรรมวิธีและสภาวะที่เหมาะสม น้ำมันหอมระเหยที่ได้จึงมีปริมาณและคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ซึ่งการควบคุมคุณภาพน้ำมันหอมระเหยให้ได้มาตรฐานเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการผลิตในเชิงพาณิชย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษากรรมวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากเศษรากไม้เทพทาโรโดยวิธีการกลั่น วิเคราะห์ปริมาณสารองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหย เพื่อใช้ในการควบคุมปริมาณและคุณภาพ และศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำมันหอมระเหยเทพทาโร ข้อมูลพื้นฐานที่ได้สามารถนำไปต่อยอดสู่การพัฒนาการผลิตที่สามารถทำได้ในระดับชุมชนของกลุ่มเกษตรกรและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีคุณภาพมาตรฐานที่เป็นเอกลักษณ์ของภาคใต้หรือของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันในภาคอุตสาหกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของน้ำมันหอมระเหยเทพทาโร โดยนำเศษรากไม้เทพทาโรแห้งที่เหลือทิ้งจากการแกะสลัก จากกลุ่มผลิตภัณฑ์ไม้เทพทาโรถ้ำเลเขากอบ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง บดให้ละเอียด ชั่งเศษรากไม้บดละเอียด 400 กรัม ใส่ลงในชุดเครื่องกลั่น เติมน้ำให้ท่วมไม้ กลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ จนกระทั่งไม่มีหยดน้ำมันออกมาอีก เก็บน้ำมันหอมระเหยที่ได้ทั้งหมดลงในขวดเติมโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสเพื่อกำจัดน้ำ กรองและเก็บน้ำมันหอมระเหย นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยเทพทาโร ด้วยเครื่องมือ Gas Chromatograph /Mass Spectrometer : GC/MS (Agilent รุ่น 6890N) พิจารณาค่าคุณภาพ (quality) จากสเปคตรัมของพีคที่ได้เทียบกับสเปคตรัมของสารมาตรฐานในฐานข้อมูลของ NIST library (National Institute of Standards and Technology)

ศึกษาวิธีการผลิตน้ำมันหอมระเหยเทพทาโรที่เหมาะสม 2 วิธี คือ การกลั่นด้วยน้ำ (water distillation) และการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water-steam distillation) ใช้ไม้ต่อน้ำในอัตราส่วน 1:10 (ไม้ 200 กรัม : น้ำกลั่น 2 ลิตร) เวลาในการกลั่น 3 6 และ 12 ชั่วโมง เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้และวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย ด้วยเครื่องมือ Gas Chromatograph : GC (Agilent รุ่น 6890N) ที่มีเครื่องตรวจวัดชนิด Flame Ionization Detector (FID) เทียบกับสารมาตรฐานซาฟรอล

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันหอมระเหยเทพทาโร ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ อัตราส่วนไม้ต่อน้ำ 1:5 (ไม้ 400 กรัม : น้ำกลั่น 2 ลิตร) และ 1:10 (ไม้ 400 กรัม : น้ำกลั่น 4 ลิตร) ระยะเวลาการหมัก คือ 0 1 3 5 และ 7 วัน เวลาในการกลั่น คือ 3 6 และ 12 ชั่วโมง (น้ำมันหอมระเหยจะเริ่มกลั่นตัวหลังจากเวลา 2 ชั่วโมง)

ศึกษาลักษณะทั่วไปของน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ สถานะ สี กลิ่น และรส ลักษณะทางฟิสิกส์และเคมีของน้ำมันหอมระเหยเทพทาโร ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะ/ความหนาแน่น (specific gravity / density) ค่าดัชนีการหักเหของแสง (refractive index) ค่าการเบี่ยงแบนของแสง (optical rotation) และค่าการละลายในเอทานอล วิธีทดสอบปฏิบัติตาม ISO 279-1981, ISO 280-1976, ISO 592-1981 และ ISO 875-1981 ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นในน้ำมันหอมระเหยจากเศษรากไม้เทพทาโร โดยใช้ GC/MS เทียบผลกับฐานข้อมูล พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเศษรากไม้เทพทาโร มีองค์ประกอบหลักคือ 1,3-Benzodioxole, 5-(2-propenyl)- หรือซาฟรอล ที่ Retention Time (Rt) 23.33 นาที มีปริมาณสูงสุดคิดเป็น %Area เท่ากับ 95.23 %w/w มีปริมาณใกล้เคียงกับการศึกษาของเกษม และคณะ (2550) ที่พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากกิ่งสดและรากสดไม้เทพทาโร จากจังหวัดตรังและพัทลุง โดยการกลั่นด้วยน้ำ มีปริมาณซาฟรอล 95.51 % และ 97.77 % ตามลำดับ โดยทั่วไปพืชในวงศ์อบเชยจะมีสารซาฟรอล

มากถึงร้อยละ 85-90 ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดด้วยเฮกเซนและคลอโรฟอร์ม (Kadeem และ Gage, 1995) สารประกอบที่พบรองลงมาได้แก่ 1,2,3-trimethoxy-4-(2-propenyl)-Benzene หรืออีลิมิซิน (2.94%) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในจันทร์เทศ และ Benzene,1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)- หรือเมทธิลยูจีนอล (1.42%) เป็นสารหอมที่พบในเครื่องเทศต่างๆ เช่น กะเพรา ดัง Table 1

Table 1 Chemical compositions of essiontial oil for *Cinnamomum porrectum* (Roxb) Kosterm.

Chemical components	Rt	Area (%)
1,8-Cineole	9.02	0.03
3-Cyclohexene-1-methanol,.alpha.,alpha.,4-trimethyl-	17.21	0.02
1,3-Benzodioxole, 5-(2-propenyl)-	23.33	95.23
Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	29.23	1.42
Benzene, 1,2,3-trimethoxy-4-(2-propenyl)-	41.45	2.94
(+)-Calarene OR (+) -.Beta.-Gurjunene	45.84	0.18
6,10,11,11-Tetremethyl-Tricyclo[5.3.0.0(2,3)]Undec-1 (7) ENE	46.59	0.03

การศึกษาผลของวิธีการผลิตต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยและปริมาณซาฟรอลในน้ำมันหอมระเหยเทพทาโร โดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำและการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ ใช้ไม้ต่อน้ำในอัตราส่วน 1:10 เวลาในการกลั่น 3 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยและปริมาณซาฟรอลในน้ำมันหอมระเหยเทพทาโรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดัง Table 2 ดังนั้นจึงเลือกวิธีการกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำมาทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากเมื่อพิจารณาของปริมาณน้ำมันหอมระเหยและปริมาณซาฟรอลในน้ำมันหอมระเหยเทพทาโร พบว่า วิธีการกลั่นด้วยน้ำมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยและปริมาณซาฟรอลสูงกว่าวิธีการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ ทุกเวลาในการกลั่น นอกจากนี้วิธีการกลั่นด้วยน้ำสามารถทำได้สะดวกและมีต้นทุนในการกลั่นต่ำกว่า

Table 2 Essential oil and safrole contents obtained by water distillation and water-steam distillation at different time.

เวลากลั่น	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (%w/w)		ปริมาณซาฟรอล(%w/w)	
(ชั่วโมง)	กลั่นด้วยน้ำ$^{(1)}$	กลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ$^{(2)}$	กลั่นด้วยน้ำ$^{(3)}$	กลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ$^{(4)}$
3	$3.82^{a} \pm 0.22$	$3.60^{a} \pm 0.37$	$97.65^{b} \pm 0.60$	$95.33^{b} \pm 0.82$
6	$3.83^{a} \pm 0.54$	$3.66^{a} \pm 0.12$	$98.40^{b} \pm 1.40$	$95.34^{b} \pm 1.10$
12	$3.83^{a} \pm 0.38$	$3.72^{a} \pm 0.34$	$98.92^{b} \pm 1.36$	$95.35^{b} \pm 1.72$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ระหว่างคอลัมน์(1)และ(2) และระหว่างคอลัมน์(3)และ(4)ในแนวตั้งและแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยวิธี DMRT

การศึกษาผลของสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยและปริมาณซาฟรอลในน้ำมันหอมระเหยเทพทาโร โดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ ที่ปัจจัยแตกต่างกัน ได้แก่ อัตราส่วนไม้เทพทาโรต่อน้ำ เวลาการหมัก และเวลาในการกลั่น พบว่า ที่อัตราส่วนไม้ต่อน้ำ 1:10 ให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำมันหอมระเหยทุกเวลาการหมักและเวลาการกลั่นสูงกว่าไม้ต่อน้ำ 1:5 ยกเว้นที่เวลาการหมัก 0 วัน และที่อัตราส่วนไม้ต่อน้ำ 1:5 ให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณซาฟรอลในน้ำมันหอมระเหยสูงกว่าไม้ต่อน้ำ 1:10 ในทุกปัจจัยการกลั่น โดยการใช้ไม้ต่อน้ำ 1:10 หมัก 7 วัน กลั่น 12 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำมันสูงสุด 4.45 %w/w มีสารซาฟรอล 96.39 %w/w ขณะที่การใช้ ไม้ต่อน้ำ 1:5 หมัก 5 วัน กลั่น 3 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำมัน 3.86 %w/w แต่มีสารซาฟรอลสูงสุด 99.69 %w/w อย่างไรก็ดีผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณน้ำมันหอมระเหยและปริมาณซาฟรอลในน้ำมันหอมระเหยเทพทาโรที่ได้จากการกลั่นทุกปัจจัย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ผลการทดลองดังตารางที่ 3 แต่เมื่อพิจารณาในด้านสิ่งแวดล้อมถึงการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดและด้านเศรษฐศาสตร์ถึงค่าเสียโอกาส (opportunity cost) ของเวลา (time saving) พบว่า การผลิตน้ำมันหอมระเหยจากเศษรากไม้เทพทาโร โดยการกลั่นด้วยน้ำ ใช้ไม้ต่อน้ำ 1:5 หมัก 0 วัน กลั่น 3 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสม ได้ปริมาณน้ำมัน 3.91 %w/w และปริมาณซาฟรอล 98.97 %w/w น้ำมันหอมระเหยที่ผลิตได้จากสภาวะดังกล่าวมีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลืองอ่อน มีกลิ่นเฉพาะตัว รสเผ็ดเล็กน้อย และมีค่าความถ่วงจำเพาะ/ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 20°C เท่ากับ 1.100/1.098 มีค่าดัชนีการหักเหของแสงที่อุณหภูมิ 25°C เท่ากับ 1.53578 และมีค่าการเบี่ยงแบนของแสงที่อุณหภูมิ 20°C เท่ากับ 0.017 และน้ำมันหอมระเหยเทพทาโร 1 ส่วนโดย

ปริมาตรในเอทานอลร้อยละ 85 โดยปริมาตร ปริมาณ 4.4 ส่วน ที่อุณหภูมิ 20°C ต้องได้สารละลายใส ลักษณะของน้ำมันหอมระเหยที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับสมบัติของซาฟรอล มีค่าความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 20°C เท่ากับ1.096 ค่าดัชนีการหักเหของแสงที่อุณหภูมิ 20°C เท่ากับ 1.5383 สามารถละลายในแอลกอฮอล์และละลายได้ในคลอโรฟอร์มและอีเทอร์

Table 3 Essential oil and safrole content in essebtial oil obtained by water distillation with various parameters

เวลาหมัก	เวลากลั่น	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (%w/w)		ปริมาณซาฟรอล (%w/w)	
(วัน)	(ชม.)	1:5$^{(1)}$	1:10$^{(2)}$	1:5$^{(3)}$	1:10$^{(4)}$
0	3	3.91^{a} ± 0.51	3.87^{a} ± 0.80	98.97^{b} ± 1.16	95.08^{b} ± 0.56
	6	3.95^{a} ± 0.53	3.89^{a} ± 0.92	98.96^{b} ± 0.59	95.18^{b} ± 0.36
	12	3.91^{a} ± 0.51	3.90^{a} ± 0.74	98.46^{b} ± 0.49	95.71^{b} ± 1.31
1	3	3.93^{a} ± 0.55	4.15^{a} ± 0.80	98.27^{b} ± 0.33	95.96^{b} ± 0.08
	6	3.96^{a} ± 0.53	4.36^{a} ±1.22	98.96^{b} ± 0.70	95.89^{b} ± 4.17
	12	3.98^{a} ± 0.50	4.38^{a} ± 0.55	98.74^{b} ± 0.32	95.88^{b} ± 0.63
3	3	3.94^{a} ± 0.52	4.16^{a} ± 0.84	98.66^{b} ± 0.26	95.99^{b} ± 1.70
	6	4.00^{a} ± 0.57	4.16^{a} ± 0.83	98.40^{b} ± 0.57	95.89^{b} ± 0.30
	12	4.06^{a} ± 0.50	4.21^{a} ± 0.73	99.17^{b} ± 0.52	95.67^{b} ± 0.52
5	3	3.86^{a} ± 1.08	4.32^{a} ± 1.14	99.69^{b} ± 0.91	95.99^{b} ± 3.38
	6	3.93^{a} ± 0.51	4.34^{a} ± 1.18	98.75^{b} ± 0.81	95.47^{b} ± 0.69
	12	4.05^{a} ± 0.64	4.34^{a} ± 0.62	98.17^{b} ± 0.45	95.03^{b} ± 0.24
7	3	3.90^{a} ± 0.64	3.90^{a} ± 0.50	98.52^{b} ± 0.52	95.70^{b} ± 0.52
	6	3.90^{a} ± 0.53	4.21^{a} ± 0.92	98.54^{b} ± 0.52	95.83^{b} ± 0.52
	12	4.02^{a} ± 0.90	4.45^{a} ± 1.42	99.08^{b} ± 0.52	96.39^{b} ± 0.52

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ระหว่างคอลัมน์(1)และ(2) และระหว่างคอลัมน์(3)และ(4) ในแนวตั้งและแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยวิธี DMRT

สรุปผล

น้ำมันหอมระเหยจากเศษรากไม้เทพทาโรจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ไม้เทพทาโรถ้ำเลเขากอบ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง มีองค์ประกอบหลักทางเคมีคือสารซาฟรอล วิธีการผลิตโดยการกลั่นด้วยน้ำและการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยและปริมาณสารองค์ประกอบหลัก แต่วิธีการกลั่นด้วยน้ำมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันหอมระเหยเทพทาโรต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยและปริมาณซาฟรอลในน้ำมันหอมระเหยเทพทาโรโดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ ที่ปัจจัยแตกต่างกัน พบว่า ที่อัตราส่วนไม้เทพทาโรต่อน้ำ เวลาการหมัก และเวลาในการกลั่น ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยและปริมาณซาฟรอล เมื่อพิจารณาการสูญเสียมูลค่าของทรัพยากรน้อยที่สุดและการเสียโอกาสในทางเศรษฐศาสตร์ สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากเศษรากไม้เทพทาโร โดยการกลั่นด้วยน้ำคือ ใช้ไม้ต่อน้ำ 1:5 หมัก 0 วัน กลั่น 3 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำมัน 3.91 %w/w และปริมาณซาฟรอล 98.97 %w/w

คำขอบคุณ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนวิจัยมหาบัณฑิต สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายใต้โครงการสร้างกำลังคนเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมระดับปริญญาโท (สกว.-สสว.)

เอกสารอ้างอิง

เกษม ตั้นสุวรรณ วิภา พลันสังเกต นวลพรรณ ศิรินุพงศ์ พิมพ์พิมล เพ็ญจำรัส และ ปราณี รัตนสุวรรณ, 2550, รายงานวิจัยเรื่ององค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยเทพธาโร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา, 2: 1-18.

อรุณพร อิฐรัตน์ วันทนา เหรียญมงคล เสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร วิภา พลันสังเกต บุษกร อุตรภิชาติ ศุภารัตน์ สุวรรณี พรหมศิริ เสาวนิตย์ ชอบบุญ ปราณี รัตนสุวรรณ และโสภา คำมี, 2550, รายงานวิจัยเรื่องการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดและน้ำมันหอมระเหยของต้นเทพธาโร,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา, 4: 1-32.

Kadeem, D.P. and Gage, D.A., 1995, Chemical Composition of Essential Oil from the Root Bark of *Sassafras albidum*. Planta Med. [Online], Available: http://www.rhodium.ws/chemistry/3base/safrole.plants/ [November 25, 2007]

การสกัดและองค์ประกอบทางเคมีของกัมจากเมล็ดสำรอง

Extraction and Chemical Compositions of Gum from Malva Nut Seeds

มญชุภา กลิ่นสุคนธ์[1] พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2]
Klinsukon, M.[1], Somboonpanyakul, P.[1] and Laohakunjit, N.[2]

Abstract

The objectives of this research were to determine the extraction conditions and chemical compositions of gum from malva nut seeds. The seeds were dried and defatted before extraction. The examined conditions for gum extraction were different solvents (acetic acid, hydrochloric acid and sodium hydroxide) and concentration (0.05 to 1.00%), seed powder : solvent ratio (1:10 to 1:50), temperature and time for extraction (75 to 85°C and 15 to 60 min), speed and time for centrifugation (3,500-4,500xg and 15-60 min) and pH adjust (pH 3 to 9) before precipitation. The optimum conditions for gum extraction were found to be type and concentration of solvent, 0.05% sodium hydroxide; seeds : solvent ratio, 1:10; temperature and time for extraction, 80°C for 30 min; speed and time for centrifugation, 4,000xg for 15 min; and adjusted pH to 7 before precipitation with 95% ethanol. Under these optimum conditions the highest yield of gum was 21.2 %. The malva nut seeds gum composed of 45.2% crude fiber, 38.9% carbohydrates, 4.9% protein and 1.4% ash. The seeds gum also contained 32.3% total sugar content and 4.6% uronic acid.

Keywords: malva nut seeds, gum extraction, chemical composition

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาภาวะการสกัดและองค์ประกอบทางเคมีของกัมจากเมล็ดสำรอง โดยนำเมล็ดสำรองมาอบแห้งและสกัดไขมันก่อนนำไปสกัดกัม ภาวะในการสกัดกัมมีดังนี้ ชนิดของตัวทำละลาย (กรดอะซิติก กรดไฮโดรคลอริก และโซเดียมไฮดรอกไซด์) และ ความเข้มข้นของตัวทำละลาย (0.05 ถึง 1.00%) อัตราส่วนเมล็ดสำรองผงต่อตัวทำละลาย (1:10 ถึง 1:50) อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัด 75 ถึง 85°C และ 15 ถึง 60 นาที ตามลำดับ ใช้ความเร็วรอบ (3,500-4,500xg) และเวลาในการหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกสารละลายกัม (15 ถึง 60 นาที) และ ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH 3 ถึง 9) ก่อนนำไปตกตะกอนด้วย 95%เอทานอล ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดสำรอง คือ สกัดโดยใช้ 0.05% โซเดียมไฮดรอกไซด์ อัตราส่วนในการสกัดเป็น 1:10 สกัดที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที หมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000xg เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับ pH เป็น 7 ก่อนนำไปตกตะกอนด้วย 95% เอทานอล การสกัดกัมภายใต้ภาวะที่เหมาะสมนี้ ให้ปริมาณกัมสูงสุด คือ 21.2% มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยเส้นใยหยาบ 45.2% คาร์โบไฮเดรต 38.9% โปรตีน 4.9% และ เถ้า 1.4% นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 32.3% และ กรดยูโรนิค 4.6%

คำสำคัญ: เมล็ดสำรอง การสกัดกัม องค์ประกอบทางเคมี

คำนำ

กัม (gum) เป็นโพลีเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เมื่อละลายน้ำจะมีลักษณะข้นหนืด (Glickman, 1969) จึงนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพในด้านความคงตัวของผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ซุป ซอส ผลิตภัณฑ์นม และ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ กัมที่สกัดได้จากเมล็ดของพืช (seeds gum) เช่น โลคัสบีนกัม และ กัวร์กัม เป็นกัมที่ใช้มากในอุตสาหกรรมอาหารเนื่องจากมีสมบัติในการช่วยให้เกิดเจล ช่วยเพิ่มความข้นหนืด และ ความคงตัวให้กับอาหาร ทำให้อาหารมีลักษณะเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏที่ดี (Chaubey และคณะ, 2001) ในปีพ.ศ. 2551 ประเทศไทยมีการนำเข้ากัมสูงถึง 15,274,044 บาท (กรมศุลกากร,

[1]ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทลัยมหิดล 420/1 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
[1]Department of Nutrition, Faculty of Public health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Road., Ratchathewi District, Bangkok 10400
[2]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี (วิทยาเขต บางขุนเทียน) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[2]School of Bioresources and Technology (Bangkhuntien Campus), King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Moo 8 Thakham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

2551) การผลิตกัมจากแหล่งวัตถุดิบในประเทศไทย จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตรและลดการขาดดุลการค้าของประเทศ

สำรอง (*Scaphium lychnophorum* (Hance) Pierre) หมากจอง หรือ พุงทะลาย (พงษ์ศักดิ์, 2550) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Sterculiaceae ผลรี มีขนาด 15x25 มิลลิเมตร ผิวมีสีน้ำตาลเข้มและเป็นร่องขรุขระ เมื่อนำมาแช่น้ำ เนื้อของผลจะพองตัวเป็นวุ้นสีน้ำตาล นิยมนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เนื่องจากมีใยอาหารสูง (ดวงจันทร์, 2545) การผลิตน้ำสำรองมีส่วนที่เป็นเมล็ดเหลือทิ้งประมาณร้อยละ 50 ในส่วนของเมล็ดสำรองมีโพลีแซคคาไรด์เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งน่าจะมีกัมเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย เมล็ดของสำรองจึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจนำมาสกัดกัม เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและลดปริมาณการนำเข้ากัมจากต่างประเทศ งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาภาวะในการสกัดและองค์ประกอบทางเคมีของกัมจากเมล็ดสำรอง เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของกัมชนิดนี้และประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบ นำเมล็ดสำรองมาลอกเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก อบแห้งที่ 45±5°C 48 ชั่วโมง บดให้เป็นผง ร่อนผ่านตะแกรง (50 mesh) สกัดไขมันออกโดยใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์ด้วยชุด Soxhlet 6 ชั่วโมง ผึ่งให้แห้ง ได้เมล็ดสำรองผง แล้วจึงนำไปสกัดกัมต่อไป

2. การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดสำรอง พิจารณาจากภาวะที่สกัดแล้วให้ปริมาณกัม (% Yield) สูงสุด โดยมีปริมาณโปรตีนและเถ้าต่ำสุด ดังนี้ คือ

2.1 ชนิดและความเข้มข้นของตัวทำละลาย โดยแปรตัวทำละลายในการสกัด คือ กรดอะซิติก กรดไฮโดรคลอริก และโซเดียมไฮดรอกไซด์ แปรความเข้มข้นเป็น 0.05, 0.1, 0.5 และ 1% วิเคราะห์ปริมาณกัม โปรตีน และเถ้า วางแผนการทดลองแบบ 3x4 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ

2.2 แปรอัตราส่วนของเมล็ดสำรองผงต่อตัวทำละลาย คือ 1:10, 1:20, 1:30, 1:40 และ 1:50 วัดปริมาณกัม โปรตีน และเถ้า ทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD

2.3 แปรอุณหภูมิและเวลาในการสกัดกัม ที่อุณหภูมิ 75, 80 และ 85°C เป็นเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที วัดปริมาณกัม โปรตีน และ เถ้า วางแผนการทดลองแบบ 3x4 Factorial in CRD ทดลอง 3 ซ้ำ

2.4 ความเร็วรอบและเวลาในการหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกสารละลายกัม หมุนเหวี่ยงที่ 3,500 4,000 และ 4,500xg เป็นเวลา 15 30 45 และ 60 นาที วัดปริมาณกัม โปรตีน และ เถ้า วางแผนการทดลองแบบ 3x4 Factorial in CRD ทดลอง 3 ซ้ำ

2.5 การปรับความเป็นกรด-ด่างของตัวทำละลาย โดยปรับ pH ของสารละลายกัมเป็น 3, 5, 7 และ 9 ตกตะกอนด้วย 95% เอทานอล (1:3) ล้างด้วย 95% เอทานอล 3 ครั้ง ทิ้งให้แห้ง วัดปริมาณกัม โปรตีน และ เถ้า วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SAS (SAS, 1997)

3. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกัมจากเมล็ดสำรอง ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และ ใยอาหาร ตามวิธีของ AOAC (1996) สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตใช้การคำนวณ (100-%ความชื้น-%โปรตีน-%ไขมัน-%เถ้า-%เส้นใยหยาบ) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดตามวิธีของ Dubois และคณะ (1956) และปริมาณกรดยูโรนิคตามวิธีของ Bluemenkrantz และ Asboe-Hansen (1973)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่า การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการสกัดกัมจากเมล็ดสำรอง ให้ปริมาณกัมสูงกว่า แต่มีปริมาณโปรตีนและเถ้าต่ำกว่าการใช้กรดไฮโดรคลอริกและกรดอะซิติกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัม คือ สกัดด้วย 0.05% โซเดียมไฮดรอกไซด์ 80°C 30 นาที ให้ปริมาณกัมสูงสุดคือ 21.18% (โดยน้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณโปรตีนและเถ้าต่ำ ($p \leq 0.05$) (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจากพอลิแซ็กคาไรด์ส่วนมากมีพันธะโควาเลนต์ ซึ่งพันธะนี้สามารถปลดปล่อยได้ดีภายใต้ภาวะเป็นด่างและกัมส่วนใหญ่สามารถละลายได้ดีขึ้นเมื่อสกัดที่อุณภูมิสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Somboonpanyakul และคณะ (2006) ที่พบว่า 0.05% โซเดียมไฮดรอกไซด์ สกัดกัมจากส่วนเนื้อของสำรองได้มากที่สุด (20% โดยน้ำหนักแห้ง) อัตราส่วนของเมล็ดสำรองผงต่อ 0.05% โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อปริมาณกัม โปรตีน และ

เถ้า ดังนั้นที่อัตราส่วน 1 : 10 จึงเหมาะสม เนื่องจากใช้ตัวทำละลายน้อยสุด (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cui และคณะ (1994) ที่สกัดกัมจาก flaxseed และพบว่าอัตราส่วนของตัวทำละลายไม่มีผลต่อปริมาณกัม โปรตีน และ เถ้า สำหรับการหมุนเหวี่ยงสารละลายกัมที่เหมาะสม คือ 4,000xg 15 นาที เนื่องจากได้ปริมาณกัมสูงสุด (21.19%) และ มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างจากการใช้เวลานานกว่านี้ ($p>0.05$) (Table 4) ซึ่งใกล้เคียงกับการสกัดกัมจากส่วนเนื้อของสำรองที่ใช้การหมุนเหวี่ยงที่ 4,070xg 15 นาที (Somboonpanyakul และคณะ, 2006) การปรับ pH สารละลายกัมก่อนตกตะกอน พบว่า การปรับ pH เป็น 7 ไม่มีผลต่อปริมาณกัม โปรตีน และ เถ้า (Table 5) จึงปรับ pH ของกัมให้เป็นกลาง เพื่อให้เหมาะสมต่อการนำกัมไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ กัมที่สกัดได้มีเส้นใยหยาบ 45.2% คาร์โบไฮเดรต 38.9% โปรตีน 4.9% เถ้า 1.4% นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 32.3% และ กรดยูโรนิค 4.6% กัมจากเมล็ดสำรอง มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน เถ้า และกรดยูโรนิคต่ำกว่ากัมจากส่วนเนื้อของสำรอง (62.0 8.3 8.4 และ 6.4% ตามลำดับ) (Somboonpanyakul และคณะ, 2006) ทั้งนี้เนื่องจากกัมที่สกัดได้มาจากส่วนของผลสำรองที่ต่างกันจึงมีองค์ประกอบของน้ำตาลต่างกัน ส่งผลให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลและสมบัติของกัมจากเมล็ดสำรองเพื่อเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

สรุปผล

ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดสำรอง คือ สกัดด้วย 0.05% โซเดียมไฮดรอกไซด์ ใช้อัตราส่วนระหว่าง เมล็ดสำรองผงต่อตัวทำละลายเป็น 1:10 สกัดที่อุณหภูมิ 80°C 30 นาที หมุนเหวี่ยงที่ 4,000xg 15 นาที ปรับ pH เป็น 7 แล้วตกตะกอนด้วย 95% เอทานอล จะได้ปริมาณกัมสูงสุด คือ 21.2% กัมที่ได้มีเส้นใยหยาบ 45.2% คาร์โบไฮเดรต 38.9% โปรตีน 4.9% เถ้า 1.4% นอกจากนี้ยังมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 32.3% และ กรดยูโรนิค 4.6%

Table 1 Effects of type and concentration of solvents on yield, protein and ash contents of malva nut seeds gum.

Type	Concentration (%)	% Yield	% Protein	% Ash
Hydrochloric acid	0.05	5.58^{c}±0.15	7.61^{b}±0.25	2.49^{a}±0.07
	0.10	5.61^{c}±0.12	7.33^{c}±0.06	2.42^{b}±0.04
	0.50	5.66^{bc}±0.17	7.06^{ed}±0.26	2.37^{b}±0.03
	1.00	5.69^{bc}±0.27	6.86^{ef}±0.10	2.34^{b}±0.06
Acetic acid	0.05	6.48^{bc}±0.55	7.26^{cd}±0.16	2.38^{a}±0.05
	0.10	6.44^{bc}±0.64	7.44^{bc}±0.11	2.35^{b}±0.06
	0.50	6.45^{bc}±0.59	7.27^{cd}±0.17	2.37^{b}±0.07
	1.00	6.61^{b}±0.43	7.33^{cd}±0.06	2.28^{c}±0.05
Sodium hydroxide	0.05	9.27^{a}±0.70	6.48^{h}±0.16	2.17^{d}±0.09
	0.10	9.33^{a}±0.36	6.55^{gh}±0.19	2.15^{d}±0.06
	0.50	8.98^{a}±0.98	6.56^{gh}±0.12	2.14^{d}±0.09
	1.00	9.01^{a}±0.35	6.45^{h}±0.10	2.12^{d}±0.08

^{a,b,}...Means followed by a different letter within the same row are significant different ($p\leq 0.05$)

Table 2 Effects of temperature and time for extraction on yield, protein and ash contents of malva seeds gum.

Temperature. (°C)	Time (min)	% Yield	% Protein	% Ash
75	15	20.07^{ab}±2.40	5.84^{bc}±0.14	1.58^{c}±0.03
	30	20.25^{ab}±1.83	5.80^{bc}±0.13	1.57^{c}±0.06
	45	19.66^{ab}±0.63	5.67^{cd}±0.15	1.57^{c}±0.05
	60	15.19^{ef}±0.19	5.73^{cd}±0.08	1.54^{cd}±0.06
80	15	18.50^{bc}±0.50	6.47^{a}±0.18	1.75^{b}±0.04
	30	21.18^{a}±0.07	4.95^{gh}±0.17	1.49^{de}±0.06
	45	15.20^{ef}±0.89	4.96^{gh}±0.14	1.48^{d}±0.05
	60	15.16^{ef}±0.28	4.85^{h}±0.08	1.44^{e}±0.04
85	15	15.72^{de}±1.89	6.01^{b}±0.23	1.89^{a}±0.09
	30	17.49^{cd}±0.42	5.73^{cd}±0.08	1.72^{b}±0.04
	45	13.33^{f}±1.33	5.30^{ed}±0.24	1.67^{b}±0.05
	60	13.19^{f}±0.40	5.26^{ef}±0.12	1.69^{b}±0.06

^{a,b,}...Means followed by a different letter within the same row are significant different ($p\leq 0.05$)

Table 3 Effect of extraction ratio on yield, protein and ash contents of malva nut seeds gum.

Seeds powder : NaOH	% Yield	% Protein	% Ash
1:10	$20.99^{a}\pm0.12$	$4.97^{a}\pm0.14$	$1.47^{a}\pm0.04$
1:30	$20.65^{a}\pm0.92$	$4.97^{a}\pm0.19$	$1.48^{a}\pm0.09$
1:50	$20.19^{b}\pm0.19$	$4.95^{a}\pm0.29$	$1.48^{a}\pm0.04$

a,b,...Means followed by a different letter within the same row are highly significant different ($p\leq 0.05$)

Table 4 Effect of speed and time for centrifugation on yield, protein and ash contents of malva nut seeds gum.

Speed (xg)	Time (min)	% Yield	% Protein	% Ash
3,500	15	$18.25^{de}\pm0.60$	$5.02^{a}\pm0.14$	$1.48^{a}\pm 0.03$
	30	$19.44^{bc}\pm0.85$	$5.00^{a}\pm0.13$	$1.47^{a}\pm0.06$
	45	$19.52^{bc}\pm0.61$	$4.98^{b}\pm0.15$	$1.45^{a}\pm 0.05$
	60	$17.65^{def}\pm0.38$	$4.98^{b}\pm0.08$	$1.44^{ab}\pm0.06$
4,000	15	$21.19^{a}\pm0.04$	$5.08^{a}\pm0.18$	$1.45^{a}\pm0.04$
	30	$21.04^{a}\pm1.22$	$4.95^{ab}\pm0.17$	$1.40^{b}\pm0.06$
	45	$21.11^{a}\pm0.78$	$4.96^{ab}\pm0.14$	$1.48^{a}\pm0.05$
	60	$17.40^{def}\pm^{f}0.50$	$4.95^{ab}\pm0.08$	$1.45^{a}\pm0.04$
6,500	15	$19.77^{b}\pm0.32$	$5.01^{a}\pm0.23$	$1.49^{a}\pm0.09$
	30	$18.52^{cd}\pm0.50$	$4.93^{ab}\pm0.08$	$1.42^{ab}\pm0.04$
	45	$16.81^{f}\pm0.79$	$4.96^{ab}\pm0.24$	$1.47^{a}\pm0.05$
	60	$17.20^{ef}\pm0.26$	$4.95^{ef}\pm0.12$	$1.46^{a}\pm0.06$

a,b,...Means followed by a different letter within the same row are significant different ($p\leq 0.05$)

Table 5 Effect of pH adjust before precipitation on yield, protein and ash contents of malva nut seeds gum.

pH level	% Yield	% Protein	% Ash
3	$18.62^{c}\pm0.58$	$4.86^{a}\pm0.12$	$1.42^{a}\pm0.06$
5	$21.20^{a}\pm0.23$	$4.82^{a}\pm0.13$	$1.30^{b}\pm0.14$
7	$21.16^{a}\pm1.07$	$4.92^{b}\pm0.15$	$1.35^{b}\pm0.05$
9	$20.59^{b}\pm0.39$	$4.93^{b}\pm0.08$	$1.32^{b}\pm0.12$

a,b,...Means followed by a different letter within the same row are highly significant different ($p\leq 0.05$)

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร, 2551, สถิติการนำเข้า ส่งออก natural gums: มกราคม 2551 - มกราคม 2552 [สืบค้น], http://www.customs.go.th

พงษ์ศักดิ์ พลเสนา, 2550, คู่มือจำแนกความแตกต่างระหว่างสำรองกับสำรองกะโหลก, ห้างหุ้นส่วนจำกัดเจตนารมณ์ภัณฑ์, ปราจีนบุรี, 21 หน้า.

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2545, ใยอาหารเพื่อสุขภาพ, วารสารอาหาร, 32(3): 157-159.

AOAC, 1996, Official methods of analysis. 16th ed., Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.

Blumenkrantz, N. and Asboe-hansen, G., 1973, New Method for Quantitative Determination of Uronic Acid, Analytical Biochemistry, 54(2): 484-489.

Chaubey, M. and Kapoor, V.P., 2001, Structure of Galactomannan from the Seeds of *Cassia angustifolia Vahl.*, Carbohydrate Research, 332(4): 439-444.

Cui, W., Mazza, G., Oomah, B.D. and Biliaderis, C.G., 1994, Optimization of an Aqueous Extraction Process for Flaxseed Gum by Response Surface Methodology, Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 27(4): 363-369.

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

Glicksman, M., 1969, A Series of Monographs: Gum Technology in the Food Industry, London: Academics Press.

SAS User's guide, 1997, Cary, NC: SAS Institute.

Somboonpanyakul, P., Wang, Q., Cui, W., Barbut, S. and Jantaawat, P., 2006, Malva Nut Gum.(Part I): Extraction and Physicochemical Characterization, Carbohydrate Polymers, 64(2): 247-253.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 337-340 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 337-340 (2552)

การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของฟลาวร์และสตาร์ชจากเมล็ดสำรอง

Comparison of Physico-chemical Properties of Flour and Starch from Malva Nut Seeds

วรัชญา เอกปริญญารักษ์[1] และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1]

Ekprarinyarak, W.[1] and Somboonpanyakul, P.[1]

Abstract

The objectives of this research were to optimize the starch isolated conditions and compare the chemical compositions and properties of flour and starch from malva nut seeds (*Scaphium lychnophorum* (Hance) Pierre). Flour was prepared by steeping dried malva nut seeds in water before wet milling and drying. The yield of malva nut flour was 72.76%. The examined conditions for starch isolation were different steeping solvents (NaOH, KOH and Na_2SO_3) and concentrations (0.1%, 0.3% and 0.5% w/v), flour to solvent ratios (1:10, 1:20 and 1:30), extraction times (12, 24 and 48 hr), speeds (3000*xg*, 5000*xg* and 7000*xg*) and times (10, 20 and 30 min) for centrifugation. The optimum conditions were found to be type and concentration of steeping solvent, 0.3% w/v NaOH; flour to solvent ratio, 1:20; steeping time, 24 hr; speed and time for centrifugation, 5000xg for 20 min. Under these optimum conditions the maximum yield of starch was approximately 17% with acceptable protein content (0.26%). The protein, fat, and ash contents of flour were higher than those of starch. The swelling power of isolated starch at 55 to 95ºC was higher than flour. The solubility of flour was higher than starch between 55 to 85ºC but lower than starch after 85°C. The peak viscosity of 10% starch paste (75.30 RVU) was higher than that of 10% flour paste (28.11 RVU).

Keywords: flour, starch, malva nut seeds, isolation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแยก และเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของ ฟลาวร์และสตาร์ชจากเมล็ดสำรอง (*Scaphium lychnophorum* (Hance) Pierre) เตรียมฟลาวร์ได้โดยแช่เมล็ดสำรองแห้งในน้ำ จากนั้นนำไปบดเปียกและอบแห้ง ได้ปริมาณฟลาวร์ 72.76% นำมาสกัดแยกสตาร์ช มีภาวะที่ศึกษาดังนี้ ชนิดตัวทำละลาย (NaOH, KOH และ Na_2SO_3) ที่ความเข้มข้น (0.1%, 0.3% และ 0.5% w/v) อัตราส่วนระหว่างฟลาวร์และตัวทำละลาย (1:10, 1:20 และ 1:30) ระยะเวลาในการแช่ (12, 24 และ 48 ชั่วโมง) ความเร็วในการหมุนเหวี่ยง (3000*xg*, 5000*xg* และ 7000*xg*) และ เวลาหมุนเหวี่ยง (10, 20 และ 30 นาที) พบว่า ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแยกสตาร์ชจากเมล็ดสำรอง คือ การสกัด ฟลาวร์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.3% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อัตราส่วนฟลาวร์ต่อตัวทำละลาย 1:20 แช่สกัดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้ความเร็วในการหมุนเหวี่ยงแยกสตาร์ชที่ 5,000*xg* เป็นเวลา 20 นาที ที่ภาวะนี้ให้ปริมาณสตาร์ชสูงสุด 17% และ มีปริมาณโปรตีนเจือปนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (0.26%) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฟลาวร์ พบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และ เถ้าสูงกว่าสตาร์ช สตาร์ชจากเมล็ดสำรองมีกำลังการพองตัวเมื่อได้รับความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 55 ถึง 95ºC สูงกว่าฟลาวร์ ความสามารถในการละลายในช่วงอุณหภูมิ 55 ถึง 85ºC ของฟลาวร์มีค่าสูงกว่าสตาร์ช แต่มีค่าต่ำกว่าสตาร์ชที่อุณหภูมิสูงกว่า 85ºC นอกจากนี้ สารละลายสตาร์ชที่ระดับความเข้มข้น 10% ยังมีค่าความหนืดสูงสุด (76.30 RVU) สูงกว่าสารละลายฟลาวร์ (28.11 RVU)

คำสำคัญ: ฟลาวร์ สตาร์ช เมล็ดสำรอง การสกัดแยก

[1]ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ 420/1 ถ.ราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพ 10400

[1]Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University 420/1 Ratchawithi RD., Ratchathewi District, Bangkok 10400

คำนำ

ในประเทศไทยอุตสาหกรรมแป้งถือเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปหลักของประเทศ บทบาทที่สำคัญ คือ เป็นแหล่งพลังงานจากพืชที่สำคัญของมนุษย์และนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อปรับปรุงคุณภาพและคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ เช่น เป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส สารให้ความคงตัว สารทดแทนไขมัน สารทำให้เกิดเจล แป้งที่ผลิตมากที่สุด คือ แป้งมันสำปะหลัง รองลงมา คือ แป้งข้าวเจ้า และ แป้งข้าวเหนียว ส่วนแป้งสาลีนั้นมีการนำเข้าจากต่างประเทศเป็นมูลค่าสูงถึง 11,045 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2552) จึงมีความพยายามในการเสาะหาแป้งชนิดใหม่จากแหล่งวัตถุดิบในประเทศเพื่อช่วยลดมูลค่าการนำเข้า และเพิ่มความหลากหลายของการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารให้มากยิ่งขึ้น

สำรอง หรือ พุงทะลาย (*Scaphium lychnophorum* (Hance) Pierre) เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ สูง 20-40 เมตร ผลแห้งทรงรี สีน้ำตาลขนาด 1.4x3.5 ซม. (พงษ์ศักดิ์, 2550) ส่วนเนื้อหุ้มเมล็ดมีสารเมือก (Mucilage) จำนวนมาก ซึ่งจะพองตัวในน้ำคล้ายวุ้น มีรสเย็น รับประทานแก้ร้อนใน กระหายน้ำ แก้ไอ แก้เจ็บคอ (Wang และคณะ, 2003) สำรองพบในประเทศไทยแถบจังหวัดจันทบุรีและตราด ในกระบวนการผลิตน้ำสำรองนั้นจะใช้เฉพาะวุ้นที่ได้จากส่วนเนื้อผลสำรองเท่านั้น แต่ส่วนที่เป็นเมล็ดจำนวนมากจะทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ และยังไม่มีงานวิจัยใดได้ศึกษาถึงวิธีการสกัด องค์ประกอบทางเคมี และ คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ (Physico-chemical properties) ของทั้งฟลาวร์และสตาร์ชจากเมล็ดสำรอง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแยกฟลาวร์และสตาร์ช และเปรียบเทียบสมบัติที่สำคัญทางเคมี-ฟิสิกส์ของฟลาวร์และสตาร์ชจากเมล็ดสำรอง

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมฟลาวร์จากเมล็ดสำรอง โดยนำเมล็ดสำรองมาแกะเปลือก ล้าง แล้วอบแห้ง นำเมล็ดที่แห้งไปแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้วบดเปียก (Wet milling) อบแห้ง บด และ ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 300 μm นำฟลาร์วที่ได้ไปสกัดสตาร์ชโดยใช้วิธีปรับปรุงจากการสกัดสตาร์ชข้าวของ Wang และ Wang, (2004) ศึกษาภาวะในการสกัดสตาร์ช ดังนี้ คือ ชนิดและความเข้มข้นของตัวทำละลายที่ใช้แช่สกัด โดยใช้ตัวทำละลายที่ใช้แช่สกัด 3 ชนิด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคลอไรด์ และ โซเดียมซัลไฟต์ และความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0.1% 0.3% และ 0.5% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แช่สกัด 24 ชั่วโมง หมุนเหวี่ยงที่ 5,000*xg* 20 นาที ล้างตะกอนจนหมดโปรตีน แล้วนำไปกรอง ส่วนที่กรองได้นำไปหมุนเหวี่ยง และ ทำให้เป็นกลางด้วยไฮโดรคลอริก 0.5 M อบตะกอนสตาร์ชให้แห้ง บด และ ร่อนผ่านตะแกรง 75 μm ศึกษาอัตราส่วนระหว่างฟลาวร์ต่อตัวทำละลายและเวลาในการแช่สกัด โดยแปรอัตราส่วนระหว่างฟลาวร์ต่อตัวทำละลายเป็น 1:10 1:20 และ1:30 แปรเวลาในการแช่สกัดเป็น 12 24 และ 48 ชั่วโมง สกัดสตาร์ชตามวิธีที่กล่าวมาข้างต้น ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการหมุนเหวี่ยงแยกสตาร์ช โดยแปรระดับความเร็วในการหมุนเหวี่ยงเป็น 3 ระดับ คือ 3,000*xg* 5,000*xg* และ 7,000*xg* และ แปรระยะเวลาในการหมุนเหวี่ยงเป็น 10, 20, และ 30 นาที ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสตาร์ชต้องให้ปริมาณผลผลิต (% yield) สูง และ ปริมาณโปรตีนต่ำ วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลขนาด 3x3 ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (SAS, 1997) นำ ฟลาร์วและสตาร์ชที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์หาความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1996) หาค่าสมบัติการพองตัวและการละลายตามวิธีของ Waliszewski และคณะ (2003) และ ความหนืดสูงสุดของสารละลายฟลาวร์และสตาร์ชเข้มข้น 10% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรตามวิธีของ AACC (1995) ด้วยเครื่อง RVA (Model RVA-4C, Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, Australia)

ผลการทดลอง

การเตรียมฟลาวร์โดยวิธีการบดเปียกให้ผลผลิตฟลาวร์จากเมล็ดสำรอง 72.76% สำหรับภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสตาร์ชที่ให้ปริมาณผลผลิตสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และ มีปริมาณโปรตีนเจือปนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ คือ สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.3% อัตราส่วนฟลาวร์ต่อตัวทำละลายเป็น 1:20 แช่สกัด 24 ชั่วโมง ความเร็วในการหมุนเหวี่ยง 5,000*xg* นาน 20 นาที ดังแสดงใน Table 1 2 และ 3 นอกจากนี้ฟลาวร์ยังมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และ เถ้าสูงกว่าสตาร์ช ดังแสดงใน Table 4

Table 1 Effects of type and concentration of steeping solvents on yield and protein content of starch from malva nut seeds.

Solvent	%Concentration	% Yield	% Protein
NaOH	0.1	12.55^{cd} ± 0.60	0.74^{c} ± 0.04
	0.3	16.05^{a} ± 1.34	0.29^{de} ± 0.04
	0.5	15.10^{ab} ± 0.93	0.06^{f} ± 0.00
KOH	0.1	11.72^{d} ± 0.80	1.00^{b} ± 0.18
	0.3	14.78^{ab} ± 0.79	0.39^{d} ± 0.13
	0.5	15.32^{ab} ± 1.07	0.14^{ef} ± 0.06
Na_2SO_3	0.1	13.81^{bc} ± 0.74	1.20^{a} ± 0.18
	0.3	16.34^{a} ± 1.35	0.81^{bc} ± 0.16
	0.5	16.15^{a} ± 1.21	0.12^{ef} ± 0.03

Table 2 Effects of flour to solvent ratios and extraction times on yield and protein content of starch from malva nut seeds.

Flour : solvent	Time	% Yield	% Protein
1: 10	12 hr	9.88^{f} ± 0.28	0.41^{a} ± 0.03
	24 hr	14.62^{b} ± 0.88	0.27^{b} ± 0.02
	48 hr	10.94^{ef} ± 0.26	0.07^{d} ± 0.01
1: 20	12 hr	11.90^{cde} ± 0.22	0.30^{b} ± 0.00
	24 hr	16.72^{a} ± 1.44	0.28^{b} ± 0.02
	48 hr	11.43^{de} ± 0.33	0.12^{d} ± 0.04
1: 30	12 hr	13.16^{c} ± 0.14	0.36^{a} ± 0.07
	24 hr	12.48^{cd} ± 0.16	0.27^{b} ± 0.01
	48 hr	11.80^{de} ± 1.93	0.18^{c} ± 0.01

^{a,b}Values within the same column follow by different letter are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 3 Effects of speeds and times for centrifugation on yield and protein content of starch from malva nut seeds.

Speed (*xg*)	Time (min)	% Yield	% Protein
3,000	10	12.82^{b} ± 0.41	0.47^{a} ± 0.01
	20	13.66^{b} ± 0.72	0.42^{b} ± 0.02
	30	14.02^{b} ± 0.79	0.29^{d} ± 0.02
5,000	10	15.87^{a} ± 0.69	0.33^{c} ± 0.02
	20	16.72^{a} ± 1.44	0.26^{d} ± 0.02
	30	15.78^{a} ± 0.81	0.20^{ef} ± 0.01
7,000	10	16.29^{a} ± 0.03	0.28^{d} ± 0.02
	20	16.47^{a} ± 0.12	0.22^{e} ± 0.01
	30	15.86^{a} ± 0.64	0.18^{f} ± 0.01

Table 4 Chemical compositions of flour and starch from malva nut seeds.

% Dry basis	Flour	Starch
Moisture	7.15 ± 0.04	8.94 ± 0.11
Protein	16.42 ± 0.08	0.25 ± 0.01
Fat	8.11 ± 0.32	0.32 ± 0.06
Ash	0.89 ± 0.03	0.30 ± 0.06
Carbohydrate [a]	67.43±0.06	90.19±0.08

[a] Estimated by difference.

^{a,b}Values within the same column follow by different letter are significantly different ($p \leq 0.05$)

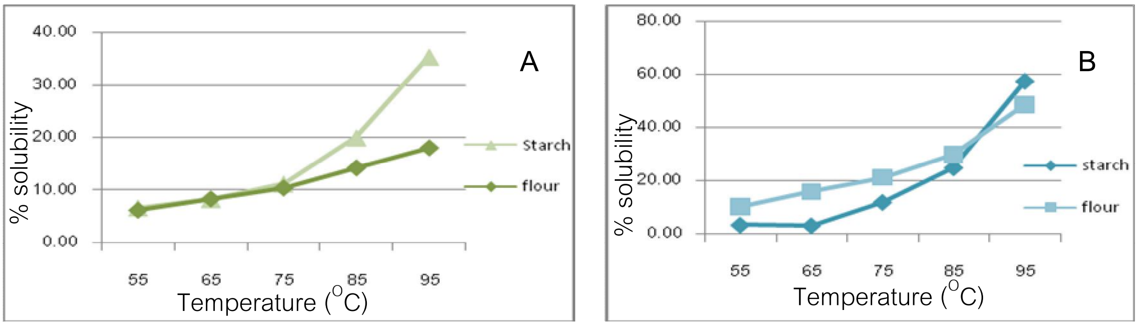


Figure 1 Swelling power (A) and solubility (B) of flour and starch from malva nut seeds

จาก Figure 1 จะเห็นได้ว่าสตาร์ชจากเมล็ดสำรองมีกำลังการพองตัวเมื่อได้รับความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 55 ถึง 95°C สูงกว่าฟลาวร์ สำหรับความสามารถในการละลายของฟลาวร์ในช่วงอุณหภูมิ 55 ถึง 85°C มีค่าสูงกว่าสตาร์ช แต่มีค่าต่ำกว่าสตาร์ชที่อุณหภูมิสูงกว่า 85°C เมื่อวิเคราะห์ด้วย RVA พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 10% สารละลายสตาร์ชมีค่าความหนืดสูงสุด (76.30 RVU) สูงกว่าสารละลายฟลาวร์ (28.11 RVU)

วิจารณ์ผล

การแช่สกัดสตาร์ชด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.3% และ สารละลายโซเดียมซัลไฟต์เข้มข้น 0.3% และ 0.5% ให้ปริมาณผลผลิตสตาร์ชสูงแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) แต่สารละลายโซเดียมซัลไฟต์เข้มข้น 0.3% สามารถสกัดโปรตีนออกน้อย และ มีราคาแพงกว่า ดังนั้น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.3% จึงมีความเหมาะสมในการใช้เป็นสารสกัดแยกสตาร์ชมากกว่า สำหรับอัตราส่วนฟลาวร์ต่อตัวทำละลายที่เหมาะสม คือ 1:20 ซึ่งที่อัตราส่วนต่ำกว่านี้จะให้ผลผลิตที่น้อยกว่า เนื่องจากปริมาณตัวทำละลายน้อยเกินไปทำให้การสกัดไม่มีประสิทธิภาพและที่อัตราส่วนในการสกัดที่สูงกว่านี้จะสูญเสียสตาร์ชไปกับตัวทำละลายในระหว่างการสกัดค่อนข้างมาก ซึ่งภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสตาร์ชจากเมล็ดสำรองนี้ใกล้เคียงกับภาวะการสกัดสตาร์ชจากข้าว (Wang และ Wang, 2004) และ การสกัดสตาร์ชจากกล้วย (Nimsung และคณะ, 2005) การสกัดแยกสตาร์ชจากเมล็ดสำรองในงานวิจัยนี้มีความเหมาะสม เนื่องจากสตารช์ที่ได้มีคาร์โบไฮเดรตมากกว่า 90% และ มีโปรตีนและสิ่งเจือปนรวมกันน้อยกว่า 5% (Wrolstad และคณะ, 2005) สตาร์ชจากเมล็ดสำรองมีความสามารถในการละลายน้ำน้อยกว่าฟลาวร์แต่จะสามารถพองตัวได้ดีกว่าฟลาวร์เมื่อได้รับความร้อน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่าความหนืดซึ่งพบว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันสารละลายสตาร์ชจะมีค่าความหนืดสูงกว่าสารละลายฟลาวร์

สรุปผล

ภาวะการสกัดสตาร์ชที่เหมาะสม คือ สกัดฟลาวร์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.3% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อัตราส่วนฟลาวร์ต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:20 แช่สกัดนาน 24 ชั่วโมง ใช้ความเร็วในการหมุนเหวี่ยงแยกสตาร์ชที่ 5,000*xg* 20 นาที ที่ภาวะนี้ให้ปริมาณสตาร์ชสูงสุดประมาณ 17% และมีปริมาณโปรตีนเจือปนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (0.26%) ปริมาณโปรตีน ไขมัน และ เถ้าของฟลาร์วสูงกว่าสตาร์ช สตาร์ชจากเมล็ดสำรองมีกำลังการพองตัวเมื่อได้รับความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 55 ถึง 95°C สูงกว่าฟลาวร์ ความสามารถในการละลายในช่วงอุณหภูมิ 55 ถึง 85°C ของฟลาวร์มีค่าสูงกว่าสตาร์ช แต่มีค่าต่ำกว่าสตาร์ชที่อุณหภูมิสูงกว่า 85°C นอกจากนี้ที่ระดับความเข้มข้น 10% สารละลายสตาร์ชยังมีค่าความหนืดสูงสุด (76.30 RVU) สูงกว่าสารละลายฟลาวร์ (28.11 RVU)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ รศ. ดร. มาณพ สุพรรณธริกา ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่เอื้อเฟื้อให้ใช้เครื่อง RVA สำหรับวัดความหนืดของแป้ง

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร, 2552, สถิติการนำเข้า-ส่งออกแป้งสาลี: มกราคม-ธันวาคม 2551 [สืบค้น], http://www.customs.go.th/Statistic/StatisticIndex.jsp. [18/Aug/09].

พงษ์ศักดิ์, 2550, คู่มือจำแนกความแตกต่างระหว่างสำรองกับสำรองกะโหลก, ห้างหุ้นส่วนจำกัดเจตนารมณ์ภัณฑ์, ปราจีนบุรี.

American Association of Cereal Chemists (AACC), 1995, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 9 ed., St. Paul, (MN).

Associaion of Official Analytical Chemists (AOAC), 1996, 16 ed., Arlington, (VA).

Nimsung P, Thongngam M, and Naivikul O., 2005, Some Properties of Raw Banana Flour and Starch from Thai Banana Cultivars, Starch Update 2005, p. 201-206.

SAS Institute Inc, 1997, SAS User’s guide, Cary, NC.

Waliszewski, Krysztof N, Apaicio MA, Bello-Perez LA and Mounoy JA., 2003, Changes of Banana Starch by Chemical and Physical Modification, Carbohydrate Polymers, 52: 237-242.

Wang, L., and Wang, Y.J., 2004, Rice Starch Isolation by Neutral Protease and High-Intensity Ultrasound, Journal of Cereal Science, 39: 291–296.

Wang, R.F., Yang, X.W., Ma, C.M., Shang, M.Y., Liang, J.Y., and Wang, X., 2003, Alkaloids from the Seeds of *Sterculia lychnophora* (Pangdahai), Phytochemistry, 63: 475–478.

Wrolstad R.E., Acree, T.E., Decker, E.A., Penner, M.H., Reid, D.S., Schwartz, S.J. et al., 2005, Handbook of Food Analytical Chemistry, John Wiley and Sons, Oregon.

การเปลี่ยนแปลงสารอาหารของข้าวและธัญพืชในระหว่างการงอก
Change of Chemical Composition of Rice and Cereals During Germination

อิงฟ้า คำแพง[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Khampang, E.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract
Increase of nutritional values of Thai rice and cereals by germination process was conducted. It was found that germinated rice soaked in water at 25°C, pH 5.5 for 48 hrs resulted in the greatest carbohydrate, vitamin B1, gamma amino butyric acid (GABA), total phenolics, and phytic acid contents. Four cereals, corn, soybean, mung bean, and kidney bean were germinated by soaking for 6 hrs. Results showed that carbohydrate increased and vitamin B1 also increased as greater in soybean and kidney bean at 22.14 mg/100g and 15.7 mg/100g. Gamma amino butyric acid (GABA) of corn, soybean, mung bean, and kidney bean was increased at 14.5, 13.8, 9.0, and 15.7mg/100g, respectively. Total phenolic of four cereals was 0.60, 0.74, 0.58 and 0.63mg/100g, respectively. However, fat, protein and phytic acid contents of germinated cereals (corn soybean, mung bean and kidney bean) were decreased compared to non-germinated cereals.
Keywords: germination process, rice, corn, mung bean, kidney bean

บทคัดย่อ
การเพิ่มปริมาณสารอาหารของข้าวและธัญพืชไทยโดยใช้กระบวนการงอก พบว่า เมื่อนำข้าวกล้องไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พีเอช 5.5 นาน 48 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต วิตามินบี 1, gamma amino butyric acid (GABA), total phenolics และ phytic acid มากที่สุด แต่เมื่อนำข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วแดง ไปผ่านกระบวนการงอก โดยนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีสารเหล่านี้มีปริมาณเพิ่มขึ้น เช่น วิตามินบี 1 โดยเฉพาะถั่วเหลือง (22.14 mg/100g) และถั่วแดง (15.7 mg/100g) สาร gamma amino butyric acid (GABA) พบว่ามีปริมาณเท่ากับ 14.5, 13.8, 9.0 และ 15.7mg/100g ตามลำดับ และ total phenolic ของธัญพืช 4 ชนิดมีค่าเท่ากับ 0.60, 0.74, 0.58 และ 0.63 mg/100g อย่างไรก็ตามในธัญพืชงอก 4 ชนิด (ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วแดง) มีปริมาณไขมัน โปรตีน และ phytic acid ลดลง
คำสำคัญ: กระบวนการงอก ข้าวเจ้า ข้าวโพด ถั่วเขียว ถั่วแดง

คำนำ
ประชากรในหลายประเทศบริโภคเมล็ดธัญพืชเป็นอาหารหลักมานานกว่า 10,000 ปี ธัญพืชที่นิยมนำมาบริโภคได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวโพด และถั่วต่างๆ โดยเฉพาะข้าวสาลี สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างได้หลากหลาย เช่น ขนมปัง เส้นมักกะโรนี อาหารเสริม และเครื่องสำอาง ซึ่งในข้าวสาลีมี วิตามินอี และกรดไขมันอิ่มตัว มีสารกำจัดอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Miller และคณะ, 2000) และเมื่อนำคัพภะข้าวสาลีมาแปรรูป ทำให้มูลค่าของผลผลิตเพิ่มมากขึ้น ทำให้ในแต่ละประเทศมีความต้องการข้าวสาลีเป็นจำนวนมาก สำหรับประเทศไทยมีการปลูกข้าวสาลีเช่นกัน ซึ่งปลูกได้เฉพาะภาคเหนือของไทยเท่านั้น จึงทำให้ได้ผลผลิตน้อยไม่เพียงพอความต้องการ จึงต้องนำเข้าข้าวสาลีเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะเมล็ดข้าวสาลี และแป้งข้าวสาลี (กรมการข้าว, 2007) แต่ในประเทศไทย ยังมีธัญพืชที่ปลูกได้ทั่วทุกภาคของไทยและมีผลผลิตมาก ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด และถั่วต่างๆ เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียวและถั่วแดง ซึ่งพันธุ์พืชเหล่านี้มีสารอาหารที่ร่างกายต้องการเช่นเดียวกับสารอาหารที่มีอยู่ในข้าวสาลีเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามสารอาหารในข้าวเจ้าและข้าวสาลี มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกัน แต่ข้าวเจ้ามีสารแกมม่า-ออไรซานอล (gamma-oryzanol) และ GABA (gamma-amino butyric acid) เป็นสารอาหารที่ร่างกายต้องการ โดยมีสารป้องกันการเสื่อมของสมอง ซึ่งในข้าวสาลีไม่พบสารทั้ง 2 ชนิดนี้ และ ยังมีงานวิจัยพบว่าเมื่อนำข้าวมาผ่านกระบวนการงอกสารอาหารบางชนิด เช่น วิตามินบี1 มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเป็นการนำ ข้าวเจ้า ข้าวโพด

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8, Teintalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ถั่วเหลือง และถั่วเขียวทดแทนเมล็ดข้าวสาลี

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไปแช่น้ำในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แปรค่า พีเอช ที่ 5.5 และ 6.5 โดยแช่เป็นเวลาที่ 48 ชั่วโมง ธัญพืชทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 ถั่วเขียวพันธุ์อู่ทอง1 และถั่วแดงพันธุ์ถั่วแดงหลวง ไปแช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ โปรตีนโดยใช้วิธีวิเคราะห์ Kjeldahl's method โดยชั่งตัวอย่างมา 0.5 กรัม นำไปย่อยจนให้ได้สารละลายสีฟ้าใส แล้วกลั่นโปรตีนโดยใช้ชุดกลั่นโปรตีน ดูด Boric acid 10 ml หยด indicator 4 หยด นำไปวางใต้เครื่องกลั่น รอจนสารละลาย boric เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน แล้วนำไปไตเตรท จนเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน จากนั้นนำไปคำนวณร้อยละโปรตีน ไขมันโดยวิธี Gravimetric solvent extraction (AOAC.,1990) โดยชั่งตัวอย่างมา 10 กรัม ใส่ในกระดาษกรองนำไปใส่ในชุดสกัดไขมัน ตวงปิโตรเลียมอีเทอร์ 150 ml หลังจากสกัดเสร็จ แยกปิโตรเลียมอีเทอร์ออก นำส่วนที่เป็นไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 30 นาที ชั่งน้ำหนักและคำนวณร้อยละไขมัน GABA ดัดแปลงตามวิธีของ Kitaoka และ Nakano (1969) โดยชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ละลายใน 80%ethanol เขย่าเป็นเนื้อเดียวกัน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์1 ตั้งทิ้งไว้จน ethanol ระเหย เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร เติม buffer และ phenol เขย่าให้เข้ากัน เติม NaOCl เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้ม 10 นาที ทำให้เย็นทันที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง Vitamin B1 ดัดแปลงตามวิธีของ Liu และคณะ (2002) ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นเติม Triton และ phenol red เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง total phenolic วิธีที่ใช้คือ Folin-Ciocalteu's reagent โดยเตรียมสารละลายตัวอย่างความเข้มข้น 0.1 mg/ml จากนั้นเติม Folin-Ciocalteu's reagent และ sodium carbonate ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง phytic acid ดัดแปลงตามวิธีของ Haug และ Lantzsch (1983) ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ละลายในกรดไฮโดรคลอริก ปิเปตแต่ส่วนใส เติม Ferric solution แล้วนำไปต้ม 30 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำแข็ง 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ ไขมัน และโปรตีนเมื่อนำข้าวมาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ พีเอช 5.5 เป็นเวลา 48 ชั่วโมงพบว่า มีปริมาณ โปรตีนและไขมันลดลงเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากในระหว่างการแช่น้ำ น้ำไปกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ ทำโปรตีนบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดซึมเข้าไปภายในเมล็ดจึงทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง เช่นเดียวกับปริมาณไขมัน เกิดการย่อยสลายไขมันจึงทำให้ปริมาณลดลง (Shoichi, 2004) การเปลี่ยนแปลงปริมาณ วิตามินบี 1สำหรับปริมาณวิตามินบี 1 พบว่าในสภาวะ พีเอช 5.5 มีวิตามินบี 1มากที่สุด โดยกลไกการเพิ่มขึ้นของวิตามินบี1 เกิดจากในช่วงการงอกมีกระบวนการหายใจเกิดขึ้น (Yamada และ Kawasaki, 1980) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Zhang และคณะ (2005) ที่พบว่าปริมาณวิตามินบี 1 เพิ่มประมาณ 2.5 เท่าในข้าวกล้องงอก การเปลี่ยนแปลงปริมาณ GABA ปริมาณ GABA เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนอิสระโดยรวมของพืชชั้นสูง โดยการสะสมของGABA ในพืชนั้นเกิดจากหลายปัจจัย เช่นการตอบสนองต่อ water stress (Shelp และคณะ,1999) ซึ่งพบว่า พีเอช อุณหภูมิ และเวลาการแช่น้ำมีผลร่วมกันต่อปริมาณ GABA จากการทดลองพบว่าที่ พีเอช 5.5 พบว่ามีปริมาณ GABA มากที่สุด คือ 39.3 mg/100g การเปลี่ยนแปลงปริมาณ phytic acid ปริมาณ phytic acid หรือ IP6 จัดเป็น antinutritional ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในธัญพืชรวมทั้งข้าว ในระหว่างการงอกของข้าวนั้นทำให้ปริมาณ IP6 ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านการงอก ซึ่งปริมาณ IP6 ลดลงมากที่สุดอยู่ที่สภาวะ พีเอช 6.5 โดยมีค่า 457.51 mg/100g การเปลี่ยนแปลงปริมาณ total phenolic พบว่าปริมาณที่มีค่าน้อยที่สุด อยู่ในสภาวะ พีเอช 6.5 มีค่าเท่ากับ 0.60 mg/100g (Table 1) การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางสารอาหารของธัญพืช 4 ชนิด ในกระบวนการงอกการเปลี่ยนแปลงปริมาณ โปรตีนและไขมันพบว่าปริมาณโปรตีนและไขมันลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบเมล็ดธัญพืชที่ยังไม่ผ่านการงอกการเปลี่ยนแปลงปริมาณ วิตามินบี1 และ GABA พบว่า เมื่อนำธัญพืชไปแช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณสารสำคัญทั้ง 2 เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากว่า น้ำเข้าไปกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ จึงทำให้ถั่วเหลืองมีปริมาณวิตามินบี 1 สูงที่สุด เท่ากับ 22.14 mg/100g และถั่วแดงมี GABA สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 15.72 mg/100g รองลงมาได้แก่ข้าวโพด ถั่วเหลือง และถั่วเขียว มีค่าเท่ากับ 14.5, 13.8 และ 9.06 mg/100g ตามลำดับ สำหรับปริมาณ Phytic acid ในธัญพืชที่มีค่าน้อยที่สุดคือ ถั่วเหลือง รองลงมาได้แก่ ข้าวโพด ถั่วแดง และถั่วเขียว มีค่าเท่ากับ 591.59, 595.97, 597.13 และ 600.78 mg/100g ตามลำดับ ตามลำดับ ที่ IP6 มีปริมาณลดลงหลังจากการงอกแล้วเนื่องจากว่าการงอกไปกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต (Oatway และคณะ, 2001) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเมล็ดธัญพืชที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก การเปลี่ยนแปลงปริมาณ total phenolic พบว่าในถั่วเขียวมี

ปริมาณน้อยที่สุด รองลงมาคือ ข้าวโพด ถั่วแดง และ ถั่วเหลืองตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 0.60, 0.74, 0.58 และ 0.63 mg/100g (Table 2)

Table1 Nutritional values of germinated rice soaked in water at 25°C, pH 5.5 and pH 6.5 for 48 hrs.

พันธุ์	ไขมัน (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	เยื่อใย (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	วิตามินบี1 (mg/100g)	GABA (mg/100g)	Phytic acid (mg/100g)	Phenolic (mg/100g)
ข้าว(ไม่งอก)	2.80	28.40	69.68	1.80	2.85	10.32	483.12	0.29
ข้าว pH 5.5	1.80	27.15	73.55	1.00	52.85	39.30	466.34	0.73
ข้าว pH 6.6	2.20	26.40	71.66	0.20	10.71	27.80	457.51	0.60

Table 2 Nutritional values of germinated cereals (corn soybean, mung bean and kidney bean).

	ไขมัน (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	เยื่อใย (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	วิตามินบี1 (mg/100g)	GABA (mg/100g)	Phytic acid (mg/100g)	Phenolic (mg/100g)
ข้าวโพด	3.90	22.15	75.16	0.70	2.21	6.32	632.56	0.58
ข้าวโพดงอก	3.60	21.90	75.78	1.00	2.85	14.50	595.97	0.60
ถั่วเหลือง	3.20	23.60	76.78	1.00	2.92	3.34	634.12	0.63
ถั่วเหลืองงอก	2.80	22.65	81.43	1.40	22.14	13.80	591.59	0.74
ถั่วเขียว	3.60	23.50	76.78	0.20	2.35	6.24	610.43	0.46
ถั่วเขียวงอก	3.20	22.48	82.76	2.20	8.57	9.06	600.78	0.58
ถั่วแดง	2.50	21.85	77.16	0.30	3.64	8.49	604.12	0.48
ถั่วแดงงอก	2.20	20.07	81.24	0.80	6.42	15.72	597.13	0.63

สรุปผล

ข้าวกล้องไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พีเอช 5.5 นาน 48 ชั่วโมง มีปริมาณวิตามินบี 1, GABA, total phenolics สูงกว่าข้าวที่ยังไม่ผ่านกระบวนการงอก ยกเว้น phytic acid พบมีปริมาณลดลง ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วแดง ไปผ่านกระบวนการงอก โดยนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า มีปริมาณสารสำคัญเพิ่มขึ้น เช่น วิตามินบี1 โดยเฉพาะถั่วเหลือง (22.14 mg/100g) และถั่วแดง (15.7 mg/100g) สาร gamma amino butyric acid (GABA) พบว่ามีปริมาณเท่ากับ 14.5, 13.8, 9.0 และ 15.7mg/100g ตามลำดับ และ total phenolic ของธัญพืช 4 ชนิดมีค่าเท่ากับ 0.60, 0.74, 0.58 และ 0.63mg/100g อย่างไรก็ตามในธัญพืชงอก 4 ชนิด (ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วแดง) มีปริมาณไขมัน โปรตีน และ phytic acid ลดลง ซึ่งสารปริมาณสารอาหารที่สำคัญในข้าวและธัญพืชทั้ง4 ชนิดที่ผ่านกระบวนการงอกพบว่ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้น สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมและเครื่องสำอางแทนเมล็ดข้าวสาลีได้และควรมีการศึกษากระบวนการอื่นๆ ที่สามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารของข้าวและธัญพืชทั้ง 4ชนิดนี้ เช่น วิตามินอี และ ไฟโตสเตอรอล

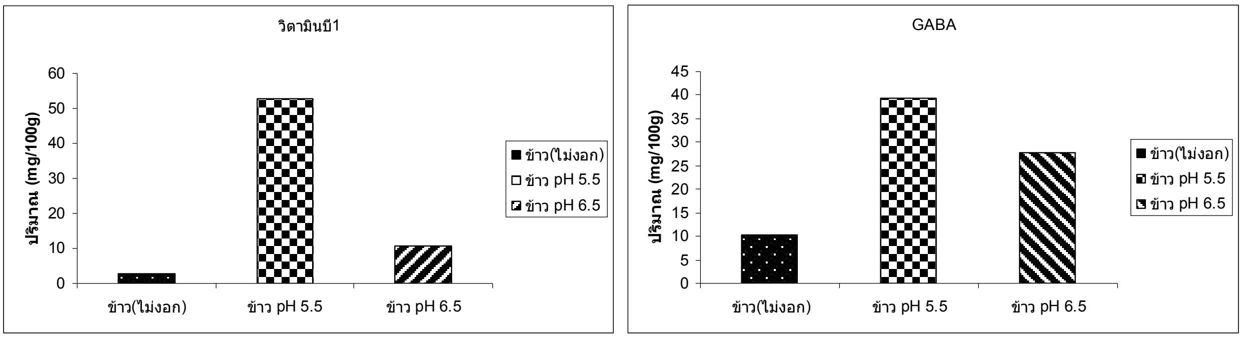


Figure 2 Vitamin B1 and GABA of germinated rice.

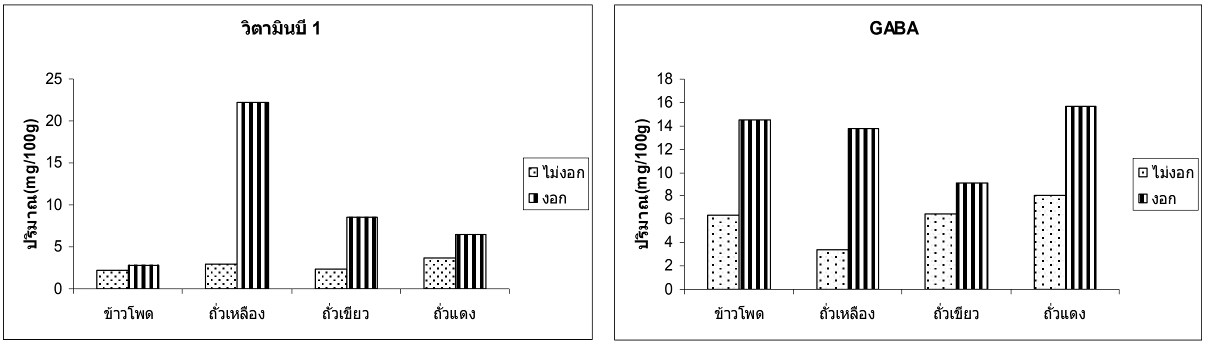


Figure 3 Vitamin B1 and GABA of germinated cereal (corn soybean, mung bean and kidney bean).

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัยทุน สกว.-อุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว, 2007, องค์ความรู้เรื่องข้าว, เอกสารเผยแพร่ของกรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

AOAC., 1990, Official Method of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemistry, Washington, D.C., 1298 p.

Haug, W., Lantzsch, H.J., 1983, Sensitive Method for the Rapid Determination of Phytate in Cereals and Cereal Products, Journal of the Science of Food, 34: 1423 1426.

Kitaoka, S. and Nakano, Y., 1969, Colorimetric Determination of ω-amino acid, The Journal of Biochemistry, 66: 89-94.

Liu, S., Zhang, Z., Liu, Q. Luo, H. and Zheng, W., 2002, Spectro Photometric Determination of Vitamin B1 in a Pharmaceutical Formulation Using Triphenylmethane Acid, Journal of Pharamaceutical and Biomedical Analysis, 30: 685-694.

Miller, H.E., Rigelhof, F. and Marquart, L., 2000, Antioxidant Content of Wholegrain Breakfast Cereals, Fruits and Vegetables, Journal of the American College of Nutrition, 19: 312-319.

Oatway, L., Vasanthan, T. and James, H.H., 2001, Phytic acid, Food Reviews International, 17: 419-431.

Shelp, B.J, Bown, A.W., and Mclean, M.D., 1999, Metabolism and Function of Gamma-Amino Butyric Acid, Trends in Plant Science, 4: 446-452.

Shoichi, I., 2004, Marketing of Value-Added Rice Products in Japan : Germinated Brown Rice and Rice Bread, The Food and Agriculture Organization Rice Conference, 5: 1-10.

Yamada, K. and Kawasaki, T., 1980, Properties of the Thiamine Transport System in Escherichia coli, Journal of Bacteriology, 141: 254-261.

Zhang, L., Hu, P., Tang, S., Zhao, H. and Wu, D., 2005, Comparative Studies on Major Nutrional Compenents of Rice with Agiant Emdryo and a Normal Emdryo, Journal of Food Biochemistry, 29: 653-661.

การเร่งการเจริญเติบโตของพืชด้วยโปรตีนสกัดที่ได้จากการย่อยโปรตีนจากกากเมล็ดสบู่ดำ

Plant Growth Promotion by Protein Hydrolysate Obtained from Enzymatic Digestion of Protein Isolated from *Jatropha curcas* Seed Cake

อรอุมา เสลานนท์[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[2] และ วรพจน์ สุนทรสุข[1]
Selanon, O.[1], Jitareerat, P.[2] and Suntornsuk, W.[1]

Abstract

Jatropha curcas seed cake is a by-product generated from oil extraction process of *J. curcas* seed and contains high protein approximately 20%. It, therefore, would be served as a source of protein hydrolysate applied for plant growth stimulation. This research work was aimed at studying plant growth promotion by protein hydrolysate obtained from enzymatic hydrolysis of protein isolated from *J. curcas* seed cake using chilli as a model plant. Results showed that phorbol ester could be completely removed by ethanol extraction and a yield of protein isolated from the seed cake was 48%. The three proteolytic enzymes (pepsin, papain and neutrase) digested *J. curcas* protein well during 4 hours of incubation with various degrees of hydrolysis (7-91%). Tested on chilli seeds, their growth was stimulated by the protein hydrolysate obtained from neutrase at 2 hours. The sample gave the maximum germination percentage, radicle emergence percentage, seeding growth rate and germination index of 70%, 95%, 4.33 and 7.40, respectively. Therefore, the protein hydrolysate obtained from *J. curcas* protein digestion with neutrase for 2 hours would be an alternative source of potent plant growth promoter.
Keywords: plant growth promotion, protein hydrolysate, *Jatropha curcas* seed cake

บทคัดย่อ

กากเมล็ดสบู่ดำเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันเมล็ดสบู่ดำและมีองค์ประกอบของโปรตีนสูง (20%) ดังนั้นกากเมล็ดสบู่ดำน่าจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นแหล่งของกรดอะมิโนหรือ เปปไทด์ที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรตีนสกัดจากการย่อยโปรตีนที่แยกจากกากเมล็ดสบู่ดำต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยการใช้เมล็ดพันธุ์พริกเป็นพืชต้นแบบ ผลการศึกษาพบว่าสารพิษ phorbol esters ในกากเมล็ดสบู่ดำถูกกำจัดออกหมดโดยการสกัดด้วยเอทานอล ผลได้จากการแยกโปรตีนจากกากเมล็ดสบู่ดำ มีค่า 48% สำหรับผลของระดับการย่อยสลายของโปรตีนจากการย่อยโปรตีนจากกากเมล็ดสบู่ดำด้วย เอนไซม์เปปซิน เอนไซม์ปาเปน และเอนไซม์นิวเตรส ด้วยเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าระหว่าง 7 ถึง 91 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์พริกด้วยโปรตีนสกัด ณ เวลาการย่อยต่าง ๆ พบว่า โปรตีนสกัดจากเอนไซม์นิวเตรสที่เวลา 2 ชั่วโมง ให้ค่าดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์พริกสูงสุด คือให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความงอก 70% เปอร์เซ็นต์การแทงราก 95% อัตราการเจริญของต้นกล้า 4.33 และดัชนีการงอก 7.4 ดังนั้นโปรตีนสกัดที่ได้จากการย่อยโปรตีนจากกากเมล็ดสบู่ดำด้วยเอนไซม์นิวเตรสที่เวลา 2 ชั่วโมง น่าจะใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้อีกแหล่งหนึ่ง
คำสำคัญ: การเร่งการเจริญเติบโตของพืช โปรตีนสกัด กากเมล็ดสบู่ดำ

คำนำ

กากเมล็ดสบู่ดำที่เหลือจากการสกัดน้ำมันออกแล้ว มีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงราว 50-62% (Martínez-Herrera และคณะ, 2006) ซึ่งโปรตีนที่พบในกากเมล็ดสบู่ดำ ได้แก่ albumins, globulins, prolamins และ glutelins (10.8, 27.4, 0.6 และ 56.9 % ตามลำดับ) (Selje-Assmann และคณะ, 2007) จึงน่าเป็นแหล่งของกรดอะมิโนหรือเปปไทด์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่เนื่องจากกากเมล็ดสบู่ดำมีสารพิษและสารต้านคุณค่าทางโภชนาการหลายชนิด โดยเฉพาะ Phorbol

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140 ประเทศไทย
[1]Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand.
[2]สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140 ประเทศไทย
[2]Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand.

ester จึงยังไม่อาจใช้ประโยชน์ของกากเมล็ดสบู่ดำได้ สารเร่งการเจริญเติบโตของพืช (plant growth promoter) เป็นสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ หรือได้รับการสังเคราะห์ขึ้น สารนี้ไม่ใช่ธาตุอาหารของพืช แต่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งอาจเป็นฮอร์โมนพืชหรือสารควบคุมการเจริญเติบโตอื่น ๆ จากการศึกษา พบว่า เปปไทด์และกรดอะมิโนหลายชนิดทั้งที่ได้จากพืชและสัตว์หรือจากการย่อยโปรตีนจากวัตถุดิบธรรมชาติ สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ เช่น Phytosulfokine-α, -β L-methionine รวมถึงเปปไทด์และกรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยโปรตีนในถั่วเหลืองและปลา เป็นต้น (Kobayashi และคณะ, 1999; Hasegawa และคณะ, 2002; Hasegawa และคณะ, 2003; Sanpa และคณะ, 2006) งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะใช้ประโยชน์จากกากเมล็ดสบู่ดำที่เหลือจากการสกัดน้ำมันโดยการแยกโปรตีนจากกากเมล็ดสบู่ดำเพื่อผลิตโปรตีนสกัดด้วยการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ และใช้โปรตีนสกัดเพื่อเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการศึกษาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 1.) การสกัดสารพิษ phorbol ester ออกจากกากเมล็ดสบู่ดำด้วย 90% ethanol ในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 (ตัวอย่าง: ethanol) จำนวน 4 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที 2.) การแยกโปรตีนจากกากเมล็ดสบู่ดำด้วยการปรับค่าความเป็นกรด–ด่าง โดยละลายโปรตีนจากกากเมล็ดสบู่ดำ ด้วยสารละลาย 1N NaOH ที่ความเป็นกรด–ด่างเท่ากับ 12.0 และตกตะกอนโปรตีนด้วยสารละลาย 1N HCl ที่ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.0 3.) การผลิตโปรตีนสกัดจากการย่อยโปรตีนที่แยกได้จากกากเมล็ดสบู่ดำด้วยเอนไซม์โปรตีเอส 3 ชนิด (เอนไซม์เปปซิน เอนไซม์ปาเปน และเอนไซม์นิวเตรส) โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมของแต่ละเอนไซม์ บ่มปฏิกิริยานาน 4 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างชั่วโมงที่ 0, 1, 2 และ 4 หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ ด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และวัดระดับการย่อยสลาย (Adler-Nissen, 1979) ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry และปริมาณกรดอะมิโนโดยวิธี TNBS 4.) การทดสอบการเจริญเติบโตของพืชด้วยโปรตีนสกัดเปรียบเทียบกับชุดควบคุมโดยการใช้เมล็ดพันธุ์พริกเป็นพืชต้นแบบและดำเนินการตามวิธีของ ISTA (1999)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การลดสาร phorbol ester ในกากเมล็ดสบู่ดำทำโดยการสกัดกากเมล็ดสบู่ดำด้วย 90% ethanol 4 ครั้ง ผลของการสกัดพบว่า ปริมาณสาร phorbol ester มีค่าลดลงจาก 77.3 เป็น 1.1 μg/g

ผลการแยกโปรตีนจากกากเมล็ดสบู่ดำ พบว่า โปรตีนที่แยกออกจากกากเมล็ดสบู่ดำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของกากเมล็ดสบู่ดำที่แขวนลอยในสารละลายด่างที่ pH 12 โดยระยะเวลา 3 ชั่วโมง เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการแยกโปรตีนจากกากเมล็ดสบู่ดำ ทั้งนี้ ผลิตผลที่ได้จากการแยกโปรตีนจากกากเมล็ดสบู่ดำ มีค่า 48 % (Figure 1)

ผลของการย่อยโปรตีนที่แยกได้จากกากเมล็ดสบู่ดำ โดยวิเคราะห์ ระดับการย่อยสลาย ปริมาณโปรตีน และปริมาณกรดอะมิโนในตัวอย่าง พบว่า ระดับการย่อยสลาย ปริมาณกรดอะมิโน และปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการย่อยโปรตีนด้วยทั้ง 3 เอนไซม์ ยกเว้นโปรตีนจากการใช้เอนไซม์เปปซิน ลดลงหลังจากการย่อย 1 ชั่วโมง (Figure 2) ผลการศึกษาพบว่า เอนไซม์นิวเตรสให้ระดับการย่อยสลายสูงสุด 91% ในระยะเวลา 4 ชั่วโมง

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนูสายพันธุ์หัวเรือ ด้วยตัวอย่างโปรตีนสกัดที่สภาวะการย่อยต่างๆ เทียบกับชุดควบคุม ได้แก่ น้ำ บัฟเฟอร์ และโปรตีนที่ไม่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ พบว่า เมล็ดพันธุ์พริกที่งอกด้วยสารละลายโปรตีนที่ย่อยด้วยเอนไซม์นิวเตรส ที่ 2 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์ความงอก (germination percentage) สูงสุด 70% ค่าเปอร์เซ็นต์การแทงราก (radicle emergence percentage) อัตราการเจริญของต้นกล้า (seedling growth rate, SGR) และดัชนีการงอก(germination index, GI) สูงสุดคือ 95, 4.33 และ 7.40 ตามลำดับ (Table 1)

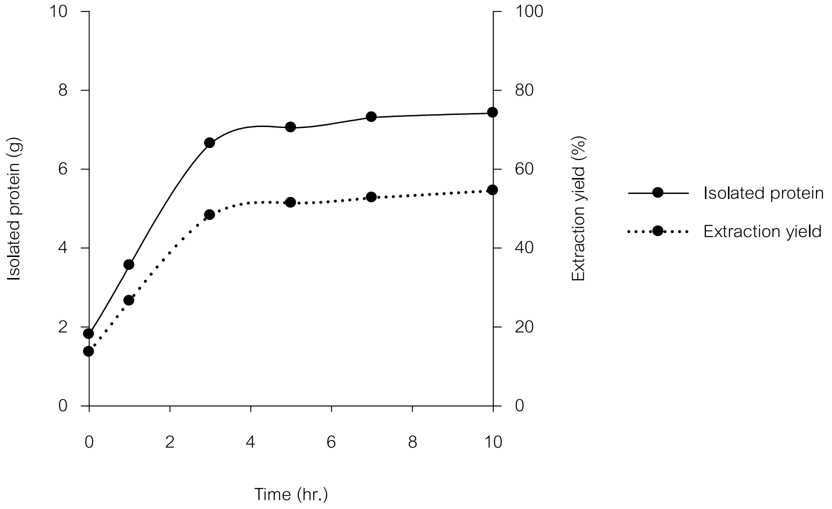


Figure 1 Isolated protein and extraction yield obtained from alkaline and acid extraction of *J. curcas* seed cake.

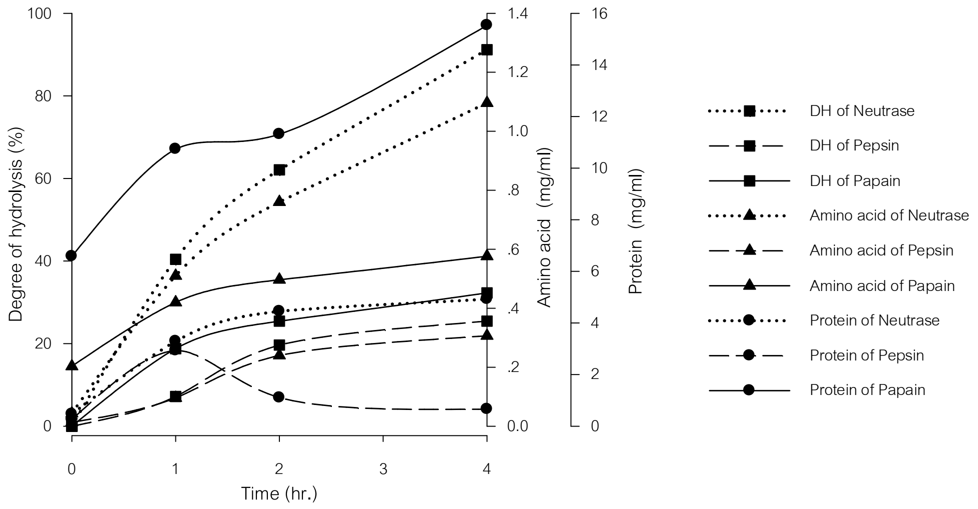


Figure 2 Degree of hydrolysis, amino acid and protein concentration of protein hydrolysate obtained by enzymatic digestion of *J. curcas* protein isolate.

สรุปผล

โปรตีนสกัดจากการย่อยโปรตีนที่แยกจากกากเมล็ดสบู่ดำด้วยเอนไซม์นิวเตรสที่เวลา 2 ชั่วโมง ให้ค่าดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์พริกสูงสุด ดังนั้นผลการศึกษานี้น่าจะเป็นประโยชน์ต่อภาคการเกษตร แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องศึกษาผลการเจริญเติบโตของพืชในแปลงทดลองเพื่อยืนยันผลต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษา และงบประมาณสำหรับการวิจัย รวมทั้ง บริษัทลัดดา จำกัด ที่ให้การสนับสนุนกากเมล็ดสบู่ดำและข้อมูลทางการเกษตร

Table 1 Chili growth indexes by protein hydrolysates obtained from enzymatic *J. curcas* protein digestion.

Treatments	Germination(%)	Radicle emergence (%)	SGR(mg/plant)	GI
Water (Control)	30.00	80.00	1.23	2.64
Buffer pH7 (Control)	0.00	88.00	0.00	0.00
Buffer pH2.5 (Control)	0.00	58.00	0.00	0.00
1% Protein solution pH7 (Control)	38.00	83.00	1.23	3.33
1% Protein solution pH2.5 (Control)	11.00	58.00	1.10	1.02
Neutrase 0 hr	38.00	78.00	1.40	3.35
Neutrase 1 hr	41.00	75.00	2.73	3.81
Neutrase 2 hr	70.00	95.00	4.33	7.40
Neutrase 4 hr	49.00	85.00	3.13	4.72
Papain 0 hr	38.00	80.00	1.77	3.32
Papain 1 hr	41.00	78.00	2.83	3.56
Papain 2 hr	50.00	75.00	1.57	4.35
Papain 4 hr	48.00	77.00	2.67	4.21
Pepsin 0 hr	30.00	67.00	3.50	2.71
Pepsin 1 hr	38.00	76.00	3.54	3.75
Pepsin 2 hr	31.00	79.00	2.88	3.41
Pepsin 4 hr	38.00	85.00	2.90	3.84

เอกสารอ้างอิง

Adler-Nissen, J., 1979, Determination of the Degree of Hydrolysis of Food Proteins Hydrolysates by Trinitrobenzenesulfonic Acid, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 27: 1256-1262.

Hasegawa, N., Fukumoto, Y., Minoda, M., Plikomol, A. and Kubo, M., 2002, Promotion of Plant and Root Growth by Soybean Meal Degradation Products, Biotechnology Letters, 24: 1483-1486.

Hasegawa, N., Yamaji, Y., Minoda, M. and Kubo, M., 2003, Effect of D-Methionine or L- Methionine on Root Hair of *Brassica rapa*, Journal of Bioscience and Bioengineering, 95: 419-420.

ISTA, 1999, International Rules for Seed Testing, Seed Science and Technology, 21 Supplement.

Kobayashi, T., Eun, C.H., Hanai, H., Matsubayashi, Y., Sagami, Y. and Kamada, H., 1999, Phytosulfokine-α, a Peptidyl Plant Growth Factor, Stimulates Somatic Embryogenesis in Carrot, Journal of Experimental Botany, 50(336): 1123-1128.

Martínez-Herrera, J., Siddhuraju, P., Francis, G., Davila-Ortyz, G. and Becker, K., 2006, Chemical Composition, Toxic/Antimetabolic Constituents and Effects of Different Treatments on their Levels in Four Provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico, Food Chemistry, 96: 80-89.

Sanpa, S., Sumiyoshi, S., Kujira, T., Matsumiya, Y. and Kubo, M., 2006, Isolation and Characterization of a Bluegill-Degrading Microorganism, and Analysis of the Root Hair-Promoting Effect of the Degraded Products, Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 70(2): 340-347.

Selje-Assmann, N., Makkar, H.P.S., Hoffmann, E.M., Francis, G. and Becker, K., 2007, Quantitative and Qualitative Analyses of Seed Storage Proteins from Toxic and Non-Toxic Varieties of *Jatropha curcas* L., International Symposium on Energy and Protein Metabolism, 9-14, 2007, Vichy, France. EAAP Publication, 124: 625.

Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 349-352 (2009) ว. วิทย์. กษ. 40(3)(พิเศษ): 349-352 (2552)

ผลของเอนไซม์โปรติเอสในการย่อยสลายโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเขียว

Effects of Protease on hydrolysis of Mungbean Meal Protein Isolates

ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Sonklin, Ch.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Hydrolysed mungbean meal protein (HMP) was hydrolysed mungbean meal protein isolates (MPI) by bromelain. This study was investigated the effect of the bromelain and MPIs ratio at 2, 6, 10, 14 and 18% (w/w) and hydrolysis time at 0.5, 3, 6, 12, 18 and 24 hours. The hydrolytic efficiency of the enzyme on MPIs was also compared. Bromelain 18 % at hydrolysis time for 3 hours served the best for the preparation of HMP with the maximum degree of hydrolysis (DH) 61.04%, %yield was 45.63 and salt content was 3.60 %. Aroma compounds in the best hydrolysis condition to prepare HMP were characterized by dynamic headspace gas chromatography-mass spectrometry (DHS-GC-MS). 11 volatile compounds were found, but the predominant odorants were E-2-decenal, 2-pentyl-furan, Z-2-heptenal, 2-undecenal and nonanal. The relative peak areas of predominant odorants were 25.72%, 16.56%, 14.48%, 12.23% and 10.73% respectively.

Keywords: hydrolysed vegetable protein, mungbean meal protein isolates, bromelain, aroma compounds

บทคัดย่อ

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซท (HMP) จากโปรตีนไอโซเลตกากถั่วเขียว (MPI) โดยการย่อยสลายโปรตีนไอโซเลตจากกากถั่วเขียว (MPI) ด้วยเอนไซม์โบรมิเลน ศึกษาผลของอัตราส่วนของความเข้มข้นของเอนไซม์ต่อกากถั่วขียวที่ร้อยละ 2, 6, 10, 14 และ 18 (โดยน้ำหนัก) และระยะเวลาในการย่อยสลายที่ 0.5, 3, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 18 ย่อยสลายเป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าร้อยละการย่อยสลายเท่ากับ 61.04 เป็นสภาวะที่ให้ค่าการย่อยสลายสูงสุดในการผลิต HMP และมีค่าร้อยละของผลผลิตได้เท่ากับ 45.63 ปริมาณเกลือร้อยละ 3.60 วิเคราะห์สารให้กลิ่นรสใน HMP ที่สภาวะที่ให้ค่าการย่อยสลายสูงสุดโดยใช้ dynamic headspace gas chromatography-mass spectrometry (DHS-GC-MS) พบองค์ประกอบของสารให้กลิ่นรส 11 ชนิด แต่องค์ประกอบหลักของสารให้กลิ่นรส ได้แก่ E-2-decenal, 2-pentyl-furan, Z-2-heptenal, 2-undecenal และ nonanal มี % relative peak เท่ากับ 25.72, 16.56, 14.48, 12.23 และ 10.73 ตามลำดับ

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซท โปรตีนสกัดจากกากถั่วเขียว โบรมิเลน สารให้กลิ่นรส

คำนำ

Hydrolysed vegetable protein (HVP) เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีคล้ายกับสารประกอบที่เกิดขึ้นในระหว่างการหุงต้มเนื้อ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายแหล่งโปรตีนที่ได้จากพืช เช่น ถั่วเหลือง ข้าวสาลี ข้าวโพด และถั่วต่าง ๆ เป็นต้น (Weir, 1986) กากถั่วเขียวที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมวุ้นเส้นยังคงมีปริมาณโปรตีนอยู่สูงถึงประมาณร้อยละ 60-70 (น้ำหนักแห้ง) มีกรดอะมิโนที่สำคัญในการให้กลิ่นรสที่ดี (อัญชลี, 2548) ถั่วเขียวจึงเป็นแหล่งโปรตีนอีกหนึ่งทางเลือกที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นวัตถุดิบในการผลิต HVP วิธีที่นิยมในการย่อยสลายโปรตีน คือ การใช้กรด และเอนไซม์ (Pommer, 1995) มีรายงานการผลิต HVP จากกากถั่วเขียวโดยใช้กรด (อัญชลี, 2548) เอนไซม์ทางการค้า ได้แก่ Flavozyme®, Alcalase®, Neutrase® (ไพลิน, 2548) นอกจากนี้มีการใช้เอนไซม์ปาเปน และ โบรมิเลน (ณัฐวุฒิ, 2550) แต่ยังไม่เคยมีรายงานเกี่ยวกับการผลิต HVP จาก MPI โดยใช้เอนไซม์โบรมิเลน ดังนั้นการวิจัยนี้ศึกษาหาค่าสภาวะในการย่อยสลาย MPI ด้วยเอนไซม์โบรมิเลนที่ให้ค่าความสามารถในการย่อยสลายสูงสุดและวิเคราะห์สารให้กลิ่นรสที่ได้จาก HMP ด้วยวิธี gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

---

[1]สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน)
83 หมู่ 8 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150
[1]Division Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkuntien)
83 Moo 8 Thakham, Bangkuntien, Bangkok 10150

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมโปรตีนไอโซเลต นำกากถั่วเขียวที่ผ่านสกัดน้ำมันผ่านการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งความดันไอน้ำ(ความดัน 15-20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที) ผสมกับน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ ผสมกันในอัตราส่วน 1:15 (w/v) ปรับ pH เป็น 9 ด้วย 2 N NaOH กวนนาน 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ปั่นเหวี่ยงที่ 6,000 g อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ตกตะกอนโปรตีนต่อด้วยการปรับค่า pH เป็น 4-4.5 ด้วย 2N HCL ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืนในห้องเย็น (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียล) ปั่นเหวี่ยง 10,000g อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วล้างตะกอน 2 ครั้ง ด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ นำโปรตีนไอโซเลต 10 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ปรับ pH เป็น 6.0 จากนั้นใส่เอนไซม์โบรมิเลน (activity 98652 unit/g) โดยแปรค่าความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ร้อยละ 2, 6, 10, 14 และ 18 (โดยน้ำหนัก) และระยะเวลาในการย่อยสลายที่ 0.5, 3, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ย่อยที่สภาวะ 50 องศาเซลเซียล หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แยกเอาส่วนที่เป็นตะกอนออก นำส่วนใสไปวิเคราะห์ค่าเกลือโดยใช้ salinity refractometers ร้อยละผลผลิตได้ (%yield) โดยทำการระเหยน้ำออกจนได้สารละลายข้นหนืด วัดน้ำหนักที่ได้เทียบกับน้ำหนักโปรตีนไอโซเลตเริ่มต้น และระดับการย่อยสลาย (degree of hydrolysis, DH) ตามวิธีของ Netto และ Galeazzi (1998) เลือกสภาวะที่ให้ค่าการย่อยสลายสูงสุดมาวิเคราะห์สารให้กลิ่นรสโดยใช้ dynamic headspace gas chromatography-mass spectrometry (DHS-GC-MS) นำ HMP เข้าด้วยวิธี splitless โดยใช้คอลัมน์ HP-5 และก๊าซฮีเลี่ยมเป็นตัวพา โปรแกรมระบบโดยเริ่มจากอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส คงไว้ 5 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 180 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 10 องศาเซลเซียสต่อนาที และเพิ่มอุณหภูมิจาก 180 เป็น 200 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 20 องศาเซลเซียสต่อนาที คงไว้ 10 นาที วิเคราะห์สารระเหยด้วยเครื่อง MSD (scan rage 35-450 amu) ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส และแปรผลโดยเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ % quality math ร้อยละ 80 และเทียบกับสารละลายมาตรฐานอัลเคน (C11-C25 alkanes)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ค่าการย่อยสลาย MPI โดยเอนไซม์โบรมิเลนได้จากระดับค่าการย่อยสลาย วัดจากปริมาณเปปไทด์ที่สามารถละลายได้ในสารละลาย TCA (Andler-Nissen, 1986) จาก (Figure 1) ที่เวลาในการย่อยสลาย 0.5 ชั่วโมง เมื่อร้อยละความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้นจาก 2, 6, 10,14 และ 18 ได้ค่าระดับการย่อยสลายเท่ากับ 44.00, 46.87, 51.91, 54.58 และ 55.56 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการย่อยสลายเท่ากันเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์มากขึ้นทำให้ความสามารถในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น และทุกๆ ความเข้มข้นของเอนไซม์ อัตราการเพิ่มของค่าร้อยละการย่อยสลายอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาในการย่อยสลาย 0-0.5 ชั่วโมง จาก 0.5-3 ชั่วโมง อัตราการย่อยสลายเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนถึงที่เวลา 3 ชั่วโมงอัตราการย่อยสลายเริ่มคงที่ และที่เวลาในการย่อยสลาย 3 ชั่วโมง ร้อยละความเข้มข้นของเอนไซม์เท่ากับ 18 มีค่าร้อยละระดับการย่อยสลายสูงที่สุดเท่ากับ 61.04 ลักษณะการทำงานของเอนไซม์คล้ายกับการย่อยสลายโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง (Flavia,1998) ที่อัตราการย่อยสลายลดลงเนื่องจากบริเวณตัดจำเพาะในสายเปปไทด์ลดลง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (product inhibition) และเอนไซม์ไม่อยู่ในสภาพที่สามารถทำงานได้ (enzyme inactivation) (Constantinides และ Adu, 1980) ทำให้สารตั้งต้นและสายเปปไทด์คงที่ตลอดระยะการย่อยสลาย (Andler-Nissen, 1986) แสดงให้เห็นว่าปริมาณเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยสลายมีผลต่อความสามารถในการย่อยสลายอของเอนไซม์ในช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น ค่าร้อยละของผลได้ของ HVP แปรผันตรงกับความสามารถในการย่อยสลายของเอนไซม์ดัง Figure 2 พบปริมาณเกลือ ใน HMP และในโปรตีนไอโซเลต ดัง Figure 3 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 3.20-3.50 ซึ่งเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เกลือที่พบเกิดจากขั้นตอนการเตรียมโปรตีนไอโซเลตและขั้นตอนการปรับ pH ของการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ แต่จากรายงานของ ณัฐวุฒิ (2550) พบว่าการย่อยสลายกากถั่วเขียวด้วยเอนไซม์โบรมิเลน ใช้ปริมาณเอนไซม์โบรมิเลนร้อยละ 20 ระยะเวลาในการย่อยสลาย 24 ชั่วโมง มีค่าความสามารถในการย่อยสลายเท่ากับร้อยละ 11.23 เนื่องจากการย่อยสลายโปรตีนไอโซเลทจากกากถั่วเขียวใช้เวลาและปริมาณเอนไซม์น้อยกว่าย่อยกากถั่วเขียว และยังให้ค่าความสามารถในการย่อยสลายของเอนไซม์ที่มากกว่าด้วย เนื่องจากโปรตีนไอโซเลทอยู่ในรูปของสารละลายเป็นส่วนใหญ่ ทำให้เอนไซม์โบรมิเลนสามารถทำงานได้ดี เนื่องจากเอนไซม์โบรมิเลนสามารถละลายน้ำได้ และการสกัดโปรตีนไอโซเลทออกมายังลดปัจจัยอื่นๆ ที่ขัดขวางการเข้าทำงานของเอนไซม์ เช่น ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และกากใยของถั่วเขียว เป็นต้น วิเคราะห์สารให้กลิ่นรสใน HMP ที่สภาวะที่ให้ค่าการย่อยสลายสูงสุดโดยใช้ gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) พบองค์ประกอบของสารให้กลิ่นรส 11 ชนิด (Table 1) แต่องค์ประกอบหลักของสารให้กลิ่นรส ได้แก่ trans-2-decenal, 2-pentyl-furan, Z-2-heptenal, 2-undecenal และ nonanal มี % relative

peak เท่ากับ 25.72, 16.56, 14.48, 12.23 และ 10.73 ตามลำดับ ทำให้ลักษณะของกลิ่นรสของ HMP ที่ได้มีกลิ่นคล้ายน้ำต้มเนื้อ หอมหวานและมีกลิ่นของถั่วเขียวเล็กน้อยดัง (Table 1)

สรุปผล

ปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 18 ย่อยสลายเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่ให้ค่าร้อยละการย่อยสลาย MPI สูงที่สุดและมีค่าร้อยละของผลผลิตมากที่สุด ลักษณะของกลิ่นรสของ HMP ที่ได้มีกลิ่นคล้ายน้ำต้มเนื้อ หอมหวานและมีกลิ่นเขียวของถั่วเขียวเล็กน้อย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายใต้โครงการสร้างกำลังคนเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมระดับปริญญาโท (สกว.สสว), บริษัท หงม่าว จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเอนไซม์โบรมิเลน และบริษัท สิทธินันท์ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนกากถั่วเขียว

เอกสารอ้างอิง

ณัฐวุฒิ ส่งแสง, 2550, การผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสทะเลจากโปรตีนไฮโดรไลเซทกากถั่วเขียวโดยเอนไซม์โปรติเอส, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ไพลิน เพ็ชรทวีพรเดช, 2548, การผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากกากถั่วเขียวโดยใช้เอนไซม์โปรติเอส, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าธนบุรี, หน้า 132.

อัญชลี กนึกรัตน์, 2548, การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกากถั่วเหลืองและกากถั่วเขียวเพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 110.

Adler-Nissen, J., 1986, Enzymatic Hydrolysis of Food Proteins, Elsevier Applied Science Publishers, London, p. 122-124.

Constantinides, A. and Adu-Amankwa, B., 1980, Enzymatic Modification of Vegetable Protein: Mechanisms, Kinetics and Production of Soluble and Partially Soluble Protein in a Batch Reactor, Biotechnology and Bioengineering, 30: 1543-1565.

Netto, F.M. and Galeazzi, M.A.M., 1998, Production and Characterization of Enzymatic Hydrolysate from Soy Protein Isolate, Lebensmittel-Wissenschaft und Techologie, 31(7-8): 624-631.

Pommer, K., 1995, New Proteolytic Enzymes for the Production of Savory Ingredients, Cereal Foods Word, 40: 745-748.

Weir, G.S.D., 1986, Protein Hydrolysates as Flavourings, In Development in Food Proteins, Hudson, B.J.F., Ed.; Elsevier Applied Science Publishers, London, New York, 175-217.

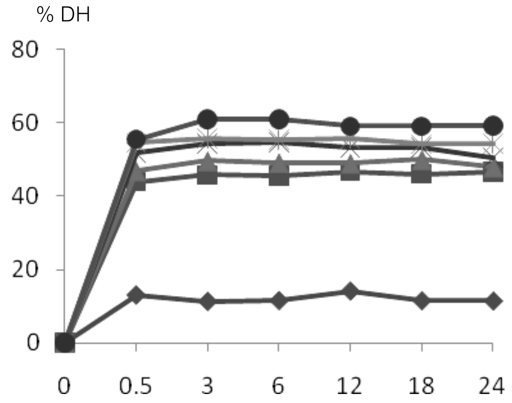


Figure 1 Degree of hydrolysis of HMPs.

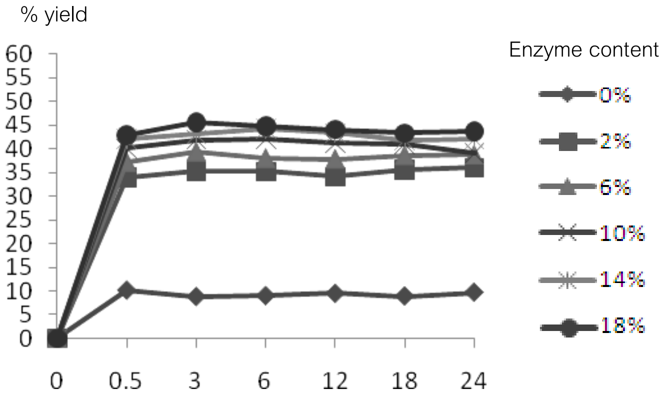


Figure 2 Yield percentage of HMPs.

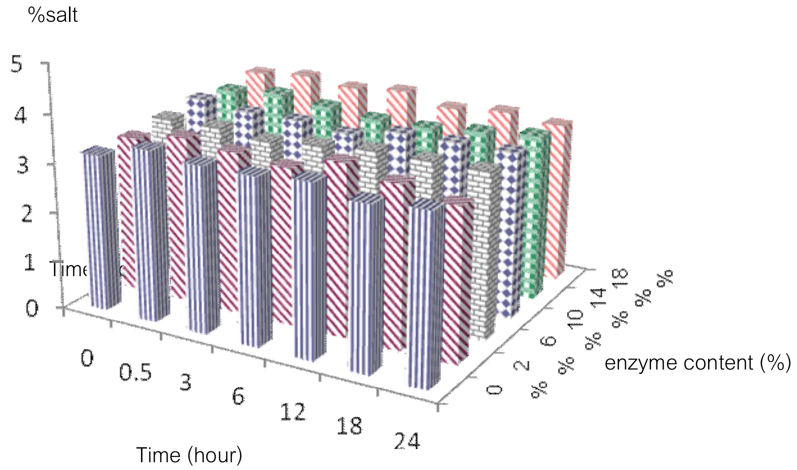


Figure 3 Salt percentage of HMPs.

Table 1 Volatile compounds of HMP hydrolyzed by 18% bromelain at hydrolysis time 3 hours.

No.	Compound	RI (Retention index)	%relative peak area	Odor description
1	Z-2-heptenal	955	14.73	green, fat
2	2-pentyl-furan	993	16.84	green bean, butter
3	2-octenal	1082	2.73	green, nut, fat
4	nonanal	1113	10.91	fat, citrus, green
5	E-2-nonenal	1155	6.42	tallow ,cucumber, fat, slightly green
6	E,E-2,4-nonadienal	1216	1.63	fat, wax, green, aldehyde
7	dihydromethylcyclopentapyrazine	1236	0.97	roast, nut
8	E-2-decenal	1264	26.15	tallow
9	E,E-2,4-decadienal	1282	0.94	seaweed
10	2-undecenal	1397	12.43	sweet
11	2-dodecenal	1668	6.24	sweet, fat

การเตรียมและการประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยในรูปนาโนอิมัลชัน เพื่อเป็นสารต้านจุลชีพในรูปแบบใหม่

Preparation and Application of Nanoemulsions Containing Volatile Oils as a Novel Antimicrobial Agents.

ศิริกาญจน์ เพ็งอ้น[1] ชุติมา ลิ้มมัทวาภิรัติ์[2] และ สนทยา ลิ้มมัทวาภิรัติ์[1]

Pengon, S.[1], Limmatvapirat, C.[2] and Limmatvapirat, S.[1]

Abstract

Some herbal extracts, especially volatile oils from plants, demonstrated interesting antimicrobial activity. However, most of them have a limited application due to water immiscibility and incompatibility with body fluids. The purpose of the study was to solve the problems by conversion volatile oils into biocompatible oils in water (o/w) nanoemulsion. The volatile oils used in the study were including clove oil, peppermint oil, spearmint oil and eucalyptol. The nanoemulsions were prepared by blending oil components with water phase. The nanoemulsions were evaluated for particle sizes, particle charges of oil droplets and other physical stabilities. The optimized formula was also evaluated for the antimicrobial activity. The results demonstrated that molecular structure and polarity of volatile oils affected the physical stability. Formula containing volatile oils such as peppermint oil, spearmint oil and eucalyptol showed good physical stability and the droplet size was in nanometers range. Some formula containing clove oil showed cracking and some formula containing menthe showed crystallize of emulsion after storage. The selected formula was determined the antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus*. The nanoemulsions demonstrated almost 100% killing at the level of 10-fold dilution. The possible mechanism might be involved with the disruption of bacterial cell wall. The knowledge gain from the present study could support the formulation of novel antimicrobial agents in the near future.

Keywords: nanoemulsions, volatile oil, herbal extract, antimicrobial

บทคัดย่อ

สารสกัดจากสมุนไพรบางชนิดโดยเฉพาะน้ำมันหอมระเหยจากพืช แสดงความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่น่าสนใจ อย่างไรก็ตามน้ำมันหอมระเหยมีข้อจำกัดในการใช้ เนื่องจากไม่เข้ากับน้ำและเข้ากันไม่ได้กับของเหลวในร่างกาย การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนแปลงน้ำมันหอมระเหยให้อยู่ในรูปนาโนอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่มีความเข้ากันได้ดีกับน้ำ โดยได้ทำการศึกษาโดยใช้น้ำมันหอมระเหย ได้แก่ น้ำมันกานพลู Peppermint oil, Spearmint oil และ Eucalyptol การเตรียมนาโนอิมัลชันทำได้โดยการปั่นผสมส่วนของน้ำมันกับส่วนของน้ำ หลังจากนั้นนำไปประเมินผลด้วยการวัดขนาดอนุภาค ประจุบนพื้นผิวของอนุภาคหยดน้ำมัน และคุณสมบัติความคงตัวทางกายภาพอื่นๆ หลังจากนั้นนำสูตรที่เหมาะสมไปประเมินความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างทางโมเลกุลและความมีขั้วของน้ำมันหอมระเหยมีผลต่อความคงตัวทางกายภาพของอิมัลชัน บางสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำมันกานพลูแสดงการแยกชั้นของอิมัลชัน (cracking) หลังการเก็บ และสูตรที่มีส่วนผสมของเมนทอลแสดงให้เห็นผลการตกผลึกของอิมัลชันหลังการเก็บ การศึกษาต่อมาได้นำอิมัลชันสูตรที่เหมาะสมไปประเมินผลการฆ่าเชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งแสดงผลการฆ่าเชื้อได้ 100% ทั้งหมดเมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า กลไกในการฆ่าเชื้ออาจเกิดจากการไปรบกวนบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย ความรู้ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางใหม่ในการพัฒนาสูตรตำรับเพื่อเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ: นาโนอิมัลชัน น้ำมันหอมระเหย สารสกัดจากสมุนไพร การต้านเชื้อจุลินทรีย์

---

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

[1]Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmacy, Silpakorn University, Nakhon Pathom, Thailand

[2]ภาควิชาเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

[2]Department of Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Pharmacy, Silpakorn University, Nakhon Pathom, Thailand

คำนำ

ปัญหาการติดเชื้อถือเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขในอันดับต้นๆ ของประเทศ โรคที่เกิดจากการติดเชื้อนั้นถือเป็นสาเหตุการตายของประชากรใน 10 อันดับแรก การป้องกันการติดเชื้อ อาจทำได้โดยการทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องใช้ รวมถึงการทำความสะอาดร่างกาย ผิวหนัง และช่องปากด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ ตัวอย่างน้ำยาฆ่าเชื้อที่ใช้ในปัจจุบัน เช่น สารในกลุ่มฟีนอล คลอรีน แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ ไอโอดีน คลอเฮกซิดีน เป็นต้น (Hibbard, 2005; Khan และ Naqvi, 2006; Vernon และคณะ, 2006) สารเหล่านี้มีข้อดี คือ สามารถฆ่าเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ และออกฤทธิ์กว้าง แต่อย่างไรก็ตาม การใช้สารฆ่าเชื้อดังกล่าวยังมีข้อเสียหลายประการ เช่น มีผลทำให้เกิดการระคายเคือง สารบางตัวมีสีติดผิวหนัง การดื้อยาของเชื้อหลายชนิดในน้ำยาฆ่าเชื้อ รวมถึงอาจก่อให้เกิดอาการแพ้ในผู้ป่วย ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมและการประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยในรูปนาโนอิมัลชัน และประยุกต์ใช้เป็นสารต้านจุลชีพในรูปแบบใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ

อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำเตรียมโดยผสมส่วนที่เป็นวัฏภาคน้ำมันเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันกับสารลดแรงตึงผิวที่ละลายได้ดีในน้ำมันให้ความร้อนโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส และผสมส่วนที่เป็นวัฏภาคน้ำเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วยน้ำและสารลดแรงตึงผิวที่ละลายน้ำ ให้ความร้อนโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 65 องศาเซลเซียส เทส่วนวัฏภาคน้ำมันลงในส่วนวัฏภาคน้ำพร้อม homogenize ด้วยเครื่อง homogenizer ความเร็วรอบ 2350 rpm ตลอดเวลาเป็นเวลา 5 นาที ทำการประเมินผลความคงตัวของอิมัลชัน โดยการนำอิมัลชันที่ได้บรรจุลงในขวดขนาด 50 มิลลิลิตร ทำการตรวจดูว่าเกิดการแยกเป็นครีม (creaming) หรือการแยกชั้น (cracking) ภายหลังการเตรียมแล้ว 24 ชั่วโมงรวมไปถึงหลังการเก็บเป็นเวลา 1 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในกรณีที่เกิดแยกเป็นครีมให้ทำการบันทึกเปอร์เซ็นต์ของการเกิดครีมด้วย ทำการตรวจสอบลักษณะอนุภาคของอิมัลชันด้วยการถ่ายภาพผ่านกล้องดิจิตอล (Dinolite, AM423X), กล้องจุลทรรศน์ และการวัดขนาดอนุภาคของหยดน้ำมันด้วยเครื่องวัดขนาดอนุภาค (Horiba, LA-950, Japan) ทำการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ผิวอนุภาค (Zeta potential) ด้วยเครื่องวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ผิวอนุภาค (Zeta plus, Brookhaven, USA) วัด pH ของอิมัลชัน ด้วยเครื่องวัด pH (Mettler-Toledo GmbH, China) และวัดความหนืดของอิมัลชันด้วยเครื่องวัดความหนืดของสาร (Brookfield Digital Viscometer, RVTD, USA) นำสูตรที่เหมาะสมไปประเมินผลการฆ่าเชื้อ *Staphylococcus aureus* โดยผสมอิมัลชัน : เชื้อในอัตราส่วน 1 : 9 ผสมด้วย Incubator shaker เป็นเวลา 10 นาที นำมา spread บนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA plate บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกจำนวนโคโลนี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเตรียมน้ำมันหอมระเหยในรูปนาโนอิมัลชัน พบว่า อิมัลชันที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยมีความคงตัวที่ดี ไม่เห็นการแยกชั้นของอิมัลชันหลังจากการเตรียม 24 ชั่วโมง Figure 1 ทางด้านซ้าย แสดงลักษณะของอิมัลชันหลังจากเก็บไว้ที่ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากภาพพบว่า อิมัลชันมีสีขาวขุ่น ไม่เกิดการแยกของอิมัลชัน ส่วน Figure1 ทางด้านขวา เป็นลักษณะของอิมัลชันหลังจากเก็บไว้ที่ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน ซึ่งแสดงการแยกชั้นของอิมัลชันที่มีส่วนผสมของน้ำมันกานพลู และการตกตะกอนผลึกของเมนทอลในสูตรที่มีส่วนผสมของ Menthe เมื่อนำอิมัลชันที่เตรียมได้ไปวัดขนาดอนุภาค พบว่า ขนาดอนุภาคของอิมัลชันที่มีส่วนผสมของน้ำมันกานพลู, spearmint oil, peppermint oil, Menthe, optamint oil และน้ำมันยูคาลิปตัสหลังจากการเตรียม 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 294, 198, 200, 84, 202 และ 1768 นาโนเมตร ตามลำดับ เมื่อเก็บอิมัลชันไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่า อนุภาคของอิมัลชันมีขนาดเท่ากับ 34439, 248, 204, 5604, 201 และ 2399 นาโนเมตร ตามลำดับ โดยอนุภาคของอิมัลชันที่มีส่วนผสมของน้ำมันกานพลูมีขนาดเพิ่มขึ้นจาก 294 นาโนเมตร เป็น 34.439 ไมโครเมตร และอิมัลชันที่มีส่วนผสมของ Menthe มีขนาดอนุภาคเพิ่มขึ้นจาก 84 นาโนเมตร เป็น 5.604 ไมโครเมตร เนื่องมาจากการรวมตัวของหยดน้ำมันกานพลูและการตกผลึกของเมนทอล ตามลำดับดังแสดงใน Figure 2 ผลที่ได้ยืนยันด้วยการถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์ เมื่อนำอิมัลชันไปถ่ายภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่า ลักษณะของนาโนอิมัลชันที่เตรียมได้ทุกสูตรมีรูปร่างกลม ขนาดอนุภาคค่อนข้างเล็ก ยกเว้นนาโนอิมัลชันที่มีส่วนผสมของน้ำมันกานพลูที่มีขนาดหยดน้ำมันค่อนข้างใหญ่ และนาโนอิมัลชันที่มีส่วนผสมของเมนทอล พบผลึกของเมนทอลจำนวนมาก เมื่อนำนาโนอิมัลชันไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 3.68 ถึง 5.10 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันทั้งหลังการเตรียมเป็นเวลา 1 วัน และหลังการเก็บไว้เป็นเวลา 7 วัน ดังแสดงใน Figure 3 Figure 4 แสดงค่าความหนืดของนาโนอิมัลชันสูตรต่างๆ ซึ่งพบว่า ความหนืดของนาโนอิมัลชันส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5-7 cps ยกเว้นนาโนอิมัลชันที่มีส่วนผสมของน้ำมันกานพลู และเมนทอล มี

ความหนืด 24 และ 61 cps ตามลำดับ Figure 5 แสดงค่าประจุบนพื้นผิวของอนุภาคนาโนอิมัลชัน พบว่า ค่าประจุบนพื้นผิวมีค่าเป็นบวกทั้งหมด ซึ่งจะสามารถเข้าจับกับเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียที่มีประจุลบได้ เมื่อนำนาโนอิมัลชันมาทดสอบการฆ่าเชื้อ *Staphylococcus aureus* โดยเจือจางนาโนอิมัลชัน 10 เท่า พบว่า นาโนอิมัลชันที่เตรียมได้มี ฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อเกือบ 100% ทั้งหมด ซึ่งคาดว่ากลไกในการฆ่าเชื้ออาจเกิดจากการที่นาโนอิมัลชันที่มีขนาดเล็กจำนวนมากไปรวมอยู่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียและไปรบกวนบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย โดยนาโนอิมัลชันที่มีส่วนผสมของน้ำมันกานพลูมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อมากที่สุด

สรุปผล

การนำน้ำมันหอมระเหยมาใช้ในการเตรียมอิมัลชัน ทำให้ได้อนุภาคของอิมัลชันขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร และมีความคงตัวที่ดี ยกเว้นสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำมันกานพลูแสดงการแยกชั้นของอิมัลชัน (cracking) หลังการเก็บ และสูตรที่มีส่วนผสมของเมนทอลแสดงให้เห็นผลการตกผลึกของอิมัลชันหลังการเก็บนาโนอิมัลชันที่เตรียมได้แสดงผลการฆ่าเชื้อ *Staphylococcus aureus* 100% เมื่อทำการเจือจาง 10 เท่า ซึ่งกลไกการฆ่าเชื้ออาจเกิดจากอิมัลชันขนาดเล็ก และน้ำมันหอมระเหยไปรบกวนบริเวณเยื้อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางใหม่ในการพัฒนาสูตรตำรับเพื่อเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ในอนาคตต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนจากกองทุนสนับสนุนงานวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.-อุตสาหกรรม (MAG Window I)

เอกสารอ้างอิง

Hibbard, J.S., 2005, Analyses Comparing the Antimicrobial Activity and Safety of Current Antiseptic Agents, Journal of Infusion Nursing, 28(3): 194-207.

Khan, M.N. and Naqvi, A.H., 2006, Antiseptics, Iodine, Povidone Iodine and Traumatic Wound Cleansing, Journal of Tissue Viability, 16(4): 6-10.

Vernon, M.O., Hayden, M.K., Trick, W.E., Hayes, R.A., Blom, D.W. and Weinstein, R.A., 2006, Chlorhexidine Gluconate to Cleanse Patients in a Medical Intensive Care Unit: the Effectiveness of Source Control to Reduce the Bioburden of Vancomycin-Resistant Enterococci., Archives of Internal Medicine, 166(3): 306-312.

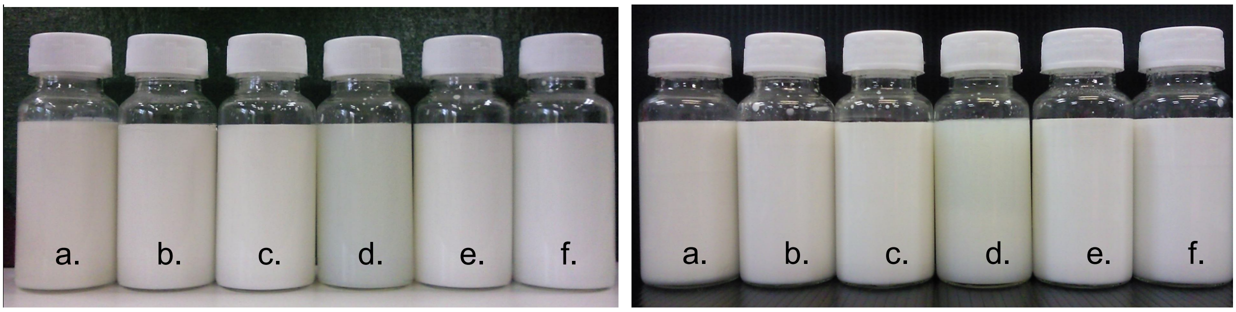


Figure 1 Stability of nanoemulsions containing volatile oils after prepare 24 hr (left) and after storage 7 days (right)

a. clove oil, b. spearmint oil, c. peppermint oil, d. Menthe, e. optamint oil and f. eucalyptol

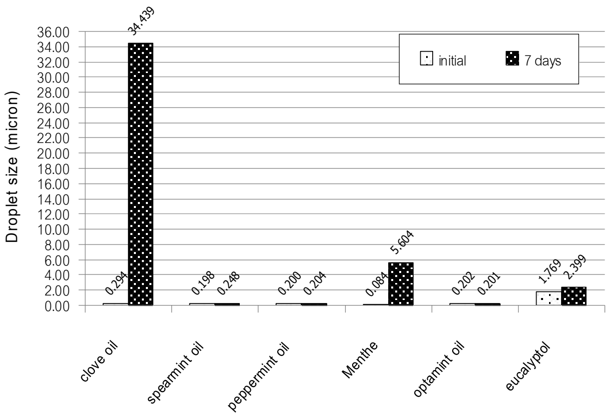


Figure 2 Droplets size of nanoemulsions containing volatile oils.

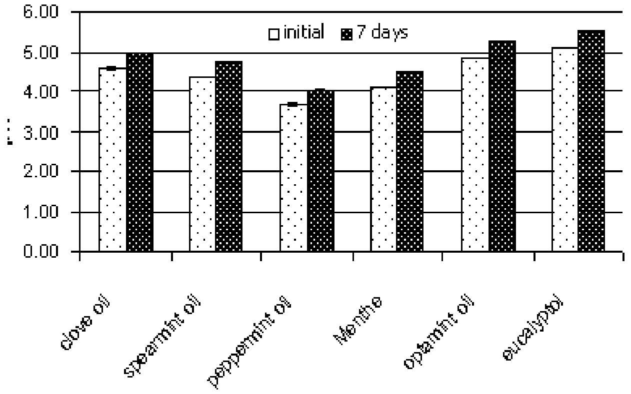


Figure 3 pH of nanoemulsions containing volatile oils.

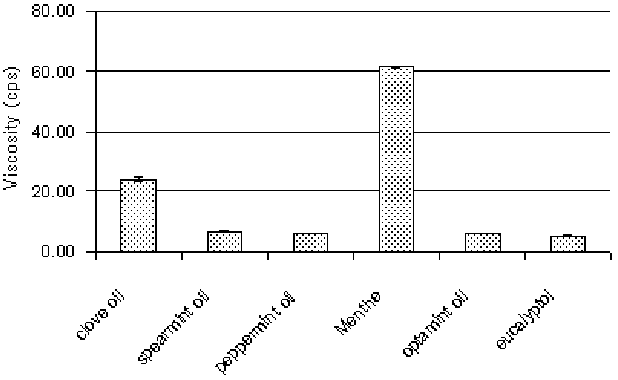


Figure 4 Viscosity of nanoemulsions containing volatile oils

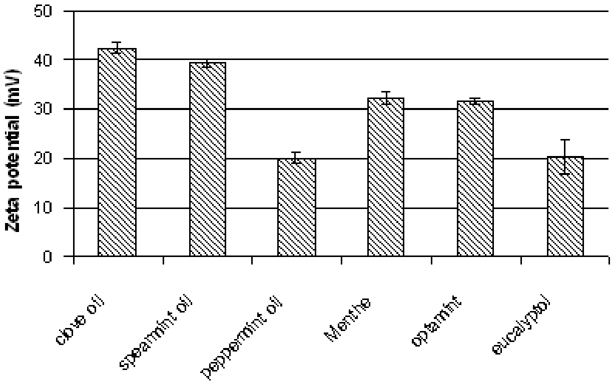


Figure 5 Zeta potential of nanoemulsions containing volatile oils

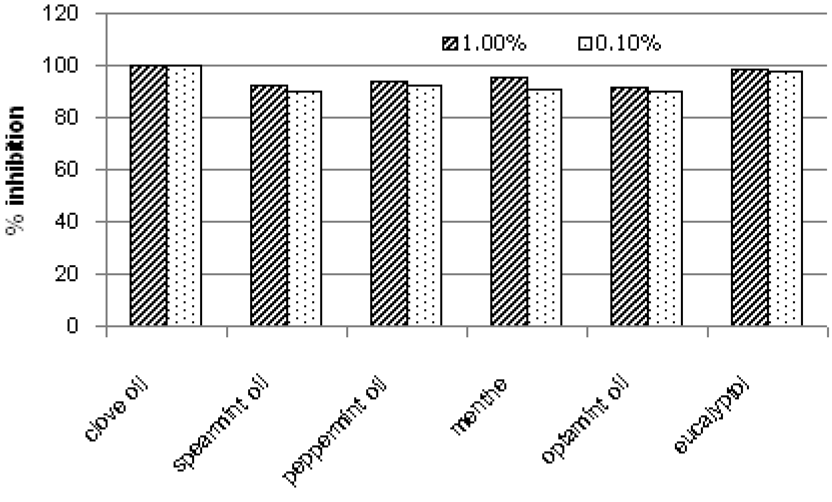


Figure 6 Susceptibility of *Staphylococus aureus* to nanoemulsion containing volatile oils . Cells were either incubated in TSB medium (control) or treated with different concentrations of nanoemulsion for 10 minutes at 37 °C. After treatment, cells were plated on TSA plates to assess the number of CFU.

ผลของการแปรรูปเบื้องต้นและการเตรียมแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของแครกเกอร์ข้าว

Effects of Rice Flour Processing and Preparation on Rice Cracker Quality

ณัฐกานต์ นามมะกุนา[1] ศจี สุวรรณศรี[1] ปริตา ธนสุกาญจน์[1] ปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์[1]

Nammakuna, N.[1], Suwansri, S. [1], Thanasukarn, P.[1] and Ratanatriwong, P.[1]

Abstract

The effects of rice flour primary processing and preparation on the physical and chemical qualities of rice crackers with wheat substituted in the flour blend were determined. Rice flour prepared from dry milling (DM) and wet milling (WM) was used for rice cracker and the product qualities were compared. Then, rice flour of 4 different particle sizes were prepared by sieving flour through a series of standard sieves at 50, 100, 140 and 230 mesh, and were used to make rice cracker samples. All physical and chemical properties of treatment samples including color value, moisture content, a_w, hardness and puffiness were determined and compared to two controls; 100% rice flour and 100% wheat flour. The milling method and flour particle size affected rice cracker quality. The wet milling rice flour gave the sample with harder texture, less puffy, and more off-white color than samples from the dry milling rice flour and wheat flour, which were more yellow. A decrease in rice flour particle size exhibited an increasing trend of moisture content, water activity and hardness ($p \leq 0.05$). Flour with small particle size of 100-140 mesh gave rice cracker with more desirable qualities. Thus, using dry milling rice flour with small particle size could help improving rice cracker quality.

Keywords: rice cracker quality, wet milling flour, dry milling flour, flour particle size

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปเบื้องต้นและขนาดอนุภาคของแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของแครกเกอร์ข้าว ที่ใช้แป้งข้าวในส่วนผสมเพื่อทดแทนแป้งสาลี เปรียบเทียบคุณภาพของตัวอย่างแครกเกอร์ข้าวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการโม่แป้งด้วยวิธีโม่แห้ง และโม่น้ำ จากนั้นนำแป้งข้าวเจ้ามาร่อนผ่านตระแกรงร่อนมาตรฐานให้มีขนาดอนุภาคต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 50, 100, 140 และ 230 mesh โดยตรวจวัดคุณภาพทางเคมีกายภาพของตัวอย่างแครกเกอร์ข้าวได้แก่ ค่าสี, ปริมาณความชื้น, ปริมาณน้ำอิสระ, ความแข็ง และการขึ้นฟู เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม 2 ชนิด แครกเกอร์ข้าวจากแป้งข้าวเจ้า 100% (negative control) และแครกเกอร์จากแป้งสาลี 100% (positive control) จากผลการทดลองพบว่าตัวอย่างที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าชนิดโม่น้ำมีลักษณะค่อนข้างแข็ง การขึ้นฟูน้อยและมีสีขาวออกนวลมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างจากแป้งโม่แห้งและตัวอย่างควบคุมจากแป้งสาลี ซึ่งมีสีออกเหลืองนวล และพบว่าเมื่อใช้แป้งที่มีความละเอียดมากขึ้น (ขนาดอนุภาคเล็กลง) มีแนวโน้มทำให้แครกเกอร์ข้าวมีปริมาณความชื้น, ปริมาณน้ำอิสระและความแข็งมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยแป้งข้าวเจ้าที่มีขนาดอนุภาคประมาณ 100-140 mesh จะได้ตัวอย่างแครกเกอร์ข้าวที่มีคุณภาพค่อนข้างดี ดังนั้นการใช้แป้งข้าวเจ้าชนิดโม่แห้งที่มีขนาดอนุภาคละเอียดสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของแครกเกอร์ข้าวให้ดีขึ้น

คำสำคัญ: คุณภาพแครกเกอร์ข้าว แป้งชนิดโม่เปียก แป้งชนิดโม่แห้ง ขนาดอนุภาคของแป้ง

[1]ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Pitsanulok 65000.

Introduction

Rice crackers are made of rice flour as a value-added snack products products. Unlike wheat cracker, rice cracker is crumbly with rough surface. Suksomboon and Naivikul (2006a) reported difference chemical physicochemical properties in rice flour prepared from difference milling type likewise Yoenyongbuddhagal and Noomhorm (2002) The milling method affected chemical compositions and all physicochemical properties of the flour. Chiang and Yeh (2002) reported that the turbo mill yielded finer flour, higher flour temperature, and higher percentage of damaged starch than other dry milled flours, and the flour with high damaged starch generally has high water retention capacity. Jomduang and Mohamed (1994) reported that fine flour yielded better qualities of rice-based snack products than coarse flour. Wang and Flores (2000) reported that particle size is an important factor in flour milling. Despite the above results in cakes and cookies, none has yet explored these effects on crackers. Thus, this research is to determine the effects of milling processes of rice flour and the flour particle size on the rice cracker qualities.

Meterials and Methods

Flours & Ingredients

All treated crackers used mixed flour blend as wheat substitute. The blend formulation consisted Thai rice flour (Chaijalearn Co., Ltd., Bangkok, Thailand), wheat flour (local market, Thailand), waxy rice flour variety RD6 (Jewhoksang Co., Ltd., Lampang, Thailand) and pregelatinize tapioca starch (Bangkok Starch Co., Ltd., Bangkok, Thailand). Controls included negative control (100%-rice flour, RF) and positive control (100%-wheat flour, WF). The remaining ingredients purchased from local market were salt, sugar, milk powder, palm oil, glucose syrup, baking powder, margarine, dry yeast, ammonia powder, lecithin, corn flour and tapioca flour. Rice flour was then passed through a series of standard sieves at 50 mesh (299 μm), 100 mesh (139 μm), 140 mesh (103 μm) and 230 mesh (63 μm), respectively.

Cracker preparation

The dough preparation were prepared by mixing 50% of flour, sugar and water in a mixer (Kitchen-aid model, USA), adding yeast, blending and proofing dough at 25-30^{o}C for 60 min, resulting first-half dough. The other half of mixture consisted of margarine, baking powder, ammonia powder, lecithin, salt, milk powder, palm oil, glucose syrup, flavor better milk and vanilla were well blended before adding the first dough and the rest of flour. The mixture was blended in a mixer follow by proofing dough at 25-30^{o}C for 60 min. Proofed dough was kneaded, sheeted, layered, cut (a cracker size of 5x5x0.2 cm), baked in the oven at 200^{o}C for 7-8 minute and was cooled at 25-30^{o}C for 60 min. Samples were packed in sealed bags and stored at room temperature until being determined.

Physical and chemical properties of rice-flour-substitute cracker

The physical and chemical properties of treatment crackers were compared with controls made of 100% rice flour and 100% wheat flour. The moisture content and water activity (a_w) of samples were determined in three replicates using a moisture meter model Sartorius MA40 (Sartorius, Inc., Goettingen, Germany) and an water activity meter model Novasina RS 200 (Novasina, Axair Ltd., Pfaffikon, Switzerland), respectively. Hardness and toughness of samples were determined in ten replicates using the universal testing machine model 441 (Instron, Ltd., Buckinghamshire, England). Color was determined in CIE system by a color reader model CR-10 (Konica Minolta sensing Inc., Osaka, Japan). Thickness of cracker before and after baking were determined by a vernia caliper in five replicates, and sample puffiness (%) was calculated from difference in thickness. Data was statistically analyzed using the analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test at α=0.05.

Results and Discussion

Physical and chemical properties of rice cracker from different flour milling type were presented in Table 1. The wet-milling-flour sample had higher a_w, was harder and brighter than the dry milling flour sample. According to Suksomboon and Naivikul 2006b, rice noodle from dry milled flour showed greater water absorption index and softer texture with fewer amount of cutting force and tensile strength compared with the noodle from wet milled flour. both dry milling flour and wet milling flour rice crackers were more yellow with intense color whereas their hue value and a* value were close to wheat crackers. Figure 1 showed the physical and chemical properties of samples from various flour particle sizes. As flour particle size decreased, indicating by higher mesh number, the moisture content and a_w increased. Similarly, as flour particle size decreased, samples seemed to be harder, but no significant difference was found in samples' puffiness. Sample made of the finest particle (230 mesh) was the hardest. This agreed with the case of akara made from fine cowpea flour that was more dense than the coarse one (Kerr et al., 1986). This exhibited a decrease in hydration and air incorporation. The presence of an enhanced starch network, or the early build-up of viscosity, may also cause less air incorporation which resulted in denser texture in products made from fine cowpea flour. (Kerr et al., 2001)

Summary

The wet milling rice flour crackers were harder, less puffiness, and brighter than the dry milling rice flour samples and regular wheat flour cracker. The moisture content, aw value and hardness of sample lead to increase as particle size decreased, Thus, using dry milling rice flour with particle size of 100-140 mesh may improve desirable rice cracker qualities.

Acknowledgements

This research was supported by the Thailand Research Fund for TRF-Master Research Grants and the 2009 Thailand Toray Science Foundation. The authors gratefully appreciated the in-kind supports from Sin Salee Snack & Biscuit Ltd., Part. (Bangkok , Thailand) and Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University (Pitsanulok , Thailand). Part of this research was presented at Thailand 3rd research conference of the center research and development of tropical and sub-tropical crops, and the 11th ASEAN FOOD CONFERENCE in Brunei Darussalam.

Literature cited

Chiang, P.Y. and Yeh, A.I., 2002, Effect of Soaking on Wet-milling of Rice, Journal of Cereal Science, 35(1): 85-94.

Jomduang, S. and Mohamed, S., 1994, Effect of Amylase/Amylopectin Content, Milling Method, Particle Size, Sugar, Salt and Oil on the Puffed Product Characteristics of a Traditional Thai Rice-Based Snack Food (Khao Kriap Waue), Journal of the Science of Food and Agriculture, 65(1): 85-93.

Kerr, W.L., Ward, C.D.W., McWatters, K.H. and Resurreccion, A.R.A., 2001, Milling and Particle Size of Cowpea Flour and Snack Chip Quality, Food Research International, 34(1): 39-45.

Suksomboon, A. and Naivikul, O., 2006a, Effect of Dry- and Wet-Milling Processes on Chemical, Physicochemical Properties and Starch Molecular Structures of Rice Starches, Kasetsart Journal (Nat. Sci.), 40 (suppl.): 125-134.

Suksomboon, A. and Naivikul, O., 2006b, Effect of Dry- and Wet-Milling Processes on Rice Flour and Rice Noodle Properties. Proceeding. of 32nd Congress on Science and Technology, October , 2004, Bangkok, Thailand.

Wang, L. and Flores, R. A., 2000, Effect of Flour Particle Size on the Textural Properties of Flour Tortillas. Journal of Cereal Science, 31(3): 263-272.

Yoenyongbuddhagal, S., and Noomhorm, A., 2002, Effect of Raw Material Preparation on Rice Vermicelli Quality, Starch-Strake, 54(11): 534-539.

Table 1 physical and chemical properties of rice crackers made of flour from different milling types.

properties	negative control	positive control	Milling types	
			dry-mill flour	wet-Mill flour
moisture content	3.42±0.06[b]	5.60±0.04[a]	5.22±0.13[a]	5.41±0.17[a]
water activity a_w	0.20±0.01[d]	0.38±0.01[a]	0.33±0.01[c]	0.36±0.01[b]
hardness (kg.f.)	0.76±0.15[d]	2.04±0.24[b]	1.81±0.12[b]	2.35±0.33[a]
puffiness%	20.33±8.53[c]	60.33±4.72[a]	43.66±2.53[b]	35.37±1.93[b]
bright (L*)	60.63±0.07[c]	64.89±0.34[a]	63.82±0.77[b]	65.11±1.06[a]
redness (a*)	3.35±1.45[b]	5.66±0.46[a]	6.27±0.58[a]	6.05±0.73[a]
yellowness (b*)	29.04±0.55[c]	31.39±0.63[b]	32.86±0.50[a]	32.95±0.86[a]
hue angle	83.45±2.70[a]	79.78±0.81[b]	79.20±1.01[b]	79.60±1.01[b]
chroma	29.24±0.71[b]	31.89±0.34[b]	33.46±0.49[a]	33.51±0.96[a]

Remark : Different letters in the same row indicated statistical differences ($p \leq 0.05$). negative

Table 2 Properties of rice crackers from various particle sizes made of flour with there whit particle size.

properties	negative control	positive control	Flour particle size (mesh)			
			50	100	140	230
moisture content	3.42±0.06[e]	5.60±0.03[b]	5.14±0.07[bc]	5.19±0.07[cd]	4.94±0.12[d]	6.46±0.02[a]
water activity a_w	0.19±0.01[d]	0.38±0.01[b]	0.23±0.01[d]	0.28±0.02[c]	0.52±0.01[a]	0.50±0.03[a]
hardness (kg.f.)	0.76±0.15[d]	2.03±0.24[b]	1.60±0.22[c]	2.30±0.24[a]	1.75±0.29[c]	2.55±0.29[a]
puffiness%	20.33±8.53[c]	60.33±4.72[a]	35.67.±0.8[b]	39.72±1.12[b]	40.25±1.11[b]	34.40±2.39[b]

Remark : Different letters in the same row indicate statistical differences($p \leq 0.05$).

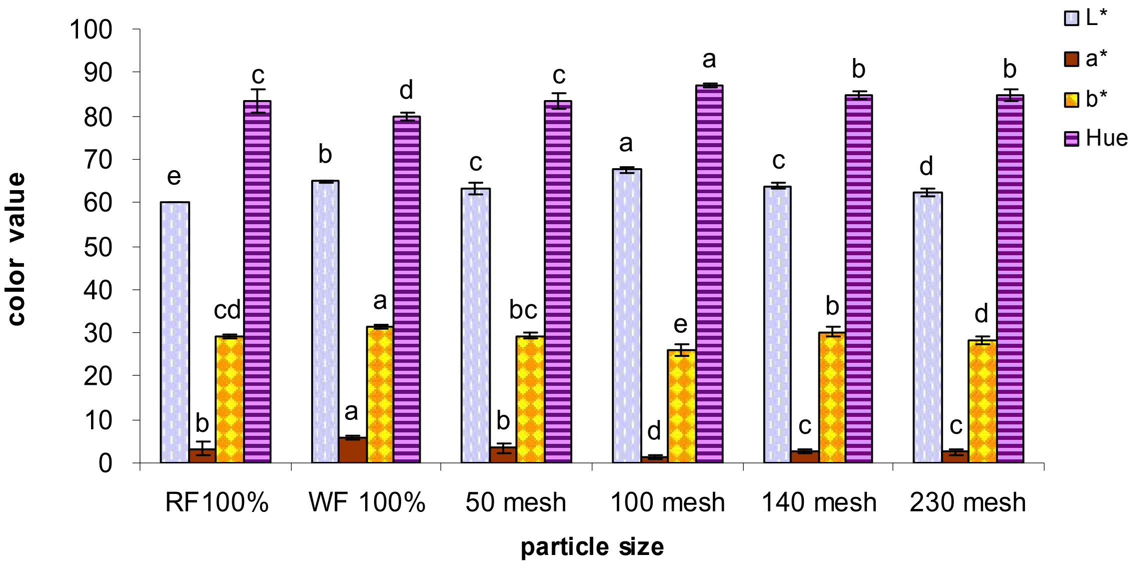


Figure 1 The color values (CIE system) of rice crackers made of flours with various particle sizes.

การพัฒนาการย้อมเส้นไหมด้วยสีผงจากสบู่เลือด

Development of Silk Dyeing with *Jatropha gossyppifolia*.

อรทิชา แสงสิงห์[1] และ สุดาพร ตังควนิช[2]

Sangsing, O.[1] and Tangkawanit, S.[2]

Abstract

The aim of this research was to development dyeing technique of silk by powder of *Jatropha gossyppifolia* mixed with silica from husk. Physical and tensile properties were monitored. Results showed that surface of silk coated with silica was not smooth and it could absorb and retain the color within the silk surface greater than its control (no silica). However, tensile strength of silk coated with silica was greater than silk without silica. When silk coated with and without silica was dyed with *J. gossyppifolia* powder at concentration of 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0 g/ml at 80°C, it was found that the most proper concentration was 1.0 g/ml which L*, a* and b* were at 42.24, 2.55, 12.80 and 47.61, 3.24, 14.02, respectively. The natural fixative agents; tamarind, wood ashes, alum, and Cupper (II) were applied as mordant reagents. Results showed that mordant from tamarind leaves was more effective in fixing color into silk which provided good light fastness, and moderate was fastness of silk cloth.

Keywords: *Jatropha gossyppifolia*, silk, natural dye, silica

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พัฒนาการย้อมเส้นไหมด้วยสีผงจากสบู่เลือด เติมผงซิลิกาที่ผลิตจากแกลบ และทดสอบสมบัติทางกายภาพและแรงดึงขาดของเส้นไหมที่เคลือบด้วยซิลิกา พบว่าเส้นไหมที่เคลือบด้วยซิลิกามีพื้นผิวขรุขระ และสามารถดูดซับสีบนเส้นไหมได้มากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบซิลิกา ส่วนแรงดึงขาดของเส้นไหมที่เคลือบซิลิกามีความแข็งแรงมากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบซิลิกา เมื่อนำเส้นไหมที่ไม่เคลือบและเคลือบซิลิกาจากแกลบมาย้อมด้วยสีผงจากสบู่เลือดที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 g/ml ที่อุณหภูมิ 80°C พบว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 1.0 g/ml โดยมีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 42.24, 2.55 และ 12.80; 47.61, 3.24 และ 14.02 ตามลำดับ หลังจากนั้นเติมสารช่วยติด ได้แก่ มะขาม ใบเหมือดแอ ขี้เถ้า สารส้มและคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต เป็นสารช่วยติดสีธรรมชาติ ซึ่งมะขาม สามารถช่วยให้การติดสีดีที่สุด โดยมีค่าความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับปานกลางถึงดี ค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างอยู่ในระดับปานกลาง

คำสำคัญ: สบู่เลือด ไหม สีย้อมธรรมชาติ ซิลิกา

คำนำ

ไหมมีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมในการระบายอากาศ ดูดซับความร้อน ทำให้ร่างกายสามารถดูดซับน้ำและระบายความชื้นได้ดี มีความหรูหราและเป็นเอกลักษณ์ของประเทศไทยการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์สามารถทำได้โดยการย้อมด้วยสีธรรมชาติ แต่การย้อมด้วยสีธรรมชาติยังมีปัญหาเฉดสีน้อย สีที่ได้จากการย้อมแต่ละครั้งไม่เหมือนกัน การติดสีไม่คงทน (พูลทรัพย์ และคณะ, 2542) ดังนั้นจึงมีนักวิจัยได้ศึกษาการย้อมผ้าไหมด้วยสีย้อมธรรมชาติด้วยเทคนิคต่างๆ จำนวนมาก รวมทั้งการปรับปรุงผิวหน้า (surface) ของเส้นไหมและค้นหาสารช่วยติดที่มาจากธรรมชาติ (Krysztafkiewicz และคณะ, 2002) สบู่เลือดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha gossyppifolia* ชื่อท้องถิ่น สลอดแดง เยาป่า ลักษณะทั่วไป เป็นไม้พุ่มเตี้ย สูงประมาณ 1-2 เมตร ลักษณะใบเป็นแบบใบเคี่ยว ขอบใบเว้าลึกเป็น 3 แฉก ใบอ่อนมีสีแดงน้ำตาลใบแก่สีเขียวเข้ม ก้านใบยาว ดอกเป็นช่อเล็ก 3-6 ดอก บ้านปะอาว อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี เป็นหมู่บ้านที่มีใบสบู่เลือดเป็นจำนวนมากและกลุ่มทอผ้าพื้นเมืองบ้านปะอาวได้ทดลองนำใบสบู่เลือดมาย้อมเส้นไหม ได้สีน้ำตาลแดงและสีเขียวที่สวยงาม แต่ยังมีปัญหาเรื่องสีตกและย้อมได้ในเฉพาะช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นงานนี้จึงสนใจผลิตซิลิกาจากแกลบเพื่อนำมาเคลือบเส้นไหมแล้วย้อมด้วยสีผงจากใบสบู่เลือด ซึ่งเป็น

[1]**นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี** โทร.089-4260-910, E-mail : onticha_pair@hotmail.com

[1]Master degree student, Science education, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Tel. 089-4260-910, E-mail : onticha_pair@hotmail.com

[2]**สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี**, E-mail: tangkawa@yahoo.com

[2]Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon ratchathani Rajabhat University, E-mail: tangkawa@yahoo.com

การปรับปรุงคุณสมบัติของเส้นไหมและเพิ่มประสิทธิภาพการติดสีของเส้นไหม นอกจากนี้ยังได้สีผงจากใบสบู่เลือดที่สะดวกต่อการใช้งานเป็นแนวทางในการพัฒนาการย้อมเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติและผลิตภัณฑ์ผ้าไหมในอนาคตช่วยลดการขาดดุลทางการค้าของประเทศ เป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและเพิ่มมูลค่าให้กับแกลบอีกทางเลือกหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมซิลิกา

1) ชั่งแกลบมา 15 g ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 cm^3 เติมกรด HCl 1 N 150 cm^3 นำไปรีฟลักซ์ที่100 °C นาน 15, 30, 45 และ 60 นาที นำแกลบที่ผ่านการรีฟลักซ์ล้างด้วยน้ำจน pH เป็นกลาง อบให้แห้งที่ 110 °C นาน 24 ชั่วโมง

2) ชั่งแกลบที่ผ่านการรีฟลักซ์มา 1 g นำไปเผาที่ 600, 700 และ 800 °C นาน 5 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น นำไปทดสอบโครงสร้างผลึกซิลิกาด้วยเครื่อง X-Ray diffraction (XRD) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง X-Ray fluorescence (XRF) ทดสมบัติทางกายภาพด้วยเครื่อง scanning electron microscope (SEM) และวัดขนาดของอนุภาคด้วยเครื่อง Particle size analyzer

การผลิตสีผงจากใบสบู่เลือด

ชั่งใบสบู่เลือดมา 1 กิโลกรัม เติมน้ำ 1 ลิตร นำไปต้มที่ 80-100°C นาน 2 ชั่วโมง กรอง ทำให้แห้ง คำนวณหาค่าร้อยละผลผลิตได้ วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (λ_{max}) ด้วยเครื่อง UV-visible spectrometer

การเคลือบเส้นไหมด้วยซิลิกาจากแกลบ

ชั่งซิลิกามา 1 กรัม ละลายด้วย 7.5 % โซเดียมไฮดรอกซ์ไซด์ ปิเปตมา 10 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตร 500 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 500 ml ด้วยน้ำ deionized water (DI) ชั่งเส้นไหมมา 50 กรัม ใส่ลงในสารละลายซิลิกาที่เตรียมไว้ ทำการ Sonicate ด้วยเครื่อง Ultrasonic เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำเส้นไหมไปอบที่ 100 °C นาน 30 นาทีและอบที่ 160 °C นาน 10 นาที ล้างด้วยน้ำ DI ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำเส้นไหมที่ไม่เคลือบและเคลือบด้วยซิลิกาจากแกลบไปทดสอบสมบัติทางกายภาพด้วย SEM และทดสอบสมบัติแรงดึงขาด

การย้อมเส้นไหมด้วยสีผงจากใบสบู่เลือด

ชั่งสีผงจากใบสบู่เลือดมา 1 กรัม มาละลายในน้ำ 50 มิลลิลิตร ต้มจนกระทั่งอุณหภูมิถึง 80°C เติมสารช่วยติด 15 มิลลิลิตร ชั่งเส้นไหมมา 1.5 กรัม นำไปย้อมในน้ำย้อมนาน 15 นาที ล้างจนน้ำล้างใส ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าความเข้มสีด้วยเครื่อง Colorimeter CIELAB 1976 และวัดความคงทนของสีต่อแสงและความคงทนของสีต่อการซักล้าง

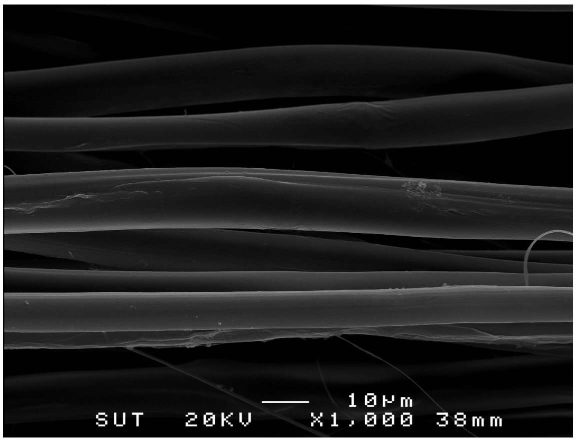
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมซิลิกาจากแกลบ คือ รีฟลักซ์แกลบนาน 15 นาที ที่อุณหภูมิ 800 °C ซึ่งเถ้าแกลบที่ได้มีลักษณะเป็นสีขาว จาก XRD สเปกตรัมพบว่า เกิดพีคที่มีลักษณะฐานกว้างที่ตำแหน่ง 2θ ตั้งแต่ 15 - 30 ซึ่งพีคดังกล่าวบ่งชี้ว่าซิลิกาที่เตรียมได้มีโครงสร้างเป็นอสัณฐาน เมื่อนำซิลิกาจากแกลบไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วย XRF พบว่า มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบเท่ากับ 86.24 % จากภาพถ่าย SEM ของซิลิกาจากแกลบที่ผลิตขึ้น พบว่าสัณฐานวิทยาพื้นผิวของซิลิกาที่ได้มีลักษณะเป็นร่องและปุ่ม ซึ่งบริเวณพื้นผิวที่มีลักษณะเป็นปุ่มจะมีซิลิกาอยู่ปริมาณมาก ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของซิลิกามีค่าเท่ากับ 45.54 μm

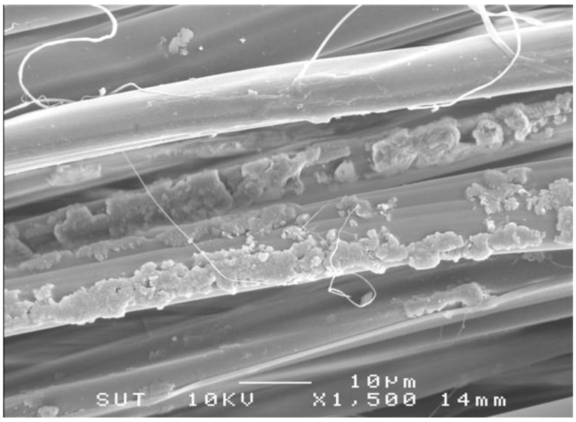
จาก Figure 1 พบว่าเส้นไหมที่เคลือบด้วยซิลิกาจากแกลบจะมีพื้นผิวที่ขรุขระมาก จึงทำให้สามารถดูดซับสีบนเส้นไหมได้มากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบซิลิกา สมบัติแรงดึงขาดของเส้นไหมที่เคลือบซิลิกามีความแข็งแรงมากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบซิลิกา ร้อยละผลผลิตได้ของสีผงจากสบู่เลือดมีค่าเท่ากับ 6.83 ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (λ_{max}) มีค่าเท่ากับ 421.95 nm เส้นไหมที่เคลือบซิลิกาจะมีเฉดสีเข้มกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบและเคลือบซิลิกาจากแกลบและเส้นไหมที่เคลือบซิลิกาจะมีลักษณะมันวาวมากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบและเคลือบซิลิกาจากแกลบ ซึ่งเฉดสีของเส้นไหมที่ไม่เติมสารช่วยติดจะให้เฉดสีน้ำตาลทอง เมื่อเติมสารช่วยติดน้ำมะขามและใบเหมือดแอจะให้เฉดสีน้ำตาลทองออกเหลืองเล็กน้อย

จาก Table 1 พบว่าสารช่วยติดที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมที่ไม่เคลือบและเคลือบซิลิกาจากแกลบด้วยสีผงจากสบู่เลือด คือ มะขามและคอบเปอร์ (II) ซัลเฟต โดยมีค่าความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับมากกว่า 4 ค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างอยู่ในระดับ 4 ส่วน คอบเปอร์ (II) ซัลเฟต มีค่าความคงทนของสีต่อแสงและความคงทนของสีต่อการซักล้างอยู่ใน

ระดับมากกว่า 4 เมื่อใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีพบว่าให้ค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างอยู่ในระดับ 4-5 ทั้งในเส้นไหมที่ไม่เคลือบและเคลือบซิลิกาจากแกลบ



1



2

Figure 1 Scanning electron microscope (SEM) of silk coated with 1) control (no silica) and 2) with silica.

สรุปผล

ร้อยละผลผลิตได้ของสีผงจากสบู่เลือดมีค่าเท่ากับ 6.83 เส้นไหมที่เคลือบด้วยซิลิกาจะมีพื้นผิวขรุขระและมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบซิลิกา K/S ของเส้นไหมที่เคลือบซิลิกาจะมีค่ามากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบซิลิกาและปริมาณสีที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหม คือ 1.0 g/ml สารช่วยติดจากธรรมชาติที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมด้วยสีผงจากสบู่เลือด คือ มะขาม โดยมีค่าความคงทนของสีต่อแสงมากกว่า 4 และค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างเท่ากับ 4

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.-อุตสาหกรรม (MAG Window I) ประจำปี 2551 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

พูลทรัพย์ สวนเมือง ตุลาพันธ์ วารุณี พูลศิลป์ และสุชาดา บุญชู, 2542, การย้อมสีไหมด้วยวัสดุธรรมชาติในภาคอีสานของไทย, กองทุนสนับสนุนงานวิจัย, 118 หน้า

Krysztafkiewicz, A., Binkowski, S. and Jesionowski, T., 2002, Adsorption of Dyes on a Silica Surface, Applied Surface Science, 199: 31-39.

Table 1 Light fastness and wash fastness of silk coated with and without husk silica mixed with powder from *J. gossyppifolia* and various fixative agents.

เส้นไหม	สารช่วยติด	ค่าความคงทนของสีต่อแสง	ค่าความคงทนของสีต่อการซักล้าง
ไม่เคลือบซิลิกา	มะขาม	3-4	4
เคลือบซิลิกา		>4	4
ไม่เคลือบซิลิกา	ใบเหมือดแอ	3-4	4
เคลือบซิลิกา		3-4	3-4
ไม่เคลือบซิลิกา	ขี้เถ้า	4	4
เคลือบซิลิกา		3-4	4
ไม่เคลือบซิลิกา	สารส้ม	3-4	4-5
เคลือบซิลิกา		3-4	4-5
ไม่เคลือบซิลิกา	คอบเปอร์ (II) ซัลเฟต	>4	4
เคลือบซิลิกา		>4	4

การย้อมไหมที่เคลือบไคโตซานด้วยสีจากเมล็ดคำแสด

Dyeing Silk Immobilized Chitosan with *Bixa orellana* Linn.

คำพอง อยู่ศรี[1] **และ สุดาพร ตังควนิช**[2]

Yoosi, K.[1] and Tangkawanit, S.[2]

Abstract

Dyeing silk coated with chitosan from *Bixa orellana* Linn. were studied. Physical property of silk coated with and without silk chitosan coating was determined by Scanning Electron Microscope (SEM). Dye of *Bixa orellana* L. was extracted by using water in the ratio of 1 : 5 (w/v). Dye extracted was dried and percentage of yield was calculated. UV-visible spectrophotometer was used to investigate the maximum absorption (λ_{max}) of Bixin. Silk coated without chitosan and coated with chitosan were dyed with *Bixa orellana* L. powder and dyed with *Bixa orellana* L. by conventional method in concentration of 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1.0 g/ml and 25, 50, 75, 100 and 125 g/ml at 80 °C. Color strength of silk was measured using a colorimeter. The results showed that percentage of yield was found at 8.1% The maximum absorption of Bixin was 469.72 nm. Silk coated with chitosan dyed with dye powder of *Bixa orellana* L. showed the K/S value higher than silk without chitosan coating. Silk without chitosan coating and silk with chitosan coating were dyed with *Bixa orellana* L. powder at concentration of 0.4 g/ml of tamarind, limewater, and wood ash mordant. Silk without chitosan coating showed the L* value lower than silk coated with chitosan. Silk chitosan coated with showed the a* and b* value higher than silk without chitosan coating. The suitable mordant for both silk with and without chitosan coating and silk with chitosan dyed with *Bixa orellana* L. powder were limewater and wood ash. The light fastness and washing fastness of silk coated with chitosan than silk without chitosan coating.

Keywords: chitosan, silk, natural dye, *Bixa orellana* Linn.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการย้อมไหมที่เคลือบไคโตซานด้วยสีจากเมล็ดคำแสด โดยนำเส้นไหมที่ไม่เคลือบไคโตซานและเคลือบไคโตซานมาวัดสมบัติทางกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) นำเมล็ดคำแสดที่จะผลิตสีผงมาสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:5 (w/v) นำไปทำให้เป็นผง นำสีผงที่ได้คำนวณหา % yield วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (λ_{max}) ของ Bixin ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer นำเส้นไหมที่ไม่เคลือบและเคลือบไคโตซานมาย้อมด้วยสีผงจากเมล็ดคำแสดกับการย้อมด้วยเมล็ดคำแสดด้วยวิธีดั้งเดิมที่ระดับความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 g/ml และ 25, 50, 75, 100 และ 125 g/ml ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 80 °C วัดค่าความเข้มสีของเส้นไหมด้วยเครื่อง Colorimeter ผลการวิจัยพบว่า % yield ของสีผงที่ผลิตขึ้นมีค่าเท่ากับ 8.1 ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (λ_{max}) มีค่าเท่ากับ 469.72 nm เส้นไหมที่เคลือบไคโตซานย้อมด้วยสีผงเมล็ดคำแสดจะให้ค่า K/S มากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบด้วยไคโตซาน การย้อมเส้นไหมที่ไม่เคลือบและเคลือบไคโตซานด้วยสีผงจากเมล็ดคำแสด 0.4 g/ml โดยเติมสารช่วยติดน้ำมะขาม น้ำปูนใสและน้ำขี้เถ้า พบว่าเฉดสีเส้นไหมที่ไม่เคลือบไคโตซานจะมีค่า L* น้อยกว่าเส้นไหมที่เคลือบไคโตซาน ส่วนค่า a* และ b* ของเส้นไหมที่เคลือบไคโตซาน จะมีค่ามากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบไคโตซาน สารช่วยติดที่เหมาะสมในการย้อมเส้นไหมที่ไม่เคลือบและเคลือบไคโตซานด้วยสีผงจากเมล็ดคำแสด คือ น้ำปูนใสและน้ำขี้เถ้าค่าความคงทนของสีต่อแสงและค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างของเส้นไหมที่เคลือบไคโตซาน สูงกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบไคโตซาน

คำสำคัญ: ไคโตซาน ไหม สีย้อมธรรมชาติ เมล็ดคำแสด

---

[1]สาขาวิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000

[1]Master degree student, science education, Facculty of science, Ubon Ratchathani Rajabhat University. E-mail : khamcopp@hotmail.com

[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000

[2]Department of chemistry, Facculty of science, Ubon Ratchathani Rajabhat University. E-mail : tangkawa@yahoo.com

คำนำ

ปัจจุบันจึงมีหลายหน่วยงานให้ความสนใจที่จะพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติจากภูมิปัญญาท้องถิ่นกันอย่างกว้างขวาง แต่การนำสีธรรมชาติมาย้อมไหมยังมีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของสี คือมีความคงทนต่ำ เกิดการเปลี่ยนแปลงหลังการซักล้างและถูกแสง (นุจิรา, 2543) การนำไคโตซานมาช่วยปรับปรุงผิวหน้า (surface) ของเส้นไหมอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหา การย้อมฝ้ายและไหมด้วยสีธรรมชาติมีจุดอ่อนคือ สีอ่อน เฉดสีน้อย ความเข้มของสีต่ำ ไม่คงทนต่อแสงและการซักล้าง คำแสดเป็นสีย้อมธรรมชาติที่ให้สีเข้มคือ สีส้มแดง มีสารที่ให้สีคือ Bixin มีลักษณะเป็นผลึกสีน้ำตาลแดง เมื่อละลายน้ำและย้อมจะให้สีส้มเหลือง แต่การย้อมไหมด้วยสีจากเมล็ดคำแสดยังมีปัญหาเกี่ยวกับความคงทนต่อแสงต่ำ (1) (พูลทรัพย์ และคณะ, 2542) การพัฒนาการย้อมสีเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติให้มีสีเข้มและสวยงามจึงมีความสำคัญและเป็นที่ต้องการของผู้ผลิตและผู้บริโภคผ้าไหม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการย้อมไหมที่เคลือบไคโตซานด้วยสีผงจากเมล็ดคำแสด ซึ่งจะทำให้ได้สีผงจากเมล็ดคำแสด ที่สะดวกต่อการใช้งาน และเป็นแนวทางในการพัฒนาการย้อมเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติอีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตสีผงจากเมล็ดคำแสด

นำเมล็ดคำแสดมาสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:5 (w/v) ทำให้แห้งจะได้สีผงจากเมล็ดคำแสด คำนวณหาค่า %yield นำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (λ_{max}) ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer, Perkin Elmer model รุ่น 45473

การเคลือบไหมด้วยไคโตซาน

ชั่งไคโตซานมา 1 กรัมละลายด้วย 1 % กรดแอซิติก ปิเปตมา 6 ml ในขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรให้ครบ 500 ml ด้วยน้ำ DI ชั่งเส้นไหมมา 50 กรัม ใส่ลงในสารละลายไคโตซานที่เตรียมไว้ 500 ml ทำการ sonicate ด้วยเครื่อง Ultrasonic เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำเส้นไหมไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 30 นาทีและอบที่อุณหภูมิ 160 °C เป็นเวลา 10 นาที ล้างด้วยน้ำ DI ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำไปทดสมบัติทางกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) รุ่น Model JSM6400, JEOL

การย้อมเส้นไหมด้วยสีผงจากเมล็ดคำแสด

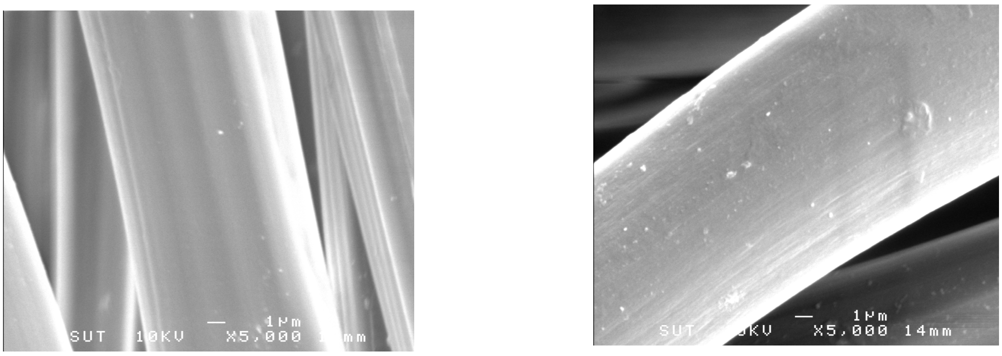
ชั่งสีผงจากเมล็ดคำแสดมา 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 กรัม มาละลายในน้ำ 50 ml ต้มจนกระทั่งอุณหภูมิถึง 80 °C เติมสารช่วยติด 15 ml ชั่งไหมมา 1.5 กรัม นำไปย้อมในน้ำย้อมที่เตรียมไว้นาน 60 นาที ล้างเส้นไหมให้สะอาดด้วยน้ำ DI จนน้ำล้างใส ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดความเข้มสีด้วยเครื่อง (Colorimeter) CIELAB 1976 วัดค่าความคงทนต่อแสงและความคงทนต่อการซักล้างตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.121 เล่ม3 : 2518 วิธีที่ 1 (40 °C, 30 นาที) ส่งวิเคราะห์ที่สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซอยตรีมิตร ถนนพระราม 4 แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร

การย้อมเส้นไหมด้วยสีจากเมล็ดคำแสดด้วยวิธีดั้งเดิม

ชั่งเมล็ดคำแสดมา 25, 50, 75, 100 และ 125 g มาละลายในน้ำ 50 ml ต้มนาน 60 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง ต้มจนกระทั่งอุณหภูมิถึง 80 °C เติมสารช่วยติด 15 ml ชั่งไหมที่ผ่านการฟอกแล้วมา 1.5 g นำไปย้อมในน้ำย้อมที่เตรียมไว้นาน 60 นาที จากนั้นล้างเส้นไหมให้สะอาดด้วยน้ำ DI จนน้ำล้างใส ผึ่งเส้นไหมให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดความเข้มสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) CIELAB 1976 แล้วนำไปวัดค่าความคงทนต่อแสงและความคงทนต่อการซักล้าง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสกัดสีจากเมล็ดคำแสดโดยได้ค่า % yield เท่ากับ 8.1 ค่าดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max}) ของสีผงจากเมล็ดคำแสดมีค่าเท่ากับ 469.72 nm ซึ่งเป็นการดูดกลืนคลื่นแสงของ Bixin (Balaswamy และคณะ, 2006) มีลักษณะสีน้ำตาลแดง เมื่อนำเส้นไหมที่ไม่เคลือบไคโตซานและเคลือบไคโตซานไปถ่ายภาพด้วยเครื่อง SEM พบว่าเส้นไหมที่เคลือบไคโตซานจะมีพื้นผิวที่ขรุขระมากกว่าไหมที่ไม่เคลือบไคโตซาน (Figure1) จึงทำให้เส้นไหมที่เคลือบไคโตซานสามารถดูดซับสีได้ดีมากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบไคโตซาน



(1) (2)

Figure 1 Scanning electron microscope of silk coated with (1) control (no chitosan) and (2) chitosan

Teble1 Light fastness and washing fastness of silk coated with and with not chitosan and dyed with Bixa powder using conventional method.

ชนิดไหม	สารช่วยติด	ความคงทนต่อแสง		ความคงทนต่อการซักล้าง	
				ย้อมด้วยสีผง	ย้อมด้วยวิธีดั้งเดิม
		ย้อมด้วยสีผง	ย้อมด้วยวิธีดั้งเดิม	สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)
ไม่เคลือบไคโตซาน	–	2	2	3-4	3-4
เคลือบไคโตซาน	–	2-3	2	4	3-4
ไม่เคลือบไคโตซาน	น้ำขี้เถ้า	2-3	3	4	4
เคลือบไคโตซาน	น้ำขี้เถ้า	3	2-3	4	4
ไม่เคลือบไคโตซาน	น้ำปูนใส	2-3	2	4	3-4
เคลือบไคโตซาน	น้ำปูนใส	3	2-3	4	4

จาก Table 1 พบว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบไคโตซานจะมีค่าคงทนของสีต่อแสงและความคงทนของสีต่อการซักล้าง (2-3 และ 4) ต่ำกว่าเส้นไหมที่เคลือบ ไคโตซาน (3 และ 4) ทั้งการย้อมด้วยสีผงจากเมล็ดคำแสดและย้อมด้วยวิธีดังเดิม ซึ่งมีค่าสูงกว่ารายงานการวิจัยของ พูลทรัพย์ และคณะ (2542) ที่ได้ค่าคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับต่ำ (1) ทั้งนี้เนื่องจากการเคลือบเส้นไหมด้วยไคโตซานทำให้สีดูดติดเส้นใยดีขึ้น และจากโครงสร้างของไคโตซานมีผิวหน้าที่ขรุขระ (surface) และเป็นสารพอลิเอมีนซึ่งมีความเข้มของประจุบวกสูงจึงมีสมบัติพร้อมที่จะทำปฏิกิริยากับสีย้อมธรรมชาติซึ่งมีประจุลบได้ดี (ปรียา, 2542)

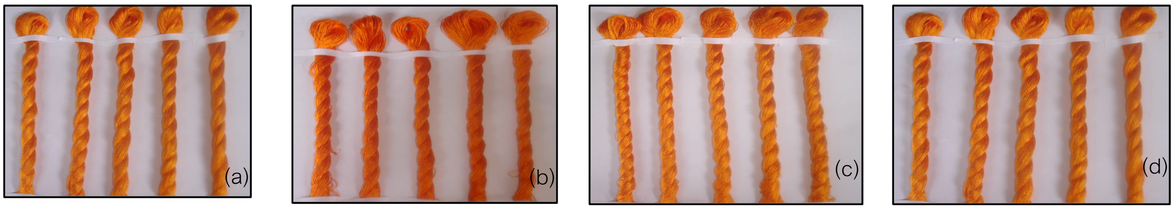


Figure 2 Silk coated with (a) no chitosan + dyed with Bixa powder, (b) chitosan + dyed with Bixa powder, (c) no chitosan + dyed with conventional method, and (d) chitosan + dyed with conventional method.

สรุปผล

สีผงจากเมล็ดคำแสดมีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุด (λ_{max}) ที่ 469.72 nm ไหมที่เคลือบไคโตซานจะมีพื้นผิวที่ขรุขระมากกว่าไหมที่ไม่เคลือบไคโตซาน เมื่อนำเส้นไหมที่ไม่เคลือบและเคลือบไคโตซานย้อมด้วยสีผงจากเมล็ดคำแสดและย้อมด้วยวิธีดังเดิม พบว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบไคโตซานจะมีค่า L* น้อยกว่าไหมที่เคลือบไคโตซาน ส่วนค่า a* และ b* ของเส้นไหมที่เคลือบไคโตซานมีค่ามากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบไคโตซาน ค่าคงทนของสีต่อแสงและความคงทนของสีต่อการซักล้างของเส้นไหมที่เคลือบด้วยไคโตซาน (3 และ 4) เส้นไหมที่ไม่เคลือบด้วยไคโตซาน (2-3 และ 4) ย้อมด้วยสีผงจากเมล็ดคำแสดสูงกว่าการย้อมด้วยวิธีดั้งเดิม

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.-อุตสาหกรรม (MAG Window I) ประจำปี 2551 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

นุจิรา รัศมีไพบูลย์, 2543, สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมผ้าไหมด้วยกลีบดอกดาวเรือง, กรุงเทพฯ, วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรียา แก้วนารี, 2543, การลดปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้งกุลาดำ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พูลทรัพย์ สวนเมือง ตุลาพันธ์ วารุณี พูลศิลป์ และสุชาดา บุญชู, 2542, การย้อมสีไหมด้วยวัสดุธรรมชาติในภาคอีสานของไทย, สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย.

Balaswamy, K., Prabhakara Rao., Satyanarana. and Rao, D.G., 2006, Stability of Bixin in Anatto Oleoresin and Dye Powder during Storing, Food Science and Technology, 952–956.

บทความปริทัศน์: บทบาทของ methyl jasmonate ต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน

Review article: Role of methyl jasmonate on postharvest quality of horticultural crops

สุทธิวัลย์ สีทา[1] และ มัชฌิมา นราดิศร[1]

Setha, S.[1] and Naradisorn, M.[1]

Abstract

Methyl jasmonate (MJ) regulates diverse processes in the changes of postharvest quality of fruits and vegetables such as chemical composition, color and weight loss. MJ stimulates ethylene, fatty acid and volatile compounds production during ripening processes. Moreover, treatment with MJ reduces loss of decay by enhancing plant resistant to chilling injury and to the attack of pathogen. Thus, MJ is probably an alternative treatment for maintaining postharvest quality and extending storage life of horticultural crops.

Keywords: chilling injury, methyl jasmonate, postharvest quality

บทคัดย่อ

Methyl jasmonate (MJ) มีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะและคุณภาพของผักและผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยวในหลายด้าน เช่น การเปลี่ยนแปลงด้านองค์ประกอบทางเคมี สี น้ำหนักสด กระตุ้นการผลิตเอทิลีน กรดไขมัน และสารหอมระเหยในระหว่างกระบวนการสุกของผลไม้ นอกจากนี้ MJ สามารถลดความสูญเสียของผลิตผลโดยการกระตุ้นกลไกการสร้างความต้านทานต่ออาการสะท้านหนาวและการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุของโรค ซึ่งจากคุณสมบัติต่างๆ นี้ MJ จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อรักษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลพืชสวนภายหลังการเก็บเกี่ยว

คำสำคัญ: อาการสะท้านหนาว เมทิลจัสโมเนต คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

คำนำ

Jasmonic acid (JA) และ methyl jasmonate (MJ) เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มของ jasmonate สังเคราะห์มาจากกรดกรดลิโนเลนิก พบทั่วไปในพืชหลายชนิดและยังพบในพืชชั้นต่ำเช่นมอสและเฟิร์น jasmonate จัดเป็นสารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น ยับยั้งการเจริญเติบโตและกระตุ้นการวายและการหลุดร่วงของใบ ยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญของราก มีผลต่อกระบวนการสุกของผลไม้ และนอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความต้านทานให้กับพืชเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก เช่น บาดแผล การเข้าทำลายของโรคและแมลง ตลอดจนความเครียดต่างๆ (Cheong และ Choi, 2003) ซึ่งจากคุณสมบัติต่างๆ ดังกล่าวนี้ MJ และอนุพันธ์อื่นๆของ jasmonate จึงได้มีการนำมาศึกษาเพื่อใช้ประโยชน์ในการรักษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลพืชสวนภายหลังการเก็บเกี่ยว

ผลของ methyl jasmonate ต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว

บทบาทของ MJ ต่อการรักษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลพืชสวนภายหลังการเก็บเกี่ยวอาจแบ่งออกเป็นด้านต่างๆ ได้ดังนี้

1. ด้านคุณลักษณะและคุณภาพ

MJ มีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะและคุณภาพของผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวในหลายด้าน เช่น การเปลี่ยนแปลงด้านองค์ประกอบทางเคมี สี และน้ำหนักสด เป็นต้น โดยพบว่าหัวผักกาดที่ได้รับ MJ มีการสูญเสียน้ำหนักสดลดลง ซึ่งเป็นผลจากการที่ MJ ยับยั้งการงอกของใบและลดการคายน้ำ (Wang, 1998) นอกจากนี้การใช้ MJ ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดในมะม่วงพันธุ์ Kent และ Tommy Atkins (Gonzalez-Aguilar และ คณะ, 2001; 2000) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (20-25 $^{\circ}$C) พบว่าผลมะม่วงที่ได้รับ MJ มีการสุกที่เร็วขึ้นและมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น (Gonzalez-Aguilar และ คณะ, 2000) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของ

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการผลิตผลเกษตรและการบรรจุ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย 57100

[1]Technology Management of Agricultural Produces and Packaging, School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 10150

การใช้ MJ โดยทั่วไปการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีผลทำให้การคายน้ำของพืชลดลง ซึ่งส่งผลให้การสูญเสียน้ำหนักสดลดลงด้วย (Ueda และคณะ, 1991) ดังนั้นการใช้ MJ จึงควรคำนึงถึงอุณหภูมิในการเก็บรักษาร่วมด้วย

สีของผักและผลไม้เป็นปัจจัยสำคัญที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเลือกซื้อของผู้บริโภค มีรายงานว่า MJ สามารถปรับปรุงการพัฒนาสีผิวของผลไม้หลายชนิดๆ เช่น แอปเปิ้ล มะม่วง และมะละกอ (Gonzalez-Aguilar และ คณะ, 2001; 2003) ซึ่งทำให้สีมีการพัฒนาอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก MJ กระตุ้นการผลิตเอทิลีนและส่งเสริมการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และกระตุ้นการสังเคราะห์คาร์โรทีนอยด์ MJ ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M ช่วยพัฒนาการเกิดสีแดงและ สีเหลืองที่เปลือกผลตลอดจนพัฒนาคุณภาพในด้านอื่นๆ ในผลมะม่วงพันธุ์ Kent ในระหว่างการเก็บรักษา ตลอดจนช่วยเพิ่มปริมาณ beta-carotene ในผลแอปเปิ้ลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ปัจจุบันในประเทศญี่ปุ่นได้มีการนำสาร *n*-propyl dihydrojasmonate (PDJ) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของสาร jasmonate ที่มีความคงตัวสูงที่อยู่ในรูปของสารละลายมาใช้ในการสเปรย์ผลแอปเปิ้ลก่อนการเก็บเกี่ยวเพื่อส่งเสริมการพัฒนาสีผลให้สวยงามและสม่ำเสมอ

MJ สามารถกระตุ้นการผลิตเอทิลีน กรดไขมัน และสารหอมระเหย ในระหว่างกระบวนการสุกของผลมะม่วงพันธุ์ Kensington Pride แต่การตอบสนองต่อ MJ ก็มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ระยะการเจริญเติบโตและระยะการพัฒนา ดังรายงานของ Saniewsky และคณะ (1997) พบว่า MJ สามารถกระตุ้นการผลิตเอทิลีนในมะเขือเทศได้ในระยะ preclimacteric แต่จะยับยั้งในระยะ postclimacteric นอกจากนี้ MJ สามารถกระตุ้นหรือยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase และ ACC oxidase ได้ขึ้นอยู่กับชนิดและระยะของการสุกของผลไม้ (Kondo และคณะ, 2007) MJ ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี เช่น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายใน ปริมาณกรดที่ไทเทรทได้ และ pH (Gonzalez-Aguilar และ คณะ, 2001; 2003; Fan และ คณะ, 1998) มีรายงานว่า MJ ช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในผลมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins และผลแอปเปิ้ล (Fan และคณะ, 1998)

ผลของ MJ ต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อพบว่ามีความแตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตผล เช่น MJ สามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อในมะม่วงพันธุ์ Kent ที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิ 10 °C และนำมาเก็บที่ 25 °C เป็นเวลา 7 วัน (Gonzalez-Aguilar และ คณะ, 2001) ในขณะที่ MJ ไม่ได้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำของมะม่วงพันธุ์อื่นๆ (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2000) การใช้ MJ ร่วมกับการเก็บรักษาผลมะละกอในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere packaging; MAP) พบว่าช่วยลดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้ แต่อย่างไรก็ตามอาจจะเป็นผลที่เกิดจาก MAP มากกว่าเป็นผลโดยตรงจาก MJ (Gonzalez-Aguilar และ คณะ, 2003) การรมหรือการจุ่มสับปะรดตัดแต่งด้วย MJ ไม่สามารถลดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้ แต่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ตลอดระยะเวลาเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 7 °C (Martenez-Ferrer และ Harper, 2005) ดังนั้นการใช้ MJ อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มความปลอดภัยทางอาหารจากเชื้อจุลินทรีย์และชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาของผักและผลไม้ได้

2. ด้านการลดอาการสะท้านหนาว

การลดอาการสะท้านหนาวด้วย MJ มีรายงานเป็นครั้งแรกในผลแตง zucchini สันนิษฐานว่าอาจเป็นผลเนื่องจาก MJ เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแอบซิสสิคและโพลีเอมีน ซึ่งสารทั้งสองตัวดังกล่าวนี้สามารถเพิ่มความต้านทานต่อสภาวะความเครียดต่างๆ ให้กับพืชได้ (Wang และ Buta, 1999) ปัจจุบันการศึกษาบทบาทของ MJ ต่อการลดอาการสะท้านหนาวได้มีการศึกษาเพิ่มมากขึ้นทั้งในผักและผลไม้ และพบว่า MJ สามารถช่วยลดอาการสะท้านหนาวได้โดยเฉพาะในพืชที่ตอบสนองต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวอย่างรวดเร็ว เช่น มะม่วงพันธุ์ Kent ฝรั่ง พริกหวาน อะโวกาโด เกรพฟรุต และมะละกอ (Gonzalez-Aguilar และ คณะ, 2004; Meir และ คณะ, 1996; Gonzalez-Aguilar และ คณะ, 2003) จากการศึกษาการรมฝรั่งพันธุ์สีขาวและสีแดงด้วย MJ ที่ความเข้มข้น 10^{-4} และ 10^{-5} M ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 15 วัน แล้วนำออกมาเก็บรักษาที่ 20 °C เป็นเวลา 2 วัน พบว่าฝรั่งที่รมด้วย MJ มีอาการสะท้านหนาวลดลงและลดการรั่วไหลของประจุ (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2004) เช่นเดียวกันกับผลมะม่วงที่รมด้วย MJ ที่ความเข้มข้น 10^{-4} M สามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาว ลดการสูญเสียน้ำหนัก และยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 5 °C ได้ (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2001) ในผล loquat ที่รมด้วย MJ ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 °C สามารถลดอาการสะท้านหนาวได้เนื่องจากลดการเกิดอนุมูลอิสระ และช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ในระบบการต้านออกซิเดชัน ได้แก่ superoxide dismutase (SOD) catalase และ ascorbate peroxidase นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มสูงขึ้น

อีกด้วย ส่วนการใช้ PDJ พบว่าสามารถลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวในกล้วยและมะม่วงที่เก็บรักษาที่ 6 °C โดย PDJ กระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ SOD การสังเคราะห์ phenol และ กรดแอสคอบิกให้สูงขึ้นด้วย (Kondo และคณะ, 2005)

จากข้อสันนิษฐานที่ว่า MJ อาจทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณไปตามเซลล์ต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตเพื่อกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์หรือการสร้างโปรตีนชนิดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเพื่อการดำรงชีวิตนั้น จึงมีความพยายามมากมายในการศึกษาเพื่อพิสูจน์ข้อสันนิษฐานดังกล่าว ซึ่งพบว่า MJ กระตุ้นการสะสมของ heat shock protein (HSPs) ทำให้ลดอาการสะท้านหนาวในผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Ding และคณะ, 2001) นอกจากนั้นยังมีรายงานเพิ่มเติมอีกว่า jasmonate สามารถควบคุมการแสดงออกของยีนหรือโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ฟีนอล โดยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ phenylalanine-ammonia lyase (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2004) โดยทั่วไปความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวจะสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณวิตามินซีในผลิตผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แต่ MJ สามารถชะลอการลดลงของปริมาณวิตามินซีจึงช่วยเพิ่มการต้านทานต่อการสะท้านหนาวได้ (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2004) ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีการศึกษาถึงบทบาทของ jasmonate ต่อการลดอาการสะท้านหนาวเป็นจำนวนมากแต่กลไกของ jasmonate ต่อการเพิ่มความต้านทานให้กับพืชยังไม่เป็นที่ปรากฏแน่ชัด จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อพิสูจน์ข้อสันนิษฐานต่างๆ ที่เกิดขึ้นนี้

3. ด้านการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว

ในปัจจุบัน งานวิจัยเกี่ยวกับบทบาทของ MJ ต่อการรักษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยว ได้มุ่งความสนใจไปในด้านการศึกษาผลของ jasmonate ต่อการลดการเสื่อมสภาพของผลิตผลเนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาหรือวางจำหน่าย ซึ่งได้มีรายงานว่า MJ และอนุพันธ์อื่นๆของ jasmonate สามารถทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณในระหว่างที่พืชได้รับอันตรายจากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุของการเกิดโรคและจากการเกิดบาดแผลต่างๆ (Droby และคณะ, 1999) โดยพบว่า JA และ MJ สามารถยับยั้งเชื้อรา *Botrytis cinerea* Pers. ซึ่งทำให้เกิดโรคราสีเทาในผลสตรอเบอรี่ (Moline และคณะ, 1997) ยับยั้งเชื้อ *Penicillium digitatum* ในผลองุ่นไร้เมล็ด (Droby และคณะ, 1999) และลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในผักชีฝรั่งและพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภคได้อีกด้วย (Buta และ Moline, 1998) อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาพบว่า MJ ไม่สามารถยับยั้ง *P. digitatum* ในสภาพ *in vitro* ได้ แม้ว่าจะใช้ในปริมาณความเข้มข้นสูงก็ตาม จึงอาจกล่าวได้ว่า กลไกของ MJ ในการลดการเน่าเสียของผลิตผลอันเกิดจากโรค อาจเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นให้พืชสร้างกลไกการป้องกันตัวเองโดยธรรมชาติ (Droby และคณะ, 1999) เช่น การสร้างสาร anthocyanins สารประกอบ phenol และ ethylene antagonists เป็นต้น (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2004; Rudell และคณะ, 2004) อย่างไรก็ตาม ได้มีรายงานว่าการใช้ MJ ร่วมกับยีสต์ *Cryptococcus laurentii* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อรา *Monilinia fructicola* และ *P. expansum* ในสภาพ *in vitro* ได้ (Yao และ Tian, 2005) ดังนั้นการใช้ MJ ร่วมกับการควบคุมโรคพืชโดยวิธีอื่นๆ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ MJ ในการลดความสูญเสียของผลิตผลอันเกิดจากโรคภายหลังการเก็บเกี่ยว

สรุปผล

การใช้ MJ และอนุพันธ์อื่นๆ ของ jasmonate อาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการรักษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ เนื่องจากสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านกายภาพ เคมี และชีวเคมีของผลิตผลสดทางการเกษตร แต่การใช้ประโยชน์จากสารในกลุ่ม jasmonate ก็ยังมีข้อจำกัดในการใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้น ชนิดและระยะการพัฒนาของผลิตผล ตลอดจนสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่ใช้ร่วมในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

Buta, J.G. and Moline, H.E., 1998, Methyl jasmonate extends shelf life and reduce microbial contamination of fresh-cut celery and peppers, Journal of Agricultural and Food chemistry, 46: 1253-1256.

Cheong, J. Choi, Y. D., 2003, Methyl jasmonate as a vital substance in plants, Trend in Genetics, 19:409-413

Ding, C.K. Wang, C.Y., Gross, K.C. and Smith, D.L., 2001, Reduction of chilling injury and transcript accumulation of heat shock proteins in tomato fruit by methyl jasmonate and methyl salicylate. Plant Science, 161: 1153-1159.

Droby, S., Porat, R., Cohen, L., Weiss, B., Shapiro, B., Philosop-Hadas, S. and Meir, S., 1999, Suppressing green mold decay in grapefruit with postharvest jasmonate application, Journal American Society for Horticultural Science, 124: 184-188.

Fan, X., Mattheis, J.P. and Fellman, J.K., 1998, Response of apples to postharvest jasmonate treatments, Journal American Society for Horticultural Science, 123: 421-425.

Gonzalez-Aguilar, G.A., Buta, J.G. and Wang, C.Y., 2001, Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of “Kent” mangoes, Journal of the Science of Food and Agriculture, 81: 1244-1249.

Gonzalez-Aguilar, G.A., Buta, J.G. and Wang, C.Y., 2003, Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya “Sunrise”, Postharvest Biology and Technology, 28: 361-370.

Gonzalez-Aguilar, G.A., Fortiz, J., Cruz, R., Baez, R. and Wang, C.Y., 2000, Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintain postharvest quality of mango fruit, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 515-519.

Gonzalez-Aguilar, G.A., Tiznado-Hernandes, M. E., Zavaleta-Gatica, R. and Martinez-Tellez, M.A., 2004, Methyl jasmonate treatment reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits, Biochemical and Biophysical Research Communications, 313: 704-711.

Kondo, S., Yamada, H. and Setha, S., 2007, Effect of jasmonates differed at fruit ripening stages on 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase and ACC oxidase gene expression in pears, Journal American Society for Horticultural Science, 132: 120-125.

Lalel, H.J. D. and Singh, Z.T., 2003, The role of methyljasmonate in mango ripening and biosynthesis of aroma volatile compounds, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 78: 470-484.

Matinez-Ferrer, M. and Harper, C., 2005, Reduction of microbial growth and improvement of storage quality in fresh-cut pineapple after methyl jasmonate treatment, Journal of Food Quality, 28: 3-12.

Meir, S., Philosoph-Hadas, S. Lurie, S., Droby, S., Akerman, M., Zauberman, G., Shapiro, B., Cohen, E. and Fuchs, Y., 1996, Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate, Canadian Journal of Botany, 74: 870-874.

Rudell, D.R., Mattheis, J.P., Fan, X. and Fellman, J.K., 2002, Methyl jasmonate enhance anthocyanin accumulation and modifieds production of phenolics and pigments in “Fuji” apples, Journal of the American and Horticultural Science, 3: 435-441.

Saniewsky, M., Urbanek, H. and Czapsky, J., 1997, Effect of methyl jasmonate on ethylene production, chlorophyll degradation and polygalacturonase activity in tomatoes, Journal of Plant Physiology, 127: 177-181.

Ueda, J., Miyamoto, K. and Kato, J., 1991, Identification of jasmonic acid from *Euglena gracilis Z* as a plant growth regulator, Agricultural and Biological Chemistry, 55: 275-276.

Wang, C.Y., 1998, Methyl jasmonate inhibits postharvest sprouting and improves storage quality of radishes, Postharvest Biology and Technology, 14: 179-183.

Wang, C.Y. and Buta, J.G., 1999, Methyl jasmonate improves quality of stored zucchini squash, Journal of Food Quality, 22: 663-670.

Yao, H.J. and Tian, S.P., 2005, Effects of a biocontrol agent and methyl jasmonate on postharvest diseases of peach fruit and the possible mechanisms involved, Journal of Applied Microbiology, 98: 941.

ดัชนีชื่อผู้แต่ง

ก
กนก รัตนะกนกชัย 289, 293, 297, 301
กฤษณา บุญศิริ 270
กวิศร์ วานิชกุล 165, 169, 173
กัญญารัตน์ รุจิรา รุ่งเรือง 81
กาญจนา เหลืองสุวาลัย 185
กานดา นาคมณี 321, 325
กิ่งแก้ว หิรัญเกิด 221
กิตติ โพธิปัทมะ 153, 265
กิตติพจน์ งามฉวี 257
กุลนรี ศาสตร์ประสิทธิ์ 97
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ 97
กุลรภัส วชิรศิริ 141
เกรียงศักดิ์ บุญเที่ยง 317
เกื้อพันธ์ ชยะสุนทร 81

ค
คำพอง อยู่ศรี 365
คิน เลย์ คู 293, 297, 301

จ
จริงแท้ ศิริพานิช 149
จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ 293, 297
จันทร์จรัส เสริมสาธนสวัสดิ์ 297
จิตตา สาตร์เพ็ชร์ 249
จิราพร ชัยวรกุล 241
จิราภา บุติมาลย์ 105
จุฬาลักษณ์ จารุจุฑารัตน์ 109, 245

ฉ
เฉลิมชัย วงษ์อารี 41, 265

ช
ชณิตรา โพธิคเวษฐ์ 313
ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น 349
ชัยรัตน์ บูรณะ 137
ชุติมา ลิ้มมัทวาภิรัติ์ 353

ฐ
ฐิติชญา สุวรรณทัพ 141
ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ 193
ฐิติมา สกุลนุ่ม 169

ณ
ณ. นพชัย ชาญศิลป์ 41
ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ 321, 325
ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ 9, 13, 25, 29, 37, 41, 45, 57, 61, 73, 77, 93, 101, 109, 113, 117, 209, 233, 245, 333, 341, 349
ณัฐกานต์ นามมะกุนา 357
ณัติฐพล ไข่แสงศรี 61, 113

ด
ดนุวัต เพ็งอ้น 305, 309
ดลฤดี ใจสุทธิ์ 277
ดวงฤดี หวั้นหนู 177
ดำรงชัย สิทธิสำอางค์ 141
เดือนเต็ม ลอยมา 313

ถ
ถาวร ทิพวรรณ 270

ท
ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย 313
ทศพร ดุษฎี 289
ทศพล แทนนรินทร์ 193
ทิพสุคนธ์ บุญรอด 121

ธ
ธนสินี พุกกะณะสุต 149
ธนิกานต์ พุ่มชาวสวน 229
ธัญลักษณ์ มณีวรรณ 197
ธัญวรัตน์ กาจสงคราม 249
ธานี ศรีวงศ์ชัย 181
ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล 217
ธิติมา วงษ์ชีรี 33

น
นภาภรณ์ แซ่ลี้ 9, 209
นฤบดี ศรีสังข์ 285
นวลจันทร์ ภูคลัง 313
นวลฉวี เวชประสิทธิ์ 41
นันธิยา จำปาทอง 217
นัยนา ต่างใจ 53
นิตยา สมภูงา 201

นุจารี ประสิทธิ์พันธ์ 329
เนตรนภิส เขียวขำ 260
เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร์ 213

บ
บงกชรัตน์ ปิติยนต์ 329
บุษกร ประดิษฐนิยกูล 121
เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ 89, 177

ป
ปกขวัญ หุตางกูร 177
ปนิดา บรรจงสินศิริ 37, 57, 101, 233
ประพนธ์ ปราณโสภณ 193
ประภา ศรีพิจิตต์ 181, 325
ประภาพร ตั้งกิจโชติ 169, 205
ประภาพร สีใส 313
ปริตา ธนสุกาญจน์ 357
ปริปก พิศสุวรรณ 301
ปัทมา นิตไธสง 325
ปานทิพย์ บุญส่ง 13
ปิยะ เฉลิมกลิ่น 205
ปิยะดา สุภเทพ 89
ปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์ 357

ผ
ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ 33, 345
ผาณิต รุจิรพิสิฐ 65

พ
พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย 249
พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์ 81
พรพรรณ กลิ่นหอม 270
พรพรรณ จันเนียม 249
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ 125, 129
พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล 333, 337
พักตร์ทิพา เดชพละ 317
พัชยา วิริยะประกอบ 125, 129
พัฒนศักดิ์ จันทร์ส่อง 181
พัตราพร จอมเมืองบุตร 301
พายัพ มาศนิยม 17
พิชญดา ฉายแสง 329
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล 1
เพชรรัตน์ ใจบุญ 281
เพ็ญจา จิตจำรูญโชคไชย 221
แพรวไพลิน ต้นติบุตร 101, 233
ไพรินทร์ กปิลานนท์ 89, 177

ภ
ภัณฑิรา แจ่มผล 89
ภัทรา ผาสอน 293, 297
ภัสจนันท์ หิรัญ 29, 45
ภาณุพล จังคศิริ 237
ภูริสา ทัศวิล 117

ม
มญชุภา กลิ่นสุคนธ์ 333
มณฑิรา นพรัตน์ 125, 129
มัชฌิมา นราดิศร 369
มัลลิกา จินดาซิงห์ 309
มัลลิกา ธนสุคนธ์ 37, 57
ไมตรี สุทธจิตต์ 1

ร
รัชฎาวรรณ นิ่มนวล 109, 245, 253
รัชนี ไสยประจง 289
ริสสา ดิษฐ์น้อย 125, 129
เรืองศักดิ์ กมขุนทด 265

ล
ลัดดาวัลย์ โกวิทย์เจริญ 145

ว
วณิช ลิ่มโอภาสมณี 193
วรพจน์ สุนทรสุข 345
วรัชญา เอกปริญญารักษ์ 337
วริศรา ชื่นอารมย์ 177
วริสรา ปลื้มฤดี 21, 213
วันเพ็ญ น้อยเมือง 153
วันชัย จันทร์ประเสริฐ 133, 197
วาริช ศรีละออ 137, 145, 260
วารุณี เตีย 157
วารุณี วารัญญานนท์ 285
วาสนา วงษ์ใหญ่ 181
วิมลพรรณ รุ่งพรหม 49, 257, 273
วีรชัย พุทธวงศ์ 305, 309

ศ
ศจี สุวรรณศรี 357

ศศิธร วงศ์เรือง 225,229, 237
ศานิต สวัสดิกาญจน์ 21, 161, 213, 257, 273
ศิโรรัตน์ อภิชยารักษ์ 5
ศิริกาญจน์ เพ็งอ้น 353
ศิรินทร์ จันทโพธิ์ 189
ศิริพรรณ พลเสน 105
ศิริรัตน์ เวชกุล 17
ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล 49, 257, 273
ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป 121
ศิริวรรณ พรรณศรี 165, 173
ศุภรัตน์ จิตต์จำนง 317
เศรษฐชัย ชัยสนิท 253
เศรษฐา ศิริพินทุ์ 305, 309
โศรดา วัลภา 85, 141, 149

ส

สนทยา ลิ้มมัทวาภิรัติ์ 353
สนธยา พุทธวงศ์ 225
สมเกียรติ ปรัชญาวรากร 281, 285
สมโภชน์ น้อยจินดา 153, 265
สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ 277, 281, 285
สมนึก ยิ้มย่อง 41
สมฤดี เลี่ยมทอง 49
สมศิริ แสงโชติ 260
สรวิศ แจ่มจำรูญ 249
สร้อยสุดา อุตระกูล 313
สรัญญา วัชโรทัย 260
สรารัตน์ คงทอง 5
สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา 281
สาธิต วงษ์ชีรี 193
สายัณห์ ทัดศรี 321, 325
สุเทวี ศุขปราการ 133, 197
สุชญา โคตรวงษ์ 105
สุชนา ชูประทุม 5
สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ 193
สุดาพร ตังควนิช 361, 365
สุทธิรักษ์ ผลเจริญ 305
สุทธิวัลย์ สีทา 369
สุนันทา จันทกูล 133, 197, 201, 321
สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง 61, 109, 113, 245
สุพัตรา เปี่ยมวารี 249
สุภาพร จันทร์บัวทอง 181
สุรพงษ์ พินิจกลาง 289, 301
สุริยา ฤธาทิพย์ 53, 177
เสาวภาคย์ สุขประเสริฐ 321

ห

หทัยวรรณ์ ศิริสุขชัยถาวร 153, 265
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์ 69

อ

อนันต์ พิริยะภัทรกิจ 205
อภิญญา แก้วใส 105
อภินันท์ วัลภา 85
อภิรดี สุวรรณชัยรบ 133
อภิรดี อุทัยรัตนกิจ 33, 41
อมมี เบญจมะ 17
อรทัย ขำค้า 73, 77
อรทิชา แสงสิงห์ 361
อรพรรณ เสลามาศสกุล 25
อรพิน เกิดชูชื่น 9, 13, 25, 29, 37, 45, 57, 61, 73, 77, 93, 101, 109, 113, 117, 209, 233, 245, 341, 349
อรรจนา ด้วงแพง 189
อรสา สุริยาพันธ์ 241
อรอุมา เสลานนท์ 345
อรุษา เชาวนลิขิต 5
อัจฉรา ฉัตรแก้ว 33
อาคม เทศนุ่ม 293
อาคม ปะหลามานิต 277
อาทิตย์ วาณิชอดิศักดิ์ 157
อาภาพรรณ ชัฏไพศาล 157
อารียา สุฉันทบุตร 105
อิงฟ้า คำแพง 93, 341
อิสรา สุขสถาน 201
อุทร ชิขุนทด 89, 153
เอกลักษณ์ ทองประเสริฐ 185
เอกสกุล ธีรจุมพล 185

N

Nobuyuki Okuda 189

ดัชนีคำสำคัญ

ก
กรดไขมัน,157
กรดไฟติค, 93
กรดแอสคอร์บิค, 153, 265
กระเจี๊ยบ, 5
กระดาษ, 29
กระถิน, 321, 325
กระบวนการงอก, 341
กระบวนการผลิต, 169
กราซิลาเรีย, 17
กะเพราแดง, 249
กัญชง, 305
กากเมล็ดสบู่ดำ, 345
กานพลู, 29, 45
การกระจายตัว, 193
การกลั่น, 329
การเก็บรักษา, 133, 249
การเกิดสีน้ำตาล, 145
การแก้การพักตัวของเมล็ด, 161
การขยายพันธุ์, 229
การงอก, 77, 185
การงอกและการเจริญเติบโต, 273
การเจริญของผล, 173
การเจริญเติบโต, 21
การเจริญเติบโตของต้นกล้า, 185
การเจริญเติบโตและผลผลิต, 213
การแช่น้ำ, 81
การใช้ความร้อน, 125, 129
การซึมผ่านของไอน้ำ, 117
การดูดซึมน้ำ, 113
การตัดขั้วเมล็ด, 161
การตัดแต่ง, 149
การต้านเชื้อจุลินทรีย์, 353
การแตกร้าว, 285
การทดสอบความแข็งแรง, 197
การทดสอบความงอก, 197
การทดสอบสมรรถนะการผสมในชั่วแรกๆ, 181
การบด, 141
การบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ, 149
การบรรจุภัณฑ์, 121
การบำบัดโรคเบาหวาน, 49
การปรับปรุงพันธุ์ข้าว, 181
การผสมกลับ, 181
การเพาะเลี้ยงสปอร์, 177
การย่อยแป้ง, 281
การย่อยสลายด้วยกรด, 37
การย่อยสลายด้วยเอนไซม์, 57
การเร่งการเจริญเติบโตของพืช, 345
การลวก, 141
การละลายน้ำ, 113
การสกัดกัม, 333
การสกัดแยก, 337
การสุกแก่, 133
การเสริมแคลเซียม, 81
การให้ความร้อน, 233
การอบแห้ง, 69
กิ่งพันธุ์, 201
กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ, 41
เกษตรอินทรีย์, 189, 205
แกมมาอะมิโนบิวทาริค, 73, 93
แกมีโทไฟต์, 177
แก๊สโครมาโตกราฟีเฟลมไอออนไนเซชั่น (GC-FID), 157

ข
ขจร, 213
ขนาดอนุภาคของแป้ง, 357
ขนุน (*Artocarpus heterophyllus*), 185
ข้าวกล้อง, 77
ข้าวกล้องงอก, 285
ข้าวกล้องหุงสุกเร็ว, 81
ข้าวเคลือบ, 277
ข้าวเคลือบชาเขียว, 277
ข้าวเจ้า, 341
ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, 317
ข้าวโพด, 77, 341
ข้าวโพดฝักอ่อน, 149
ข้าวฟ่าง, 77
ข้าวสาลี, 77
ข้าวเหนียว, 281
ข้าวอินทรีย์, 189
ขิง, 313

ค
ความงอกและความแข็งแรง, 161

ความชื้น, 85
ความแน่นเนื้อ, 125
ความเป็นกรดด่าง, 1, 5
ความสูงการตัดลำต้น, 325
คะน้า, 21, 137
คั่วอบ, 85
ค่าการยืดตัว, 109, 245
ค่าความคงตัว, 221
คุณค่าทางโภชนาการ, 105
คุณภาพ, 17, 149
คุณภาพแครกเกอร์ข้าว, 357
คุณภาพทางเคมีกายภาพ, 81
คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว, 369
คุณสมบัติทางเชิงกล, 117
เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง, 309
แคนตาลูป, 289
แคโรทีนอยด์, 73
โครมาโตกราฟี, 289
ไคโตซาน, 209, 365

ง
งา, 77

จ
จลนศาสตร์, 69
เจลฟิลเตชัน, 289
เจลาทิไนเซชัน, 281

ช
ช้องนางคลี่, 177
ชาจีน, 9
ชาอัสสัม, 9, 209
ชีววิทยาของดอก, 165
เชื้อเพลิงชีวมวล, 325
เชื้อรา, 29

ซ
ซาโปนิน, 237
ซิลิกา, 361
เซรีนโปรติเนส, 289
ไซลาเนส, 293, 297
ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์, 301

ด
โดนัทเค้ก, 97

ต
ตะไคร้, 313
ตะไคร้หอม, 29, 45

ถ
ถั่วเขียว, 341
ถั่วแดง, 341
ถั่วเหลืองฝักสด, 309

ท
ทอดสุญญากาศ, 65
ท่าอิฐ, 165, 173
เทคนิคก๊าซโครมาโทกราฟี/แมสสเปคโทรเมตรี (GC-MS), 305
เทคนิคการถดถอยเชิงเส้น, 253
เทคนิคการทำแห้ง, 109, 245
เทพทาโร, 329
เทมเป้, 89

ธ
ธัญพืช, 73

น
น้อยหน่า, 265
นาโนอิมัลชัน, 353
น้ำตาลมะพร้าว, 169
น้ำมัน, 1, 157
น้ำมันพืช, 221
น้ำมันหอมระเหย, 29, 45, 257, 270, 329, 353

บ
บรรจุภัณฑ์นวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม, 121
บัวบก, 205
แบคทีเรียแกรมบวก, 53
โบรมิเลน, 101, 349
ใบกะเพราแดง, 69
ใบขี้เหล็ก, 33

ป
ประชากร, 193
ปริมาณผลผลิต, 270

ปริมาณฟีนอลิก, 73
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด, 25
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, 241
ปุ๋ยเคมี, 317
ปุ๋ยอินทรีย์, 317
เปลือกมะม่วง, 141
เปลือกมังคุด, 97
แป้งชนิดโม่เปียก, 357
แป้งชนิดโม่แห้ง, 357
แป้งมันสำปะหลัง, 117
โปรแกรมพยากรณ์, 253
โปรตีนสกัด, 345
โปรตีนสกัดจากกากถั่วเขียว, 349
โปรตีนไฮโดรไลเซท, 37, 57, 349
โปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ด, 101, 233

ผ

ผงดักแด้ไหม, 105
ผงใบหม่อน, 105
ผงลูกหม่อน, 105
ผลผลิต, 17, 169, 321
ผลพืชสด, 121
ผักปลังแดง, 229
แผ่นข้าวเกรียบ, 105

ฝ

ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค, 125, 129

พ

พริก, 237
พลูคาว, 225
พอลิฟีนอลออกซิเดส, 125
พัฒนาการผล, 270
พืชวงศ์ขิง, 21
พืชวงศ์หญ้า, 273
พืชสวน, 217
โพรแอนโทไซยานิน, 153
โพลีฟีนอลทั้งหมด, 217

ฟ

ฟลาวร์, 337
ฟลูอิไดซ์เบด, 277, 281, 285
ฟิล์มที่บริโภคได้, 117
ฟิล์มแป้งข้าวเจ้า, 109
ฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง, 245
ฟีนอลิก, 209
ฟีนอลิกทั้งหมด, 93
โฟมแป้ง, 61, 113
ไฟเบอร์, 61

ม

มะกรูด, 270
มะนาว, 29, 45
มะพร้าวน้ำหอม, 145
มะเฟือง, 153
มะม่วง, 260
มะยงชิด, 165, 173
มะระขี้นก, 241
มะรุม, 49
เมทิลจัสโมเนต, 369
เมล็ด, 185, 201
เมล็ดคำแสด, 365
เมล็ดพันธุ์สบู่ดำ, 197
เมล็ดมะม่วงหิมพานต์, 85
เมล็ดสำรอง, 333, 337
แมคคาเดเมีย, 157
แมลงวันผลไม้, 193

ย

ยับยั้งแบคทีเรีย, 221
ยูวีซี, 137
เยื่อคราฟท์, 61, 113
ใยอาหาร, 97, 141

ร

ระยะระหว่างแถว, 321
รังสียูวี, 229
รากบัว, 65
รูปแบบค้าง, 213
แรงต้านทานการดึงขาด, 61, 109, 245

ฤ

ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย, 41

ว

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร, 301
วิตามินบี 1, 73
วิธีการปลูก, 201

วิธีทดสอบเตตราโซเลียม, 177
วุ้น, 17
เวลา, 65

ส
สตาร์ช, 337
สบู่, 221
สบู่ดำ, 133, 201
สบู่เลือด, 361
สภาพบรรยากาศดัดแปร, 129
สภาวะการให้ความร้อน, 241
สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ, 241
สัณฐานวิทยา, 189
สัมประสิทธิ์การแบ่ง, 1
สาบเสือ, 225
สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน, 181
สายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน, 181
สารต้านอนุมูลอิสระ, 25, 137, 153, 265
สารประกอบโพลีฟีนอล, 13
สารประกอบฟีนอล, 265
สารปรุงแต่งกลิ่นรส, 101, 233
สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล, 145
สารพฤกษเคมี, 93
สารยับยั้งแบคทีเรีย, 221
สารละลายแคลเซียมคลอไรด์, 125, 129
สารสกัดจากพืช, 21, 237
สารสกัดจากสมุนไพร, 353
สารให้กลิ่นรส, 349
สารให้สี, 13
สีย้อมธรรมชาติ, 361, 365
สุธาสิโนบล, 41

เส้นใยเห็ด, 89

ห
หญ้าดอกขาว, 273
หมากนวล, 53
เห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer), 37, 57
เห็ดหอม (*Lentinula edodes*), 37, 57
เหรียง, 161
ไหม, 361, 365

อ
องค์ประกอบทางเคมี, 321, 333
อบเชย, 29, 45, 260
อะไมเลส, 293
อัญชัน, 5
อาการสะท้านหนาว, 369
อายุการเก็บรักษา, 129
อายุผล, 270
อาหารหมัก, 89
อินฟราเรด, 69, 85
อุณหภูมิ, 5, 65
อุณหภูมิการอบแห้ง, 249
เอเชียติโคไซด์, 205
เอนไซม์เชิงซ้อน, 297
เอนไซม์ยึดเกาะแบบจำเพาะกับแป้งดิบ, 293
เอนไซม์หน่วยย่อย, 297
แอนโทไซยานิน, 229
แอลฟากลูโคซิเดส, 49
แอลลีโลพาธี, 273
ไอโซฟลาโวน, 309

A

γ-amino–butyric acid (GABA), 73
acidic hydrolysis, 37
agar, 17
agricultural waste, 301
alkaliphilic *Bacillus firmus*, 301
allelopathy effects, 273
Alternaria brassicicola, 313
amylase, 293
anthocyanin, 229
antibacterial, 41
antibiotic, 221
anti-browning agent, 145
antimicrobial, 353
antioxidant activity, 25
antioxidant, 41, 137, 153, 265
aroma compounds, 349
aromatic coconut, 145
ascorbic acid, 153, 265
asiatic pennywort, 205
asiaticoside, 205
Aspergillus niger , 313
Assam tea, 9, 209

B

baby corn, 149
backcross, 181
Basella rubra L., 229
bioenergy, 325
bitter gourd, 241
Bixa orellana Linn., 365
blanching, 141
Botryodiplodia theobromae, 260
Bouea burmanica, 165, 173
breaking seed dormancy, 161
breeding rice, 181
bromelain, 101, 349
brown rice, 77
browning reaction, 145
butterfly pea, 5

C

cake-type doughnut, 97
calcium chloride solution, 125, 129
calcium fortification, 81
cantaloupe, 289
carambola, 153
carotenoids, 73
cashew, 85
cassava starch, 117, 245
Cassia siamea (Lamk.) leaves, 33
cereals, 73
chemical composition, 321, 333
chemical fertilizer, 317
chilli, 237, 241
chilling injury, 369
chinese kale, 21, 137
Chinese tea, 9
chitosan, 209, 365
chromatograph, 289
cinnamon, 29, 45, 260
citronella, 29, 45
clove, 29, 45
coated rice, 277
coconut sugar, 169
Collectotrichum capsici, 225, 237, 241
Colletotrichum gloeosporioides, 260
colorants, 13
corn, 77, 341
Cowslip creeper, 213
Cratoxylum formosom Dyer, 1
crispy cracker sheet, 105
crude extracts, 21
cutting height, 325
cutting, 201

D

diabetes therapy, 49
dietary fiber, 97, 141
distillation, 193, 329
DPPH, 25
dry milling flour, 357
drying technique, 109, 245
drying, 69
D-value, 53

E

early generation testing, 181

eco-innovative packages, 121
edible film, 117
elongation (E), 109, 245
enzymatic hydrolysis, 57
enzyme subunit, 297
epigallocatechin gallage (EGCG) and derivatives, 9, 209
Escherichia coli., 221
essential oil, 29, 45, 257, 270, 329
extended-spectrum ß-lactamase, 257

F
fatty acid, 157
fermented food, 89
fiber, 61
firmness, 125
fissuring, 285
flavoring agent, 101, 233
floral biology, 165
floral development, 173
flour particle size, 357
flour, 337
fluidized bed, 277, 281, 285
free radical scavenging capacity, 241
fresh peaches, 121
fresh-cut guava, 125, 129
fruit development, 270
fruit fly, 193
fungi, 29
Fusarium oxysporum, 225
Fusarium sp., 33

G
GABA, 285
GAE, 217
gametophyte, 177
gamma amino butyric acid (GABA), 93
gas chromatography frame ionization (GC-FID), 157
gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS), 305
gel filtration, 289
gelatinization, 281
germinated brown rice, 285
germination process, 341
germination test, 197
germination, 77, 185
ginger, 313
Gracilaria fisheri, 25
Gracilaria spp., 17
gram-positive bacteria, 53
green tea coated rice, 277
green tea, 277
growth and yield, 213
growth, 21
gum extraction, 333
α-glucosidase, 49

H
heat treatment, 125, 129, 233
heating condition, 241
Hemp, 305
herbal extract, 353
high performance liquid chromatography (HPLC), 309
holy basil (*Ocimum sanctum* Linn.), 249
holy basil leaves, 69
hydrolysed vegetable protein, 349

I
infrared, 69, 85
isoflavones, 309
isolation, 337

J
jackfruit (*Artocarpus heterophyllus),* 185
Jatropha curcas seed cake, 345
Jatropha curcas seed, 197
Jatropha gossyppifolia, 361
jatropha, 201

K
kaffir lime, 270
Khao Dawk Mali 105 rice, 317
kidney bean, 341
kinetics, 69
Klebsiella pneumonia, 257
kraft fiber, 61, 113

L

L. theobromae, 33
LC-ESI-MS, 13
legume crops, 273
lemon grass, 313
leucaena, 321, 325
lime, 29, 45
linear regression technique, 253
lotus root, 65
Lycopodium phlegmaria, 177

M

macadamia, 157
maintainer line (B line), 181
male sterile line (A line), 181
malva nut seeds, 333, 337
mango peel, 141
mango, 260
mangosteen rind, 97
manila palm, 53
Marian plum, 165, 173
maturity, 133
mechanical properties, 117
methyl jasmonate, 369
MIC, 53
milling, 141
minimally processed, 149
modified atmosphere packaging, 149
modified atmosphere, 129
moisture, 85
Moringa oleifera Lamk, 49
morphology, 189
mulberry fruits powder, 105
mulberry leaves powder, 105
multienzyme complex, 297
mung bean, 341
mungbean meal protein isolates, 349
mushroom mycelia, 89
mushroom protein hydrolysate, 101, 233
Nangrom mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Fr.)
Kummer), 37, 57

N

Nangrom mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Fr.)
Kummer), 37, 57
nanoemulsions, 353
natural dye, 361, 365
nutrient value, 105
Nymphaea capensis var. zanzibariensis, 41

O

oil, 1, 157
organic agriculture, 189
organic farming, 205
organic fertilizer, 317
organic rice, 189

P

packaging, 121
Paenibacillus curdlanolyticus B-6, 297
palm syrup, p057
paper, 29
Parkia timoriana. 161
partition coefficient, 1
pH, 1, 5
phenolic contents, 73, 153, 209
phenolics, 265
physic nut, 133
physicochemical property, 81
phytic acid, 93
phytochemical, 93
plant extract, 237, 241
plant growth promotion, 345
plant oil, 221
planting method, 201
plants, 217
plucao, 225
polyphenol oxidase, 125
polyphenolic compounds, 13
population, 193
postharvest quality, 369
prediction program, 253
proanthocyanin, 153
production process, 169
propagation, 229
protein hydrolysate, 37, 57, 345

pupae powder, 105

Q
quality, 17, 149
quick cooking brown rice, 81

R
raw spacing, 321
raw starch-binding enzymes, 293
red spragle, 273
rice cracker quality, 357
rice starch, 109
rice, 341
roasting, 85
roselle, 5

S
Sabsua, 225
Saponin, 237, 241
seed clipping, 161
seed germination and growth, 273
seed germination and vigor, 161
seed, 185, 201
seedling growth, 185
serine Proteinase, 289
sesame, 77
Shiitake mushroom (*Lentinula edodes*), 37, 57
silica, 361
silk, 361, 365
soaking, 81
soap, 221
sorghum, 77
spore culture, 177
staking types, 213
starch based foam, 61, 113
starch hydrolysis, 281
starch, 337
storage life, 129
storage, 133, 249
sugar apple, 265

T
Δ^8-THC, 305
Δ^9-THC, 305
tempeh, 89
temperature drying, 249
temperature, 5, 65
tensile strength (TS) , 61, 109, 245
tetrahydrocannabinol (THC), 305
tetrazolium test, 177
Tha It, 165, 173
Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum NOI-1, 293
Tiliacora triandra (Diels), 13
time, 65
total phenolic content, 25, 241
total phenolic, 93, 217
True Laurel, 329

U
UV, 229
UV-C, 137

V
vacuum fry, 65
vegetable soybean, 309
vigor test, 197
vitamin B1, 73
volatile oil, 353

W
water absorption index (WAI), 113
water solubility index (WSI), 113
water vapor permeability, 117
waxy rice, 281
wet milling flour, 357
wheat, 77

X
xylanase, 293, 297
xylan-binding xylanase, 301
xylooligosaccharide, 301

Y
yield, 17, 169, 270, 321

Z
Zingiberaceae, 21

ผู้ทรงคุณวุฒิ
การประชุมและเสนอผลงานวิชาการพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนครั้งที่ 3

รศ. ดร. รวี เสรฐภักดี
รศ. สมภพ ฐิตะวสันต์
รศ. ดร. ปราณี อ่านเปรื่อง
รศ.ดร กนก รัตนะกนกชัย
รศ. ดร. สรัญญา วัชโรทัย
ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
รศ. ดร. ประภาพร ตั้งกิจโชติ
ดร. ทรงพล สมศรี
ดร. อมรา ชินภูติ
ดร. วันทนา ตั้งเปรมศรี
รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
ผศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง

คณะกรรมการจัดการประชุมฯ

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
ผศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง

กองบรรณาธิการ วารสารวิทยาศาสตร์ฉบับพิเศษ ปีที่ 40 ฉบับที่ 3

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
ผศ. 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
นายอัครเดช นครเสด็จ
นางสาวภัสจนันท์ หิรัญ
นางสาวอรทัย ขำค้า
นายณัติฐพล ไข่แสงศรี
นางสาวอิงฟ้า คำแพง
นางสาวชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น
นางสาวมัลลิกา ธนสุคนธ์
นางสาวแพรวไพลิน ตันติบุตร
นางสาวภูริสา ทัศวิล
นางสาวอาภาพรรณ ชัฏไพศาล
นางสาวปานทิพย์ บุญส่ง