ISSN 0125-0369

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร

AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 43 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม 2555 Vol. 43 No.2 (Suppl.) May-August 2012

การประชุมวิชาการ และเสนอผลงานวิจัย พืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 6

วันที่ 26-27 กรกฎาคม 2555 ณ หอประชุมเบญจรัตน์ อาคารนวมินทรราชินี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร

สวทช NSTDA

โครงการส่งเสริมการวิจัย ในอุดมศึกษาและการพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

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 ปานแก้ว

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร

Agricultural Science Journal

บรรณาธิการ

รศ.ดร.นิพนธ์ ทวีชัย

กองบรรณาธิการ

ศ.ดร.อังศุมาลย์	จันทราปัตย์	รศ.ดร.อำไพวรรณ	ภราดร์นุวัฒน์
ศ.ประดิษฐ์	พงศ์ทองคำ	รศ.ดร.วรวิทย์	สิริพลวัฒน์
ศ.ดร.สายัณห์	ทัดศรี	รศ.ดร.ณรงค์	จึงสมานญาติ
ศ.ดร.เอิบ	เขียวรื่นรมณ์	รศ.ดร.อมรา	ทองปาน
ศ.ดร.สายชล	เกตุษา	รศ.ดร.กังวาลย์	จันทรโชติ
ศ.ดร.จริงแท้	ศิริพานิช	รศ.ดร.กัญจนา	ธีระกุล

เจ้าของ

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ตู้ ปณ. 1070 ปทฝ. เกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10903

สำนักงานกองบรรณาธิการ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร อาคาร 3 ชั้น 8

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับพิเศษนี้ สมาคมวิทยาศาสตร์เกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยและงานวิชาการเกษตรสู่สาธารณะ ประกอบด้วยเรื่องเต็มจากการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 6 ที่จัดขึ้นระหว่างวันที่ 26-27 กรกฎาคม พ.ศ. 2555 ณ หอประชุมเบญจรัตน์ อาคารนวมินทรราชินี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร ซึ่งดำเนินการโดย โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการวิทยาศาสตร์การอาหารและเกษตร และนักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในงานวิจัยร่วมกับหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ซึ่งถือเป็นการสร้างความร่วมมือและขยายขอบเขตในการพัฒนางานวิจัยให้กว้างยิ่งขึ้น

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ใคร่ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมประชุมและผู้มีส่วนร่วมในการประชุมทุกท่าน โดยเฉพาะคณะกรรมการการจัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 6 โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย และแหล่งทุนที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการจัดพิมพ์วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับนี้ และใคร่ขอเชิญชวน นักวิชาการ นักวิจัย และนักศึกษาผู้สนใจด้านการพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน สมัครเป็นสมาชิกสมาคมฯ และเสนอบทความฉบับเต็ม เพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรของสมาคมฯ ในโอกาสต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ ทวีชัย
บรรณาธิการ

คำนำ

ปัจจุบันงานวิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน เช่น ข้าว พืชไร่ ไม้ผล ผัก พืชสมุนไพร เครื่องเทศ ไม้ดอก และ ไม้ประดับ มีความสำคัญมากขึ้น เห็นได้จากการพัฒนาเทคโนโลยีทั้งในด้านการผลิต การเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยว และการแปรรูป การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยา ตั้งแต่ในระดับแปลงปลูกของเกษตรกร ระดับห้องปฏิบัติการ จนถึงในระดับอุตสาหกรรม โดยงานวิจัยต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษานั้น บางส่วนได้มีโอกาสนำมาเผยแพร่แก่นักวิจัย นักวิชาการ ตลอดจนผู้ประกอบการในภาคเอกชนที่มีความสนใจ ดังนั้นศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) ร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (มจพ.) และมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย จัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 6 ขึ้น ในวันที่ 26-27 กรกฎาคม 2555 ณ หอประชุมเบญจรัตน์ อาคารนวมินทรราชินี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร เพื่อให้ อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และนักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในงานวิจัย ร่วมกับหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย เป็นการสร้างความร่วมมือและขยายขอบเขตในการพัฒนางานวิจัยให้กว้างยิ่งขึ้น

การประชุมประกอบด้วยการบรรยายและอภิปรายจากวิทยากรรับเชิญที่มีชื่อเสียงทั้งในและต่างประเทศ และยังมีการนำเสนอผลงานวิจัยทั้งแบบบรรยายและโปสเตอร์จากนักวิจัยรุ่นกลางและรุ่นใหม่ รวมถึงจากนิสิต-นักศึกษา ตลอดจนมีการมอบรางวัลการนำเสนอผลงานดีเด่นแก่นักวิจัยรุ่นเยาว์ เพื่อเป็นกำลังใจให้สร้างผลงานวิจัยที่มีคุณภาพต่อไป นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมประชุมยังจะได้มีโอกาสได้ชมนิทรรศการเครื่องมือทันสมัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์การอาหารและการเกษตรจากบริษัทผู้แทนจำหน่าย และพบปะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้านงานวิจัย การสร้างเครือข่ายงานวิจัยวิทยาศาสตร์ด้านพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนของประเทศไทยให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

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

คณะกรรมการจัดการประชุมฯ

www.crdc.kmutt.ac.th

crdc2011@kmutt.ac.th

วารสาร ISSN 0125-0369

วิทยาศาสตร์เกษตร

AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 43 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม 2555 Vol.43 No.2 (Suppl.) May-August 2012

การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 6

1 การย่อยสลายเนื้อลิ้นจี่ด้วยเอนไซม์และผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชัน
นราพร ฟ้าสว่าง และ ปราณี อ่านเปรื่อง

5 การประเมินอายุการเก็บรักษาของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) โดยสภาวะเร่ง
สุฮัยญา แวยูโซะ อรัญ งามผ่องใส และ ธีระพล ศรีชนะ

9 ผลของสภาวะการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของรำข้าว
สาธิต ทัศนเอกจิต ชลิดา เนียมนุ้ย สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์

13 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการสกัดน้ำมันพืชด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัด
ศุภกิตต์ สายสุนทร ฤาชา บุญยกิจโณทัย และ สุดสายสิน แก้วเรือง

17 ผลของโอโซนต่อการสังเคราะห์แสงของยางพารา *Hevea brasiliensis* Muell.Arg.
ครรชิต สอสิริกุล พูนพิภพ เกษมทรัพย์ และ บุญธิดา โฆษิตทรัพย์

21 การคัดเลือกและเตรียมสูตรสำเร็จเชื้อ *Streptomyces griseus* subsp. *formicus* เพื่อควบคุมเชื้อรา *Rigidoporus microporus* สาเหตุโรครากขาวของยางพารา
ปวีณา สังข์แก้ว เสมอใจ ชื่นจิตต์ และ วสันณ์ เพชรรัตน์

25 การพัฒนาสบู่ก้อนที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากดอกดาวเรือง
เปรมชัย เอี่ยมศิรินพกุล จำรูญศรี พุ่มเพียน ศรัณยา รพีอาภากุล และ อรวรรณ นกสี

29 ผลของการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะของเค้กไมโครเวฟ
ณัฏฐา สถิรรัตน์ จิณห์วรา เจริญพันธ์ และ อโนชา สุขสมบูรณ์

33 การศึกษาขั้นต้นการผลิตไวน์จากตะขบผสมน้ำอ้อย
ชนินทร์ อัครปัญญาวิทย์ สถิตพงศ์ ผลาเกษ และ อรสา สุริยาพันธ์

37 การศึกษาประสิทธิภาพของการย่อยมันเส้นด้วยสารเคมี
ปริญญพันธุ์ เพชรจรัส เมทินี วสุนธราวัฒน์ และ อรรจนา ด้วงแพง

41 ผลของวิธีการหุงที่มีต่อสัณฐานวิทยาและสมบัติเชิงกายภาพของข้าวฮางในระหว่างการหุง
โสรยา เกิดพิบูลย์ ดาริกา เจริญดี เณศรา จันต๊ะวงศ์ และ พนัชกร อัศวจิต

45 การพัฒนาผลิตภัณฑ์กุนเชียงเสริมเห็ดหอม
วิชชุดา สังข์แก้ว และ ผาณิต รุจิรพิสิฐ

49 สารต้านออกซิเดชั่นและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเนื้อลำไยที่ย่อยสลายด้วยเทคนิคเอนไซม์
บุศรา ฐิติรัตน์สกุล และ ปราณี อ่านเปรื่อง

53 ผลของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างและน้ำมันหอมระเหยบางชนิดต่อการตายและการพัฒนาของลูกน้ำยุงลายบ้าน
มัสรินทร์ วิวัฒน์ อรัญ งามผ่องใส สนั่น ศุภธีรสกุล และ ธีระพล ศรีชนะ

57 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ
อัจฉรา พิเลิศ รัตนชัย ไพรินทร์ โกวิท ยอดมงคล ธีระธนธร นนทะภา ภัทราวดี ศรีปัญญา
และ กาญจนา สุริยนต์

61 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดนาโนและไมโครร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพื่อลด
ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค
ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ นพรัตน์ ทัดมาลา และ วาริช ศรีละออง

65 ผลการใช้น้ำส้มควันไม้มะขามต่อจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียในหญ้าหมัก
อรรถพล ตันไสว พนอม ศรีวัฒนสมบัติ พิราวรรณ จันประดูมอญ เกศินี สายสุวรรณ ลักษณ์ฐดา พรมขำ
จำเนียน เป็กเครือ และ ณิฐิมา เฉลิมแสน

69 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดร่างแหกระโปรงสั้น (*Dictyophora duplicata* Fisch.) ใน
อาหารเหลว
ไพรินทร์ กปิลานนท์ สุริยา ฤธาทิพย์ และ ปกขวัญ หุตางกูร

73 ผลของการใช้พลาสติกคลุมดินต่ออุณหภูมิดินและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมไวท์สวีทเตอร์ 65
อรรจนา ด้วงแพง เศรษฐ์ เจริญเขต เอกภพ มิลินทานุช ศิรินทร์ จันทโพธิ์ Nobuyuki Okuda
และ Haruo Suzuki

77 ผลของการตัดขั้วเมล็ดและความเข้มข้นของกรดจิบเบอเรลลิคต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เหรียง
2 ชนิด
ศานิต สวัสดิกาญจน์

81 การลดจุลินทรีย์ในพริกขี้หนูสดด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ และการสร้างมาตรฐานการตรวจจับสำหรับ
เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ ศิววรรณ พูลพันธุ์ พัชรีภรณ์ เงินมาก จิราพร สมนึก และ ศรรัก พงษ์สุวรรณ

85 การผลิตกรดแล็กติกจาก *Rhizopus oryzae* G-118 ที่เพาะเลี้ยงในแหล่งคาร์บอนหลากชนิด
วชิราภรณ์ ผิวล่อง สุรศักดิ์ สัจจบุตร สุชาดา พงษ์พัฒน์ และ จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ

89 การศึกษาแผ่นฟิล์มบริโภคได้จากผงมะม่วง
จุฑามาศ พิศมัย อารยา ยงกสิการณ์ ชลลดา สังเวียน และ นันท์ชนก นันทะไชย

93 ผลของเวลาการทำแห้งต่อคุณภาพของถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้ง
พรนภา น้อยพันธ์ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

97 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของเนื้อผลกาแฟอาราบิกา
ณิชาภา ขำชุ่ม วิภา ราตรีพรทิพย์ ณัฐวุฒิ ดอนลาว และ นิรมล ปัญญ์บุศยกุล

101 ผลของสารเคลือบผิวบางชนิดต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษา
ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ เบญจมาส รัตนชินกร และ คมจันทร์ สรงจันทร์

105 การผลิตและการทดสอบการยอมรับบร็อคโคลีทอดสุญญากาศของผู้บริโภค
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์ และ เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์

109 ผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารเคอร์คูมินในขมิ้นชันผง
สุรศักดิ์ สัจจบุตร วชิราภรณ์ ผิวล่อง สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ สุชาดา พงษ์พัฒน์ และ จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ

113 ผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพของไวน์เม่า
สุรศักดิ์ สัจจบุตร วชิราภรณ์ ผิวล่อง ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์ และ จารุณีย์ ทองผาสุก

117 การใช้เทคนิคพีเอสแอล และเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์เพื่อตรวจพิสูจน์เครื่องเทศ และเครื่องปรุงรสชนิดผงที่ผ่านการฉายรังสี
เสาวพงศ์ เจริญ และ เขมรุจิ เข็มทอง

121 การทำให้บริสุทธิ์และลักษณะเฉพาะของบริเวณเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ปาเปนโดยการศึกษาโมเลคิวลาร์ ด๊อกกิ้ง
สุรพงษ์ พินิจกลาง รัชนี ไสยประจง และ กนก รัตนะกนกชัย

125 การทำให้บริสุทธิ์บางส่วนของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสจากมะม่วงน้ำดอกไม้
พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ ภัชรี สิทธิกิจโยธิน รัชนี ไสยประจง และ สุรพงษ์ พินิจกลาง

129 ผลของการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวแบบแผ่น
จุฑารัตน์ คงโนนกอก และ ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย

133 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและอายุการเก็บรักษาของสาหร่ายทะเลทอดกรอบในบรรจุภัณฑ์
บุษกร ประดิษฐนิยกูล วิสะนี ดีสกุล สักขี แสนสุภา ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง จิราภรณ์ ดำจันทร์ และ วิจิตร รัตนถาวรกิตติ

137 การใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* Berliner สายพันธุ์ไทย JC590 เพื่อควบคุมหนอนกระทู้ผัก (*Spodopteralitura* Fabricus) ในสภาพเรือนปลูกทดลองและสภาพแปลงปลูก
นันทนัช พินศรี ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์ และ จริยา จันทร์ไพแสง

141 การกลายพันธุ์เชื้อ *Rhizopus microsporus* TISTR 3518 ด้วยรังสีแกมมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกรดแล็กติกจากแป้งมันสำปะหลัง
จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ สุชาดา พงษ์พัฒน์ วชิราภรณ์ ผิวล่อง และ สุรศักดิ์ สัจจบุตร

145 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรในการยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียในขนมปัง
จาตุรงค์ จงจีน

149 การผลิตกลูโคสไซรัปจากแป้งเมล็ดขนุนและแป้งมันสำปะหลัง
เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ สมบูรณ์ศักดิ์ ศิลาเปรื่อง และ รพีพร เอี่ยมสะอาด

153 การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร
เพ็ญจา จิตจำรูญโชคไชย

157 ผลของสารละลายโปรตีนไหมและไคโตซานฉายรังสีต่อผลผลิตและคุณภาพอ้อย
วไลลักษณ์ แพทย์วิบูลย์ รังษี เจริญสถาพร วรทรรศน์ สหัสธรรมรังสี มยุรี จันทร์สายทอง ธีรนันท์ แตงทอง และ ปรารถนา คิ้วสุวรรณ

161 การคัดเลือกพันธุ์ทนน้ำท่วมในข้าว 15 พันธุ์
ศานิต สวัสดิกาญจน์ สุวิทย์ เฑียรทอง และ กิตติภูมิ งามสมทบ

165 การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อผลผลิตข้าวสายพันธุ์หอมนิลในระบบเกษตรเขตชลประทาน
ชินกฤต สุวรรณคีรี

169 การทดสอบการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในพื้นที่นาดอนของภาคกลาง
ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วิษณุ ทรัพย์กร

173 คุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์
ผาณิต รุจิรพิสิฐ วิชชุดา สังข์แก้ว และ เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์

177 ทัศนคติและความต้องการซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวจีเอพี
ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล

181 ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของยางพารา
ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วิษณุ ทรัพย์กร

185 เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นกล้าข้าวสาลีอินทรี 1 เพื่อทำน้ำคั้นใบข้าว
เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์ และ ชวนพิศ อรุณรังสิกุล

189 การเพิ่มอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบโดยใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล
มัชชลี คณโทเงิน วราภรณ์ ปั้งลิขิต อรสา สุริยาพันธ์ และ จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์

193 การพัฒนาสูตรน้ำมันปรุงอาหารจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ผสมสมุนไพร
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล สิริมา ชินสาร นิสานารถ กระแสร์ชล และ ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล

197 ผลของแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ต่อสมบัติทางกายภาพของสปันจ์เค้กที่อบด้วยไมโครเวฟซึ่งเตรียมจากส่วนผสมเค้กเมล็ดขนุนสำเร็จรูป
ประไพพรรณ เอมดวง และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

201 ผลของวิธีการทำแห้งต่อสีและปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง
ยาตรา ยมสูงเนิน เยาวภา ไหวพริบ ชนกานต์ สกุลแถว รังสิมา สูตรอนันต์ และ อนันต์ ทองทา

205 ผลของสารแช่ท่อนพันธุ์ต่อความงอก การเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลัง
สุปราณี งามประสิทธิ์ สกล ฉายศรี กิ่งกานท์ พานิชนอก พชรดา ฉายศรี และ ประภาส ช่างเหล็ก

209 การวิเคราะห์พันธุกรรมของยางพาราพันธุ์พื้นเมืองโดยใช้เครื่องหมายอาร์เอพีดี และการศึกษาอิทธิพลของต้นตอพื้นเมืองต่อการเจริญเติบโตของกิ่งพันธุ์ RRIM 600
รัชนีกร แก้วจุลกาญจน์ และ จรัสศรี นวลศรี

213 ผลของการใช้สารเมทิลจัสโมเนทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง
ฤทัยรัตน์ ทันตวิวัฒนา ศิริชัย กัลยาณรัตน์ ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร เฉลิมชัย วงษ์อารี และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย

217 อิทธิพลของโอโซนต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบมะพร้าว (*Cocos nuciferra* L.)
นราศักดิ์ พงศ์พระเกตุ ดวงรัตน์ ศตคุณ เจษฎา ภัทรเลอพงศ์ และ พูนพิภพ เกษมทรัพย์

221 การวิเคราะห์พารามิเตอร์ของเทคนิคการคัดแยกด้วยความถ่วงจำเพาะสำหรับเมล็ดงาขี้ม้อน
ปานนท์ เมืองแก้ว วิบูลย์ ช่างเรือ และ สุชาดา เวียรศิลป์

225 การผลิตต้นแม่พันธุ์ปลอดโรคของส้มโอ [*Citrus maxima* (Burm.) Merr.] พันธุ์ทับทิมสยามจากต้นในแปลงปลูก
พิมพา พงศ์พัฒนบุตร และ รัตนา สดุดี

229 ผลของปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และน้ำต่อคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวเจ้า
กรรณิการ์ กุลยะณี กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และ อโนชา สุขสมบูรณ์

233 ผลของวิธีการเตรียมต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน
กุหลาบ สิทธิสวนจิก พีรยา โชติถนอม และ ขัตติยา ชิณวงษ์

237 สมบัติเชิงกายภาพบางประการของซุปที่ผลิตจากข้าวกล้องและข้าวฮาง
สุขทิพย์ สุขใส ชลิดา เนียมนุ้ย อนุกูล วัฒนสุข กนกภรณ์ ครุฑภาพันธ์ และ โสรยา เกิดพิบูลย์

241 การพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในปากจากน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในช่องปากและโรคฟันผุ
สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก

245 การปรับตัวของเกษตรกรรายย่อยในการลดต้นทุนการผลิตข้าวนาน้ำฝน อำเภอบ้านเขว้า จังหวัดชัยภูมิ
นุจนาจย์ งิดชัยภูมิ และ บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล

249 ผลของ BA และ IAA ต่อการเกิดยอดของบัวฉลองขวัญในสภาพปลอดเชื้อ
เยาวมาลย์ น้อยใหม่ และ ปิยะวดี เจริญวัฒนะ

253 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อปริมาณการแพร่ของอินโดลอะซิติกแอซิดและคุณภาพของผลลำไย
ธีรวัฒน์ กันยานี และ ดรุณี นาพรหม

257 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อ *Pseudoidium nephelii* สาเหตุโรคราแป้งของเงาะ
วรารัตน์ ศรีจันทร์ และ ชัยสิทธิ์ ปรีชา

261 การเหลือรอดของ *Lactobacillus acidophilus* ในโยเกิร์ตกล้วยน้ำว้าและสภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหาร
ทิพรักษ์ วงษาดี อัสนี วงคำหาร และ สุรีพร หงส์สีดา

265 ผลของการหมักกรดแลคติคต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำสับปะรด
ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ นารี เด่นชัย และ ปิยนุช นุ่มสนิท

269 การแยกเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสสายพันธุ์อ่อนด้วยแมลงพาหะเพลี้ยอ่อนส้ม [*Toxoptera citricida* (Kirkaldy)]
พุฒตาล ทิพเพ็ง และ รัตนา สดุดี

273 ความเข้มข้นของเชื้อราบิวเวอร์เรียในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1
เอกรัฐ ปั่นกำจร สมเกียรติ ปั้นแตง และ กฤษณา บุญศิริ

277 การศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนและส่วนประกอบกรดอะมิโนในข้าวหลายสายพันธุ์จากประเทศไทย
รัชนี ไสยประจง และ สุรพงษ์ พินิจกลาง

281 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดระหว่างการเก็บรักษา
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

285 ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการสร้างตาดอกขององุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon
ฉัตรชัย หล่าบรรเทา สุรศักดิ์ นิลนนท์ ลพ ภวภูตานนท์ และ ประศาสตร์ เกื้อมณี

289 ผลของปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และการใช้ร่วมกันที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพผลของน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง ที่ปลูกบนดินคล้ายชุดดินมาบบอนที่มีเนื้อร่วนหยาบ
กิ่งกานท์ พานิชนอก สกล ฉายศรี เอ็จ สโรบล เรืองศักดิ์ กมขุนทด สุปราณี งามประสิทธิ์ พชรดา ฉายศรี และ ประภาส ช่างเหล็ก

293 ผลของความร้อนที่มีต่อฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ของพืชตระกูลแตงบางชนิด
จันทร์เพ็ญ แสงประกาย จันทร์สุดา จริยวัฒนวิจิตร และ ช่อลัดดา เที่ยงพุก

297 อิทธิพลของวันปลูกต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบ
ชื่นจิต แก้วกัญญา และ สุมาลิน แท่นทอง

301 การสังเคราะห์ด้วยแสงของใบคาลาเธียภายใต้สภาพการขาดน้ำระยะสั้น
คณิณ รุ่งวัฒนา คณพล จุฑามณี พูนพิภพ เกษมทรัพย์ และ สุดสวาสดิ์ ดวงศรีไสย์

305 วัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการเกิดรากของต้นกล้าฟักข้าว
เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์ และ ชวนพิศ อรุณรังสิกุล

309 การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูป
พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์ กิตติมา ไพศาลเจริญ และ พรชไม ชคัตประกาศ

313 การศึกษาผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะที่มีต่อคุณภาพของไอศกรีมนม
กุลรภัส วชิรศิริ โศรดา วัลภา ดำรงชัย สิทธิสำอางค์ และ ฐิติชญา สุวรรณทัพ

317 มันฝรั่งบดสำเร็จรูป
ธงชัย พุฒทองศิริ ณัฏฐิกา ชูสกุล และ ดวงรัตน์ สกุลวิไลงาม

321 อิทธิพลของกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อคุณสมบัติทางความร้อน และรีโอโลยีของแป้งข้าวกล้องงอก
กันทรี ฤทธิ์เรืองเดช อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ สุภัทร์ ไชยกุล

325 ผลของวัสดุอินทรีย์และขนาดหัวพันธุ์ต่อการงอกของเหง้า *Dioscorea birmanica*
ปิยาภัทร์ เข็มวิชัย ภาณุมาศ ฤทธิไชย เยาวพา จิระเกียรติกุล และ อรุณพร อิฐรัตน์

329 การเจริญเติบโตของทานตะวันกระถางที่ปลูกในวัสดุผสมตะกอนดินน้ำประปา
ภาสันต์ ศารทูลทัต และ ธีร์ หะวานนท์

333 การศึกษาลักษณะสัณฐานและพันธุกรรมของถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มที่เก็บรวบรวมพันธุ์จากภาคใต้ของประเทศไทย
ดูซาน มิโลเซวิค จิตรา จันโสด มณีรัตน์ คูหาพิทักษ์ธรรม และ จรัสศรี นวลศรี

337 การเจริญเติบโตของสร้อยไก่ ‘Kimono Yellow’ ที่ปลูกในวัสดุผสมใยหิน
ภาสันต์ ศารทูลทัต กาญจนา มาล้อม และ ธีร์ หะวานนท์

341 การใช้พาโคลบิวทราโซลเพื่อชะลอพัฒนาการช่อดอกกล้วยไม้หวาย
ศุภธิดา อับดุลลากาซิม ภัทรา ปักษา และ ภาสันต์ ศารทูลทัต

345 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งถั่วพื้นเมืองชนิดต่างๆ
โศรดา วัลภา กุลรภัส วชิรศิริ ดำรงชัย สิทธิสำอางค์ และ ฐิติชญา สุวรรณทัพ

349 ผลของการแทนที่มันหมูด้วยน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อคุณภาพของไส้กรอกเปรี้ยว
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล สิริมา ชินสาร นิสานารถ กระแสร์ชล และ ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล

353 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ด
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

357 ผลของไคโตแซนและน้ำตาลซูโครสต่อสมบัติทางกล-กายภาพของฟิล์มแป้ง
ขนิดา ญานถวิล อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

361 ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพืชสมุนไพรไทยบางชนิด
จรัสรัตน์ ปานโคก อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

365 ผลของไคโตแซนต่อสมบัติทางกล-กายภาพและอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์มแป้ง
ขนิดา ญานถวิล อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

369 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโฟมแป้งมันสำปะหลังผสมโปรตีนจากพืช
ณัติฐพล ไข่แสงศรี อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

373 บรรจุภัณฑ์โฟมย่อยสลายได้ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังผสมพอลิเมอร์ธรรมชาติ
ณัติฐพล ไข่แสงศรี อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

377 ผลของเวลาในการโซนิเคทต่อปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญของสารสกัดจากพุทราพันธุ์ซื่อมี่ (*Ziziphus jujuba* cv. *Zimi*)
วารินทร์ สารเขื่อนแก้ว ธีรพงษ์ เทพกรณ์ และ นิรมล ปัญญ์บุศยกุล

381 ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืช 3 ชนิด
จรัสรัตน์ ปานโคก อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

385 ผลของความหนาแน่นของรูบนถุงพลาสติกต่ออายุการวางจำหน่ายของถั่วงอก
นภัสวรรณ เลี่ยมนิมิตร มินตรา พจนมณี และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

389 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพพริกแห้งภายหลังการล้างและการอบแห้งซ้ำด้วยอุณหภูมิต่ำ
สิริรัตน์ นันทพันธ์ และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

393 การฉายรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4
จารุวัฒน์ บุญรอด อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย และ วาริช ศรีละออง

397 การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืชเศรษฐกิจ 4 ชนิด ด้วยการทำ priming
ชณิตรา โพธิคเวชฐ์ โมทนา สมเสียง และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

401 ผลของอุณหภูมิต่ำต่ออาการสะท้านหนาว ปริมาณวิตามินซีและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของถั่วงอก
นิภาดา ราญมีชัย และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

405 ผลของอุณหภูมิต่ำต่อลักษณะปรากฏของถั่วงอก
สุปราณี แก้ววิหาร นภสร มงคลสวัสดิ์ และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

409 องค์ประกอบทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะม่วงหิมพานต์
ศรัณย์ ลาภนิธิพร ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

413 คุณลักษณะทางกายภาพของสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนชนิดผงโดยวิธีอบแห้งแบบลมร้อน
กฤษณา หงษ์คู ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

417 การเร่งการสุกของทุเรียนหมอนทองต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและสารหอมระเหย
กฤษณา หงษ์คู ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

421 ผลของการกินเมทิลยูจีนอลต่อความสามารถขยายพันธุ์ของแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel)
วณิช ลิ่มโอภาสมณี ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ ทศพล แทนนรินทร์ และ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ

425 การควบคุมแมลงวันผลไม้ในสวนพุทรานมสดโดยการใช้แมลงที่เป็นหมัน
วณิช ลิ่มโอภาสมณี ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ ทศพล แทนนรินทร์ และ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ

429 การปรับปรุงวิธีการเก็บหนอนในกระบวนการผลิตแมลงวันผลไม้, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)
ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ วณิช ลิ่มโอภาสมณี ทศพล แทนนรินทร์ และ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ

433 การเอนแคปซูเลชั่นกลิ่นรสช็อคโกแลต จากโปรตีนไฮโดรไลเซทด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย
รัชฎาภรณ์ คะประสบ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

437 คุณภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุน
เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ พรพรรณ เพ็งพูลเดช และ อุบลพันธ์ รอดสุวรรณ์

441 การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้นในระหว่างการทอดชิ้นมันเทศในน้ำมันปาล์ม
อภินันท์ วัลภา และ โศรดา วัลภา

445 ผลของไคโตซานต่อการยืดอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบ
ดวงใจ มาลัย นัทธ์ชนัน ยศปินตา อกนิฏฐา พูนชัย และ อมรรัตน์ บุญศรี

449 การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเห็ดหูหนูขาว
อุทร ชิขุนทด และ ไพรินทร์ กปิลานนท์

453 การลดความฝาดของใบทำมังด้วยคาร์บอนไดออกไซด์
นลินี พูลพิพัฒน์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

457 ศักยภาพการเป็นสารให้กลิ่นรสของสาหร่ายไส้ไก่ที่ย่อยสลายด้วยกรด
รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

461 ประสิทธิภาพการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดธัญพืชงอกหมัก
วรัมพร วงศ์สุดิน ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

465 คุณลักษณะทางเคมีและกลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน
รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

469 อิทธิพลของฟอสฟอรัสต่อปริมาณฟีนอลิคและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเซลล์แขวนลอยองุ่น
นภาภรณ์ แซ่ลี้ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

473 ผลของระดับการย่อยสลายต่อรสขมของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเขียว
ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

477 ดัชนีทางเคมีในการวัดสารประกอบซัลเฟอร์
อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

481 ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อสารหอมระเหยและคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของทุเรียนตัดแต่งสด ระหว่างการเก็บรักษา
อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

485 ผลของคาราจีแนนต่อคุณภาพของเยลลี่ลองกอง
ญาดา เอกสุวรรณ พนิดา หลำบางช้าง จุฑามาศ สุทธิรักษ์ และ อินทิรา ลิจันทร์พร

489 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของส้มตำที่ผลิตและจำหน่ายในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง
บุษกร อุตรภิชาติ พีระ ทองมี อรอนงค์ วงษ์เอียด นิตยา บุญเรือง และ จันทร์ธิมา อุเลา

493 การรมสาร 1- MCP ต่อคุณภาพของผลดิบมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์
อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และ สุกัญญา เอี่ยมลออ

497 การสกัดสารให้ความหวานชนิดไซรัปจากหญ้าหวาน
วทันยา ลิมปพยอม ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

501 การศึกษาคุณสมบัติทางกล และ กายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมสารพอลิแซคคาไรด์
จุฑาทิพย์ สินสวัสดิ์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

505 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดผักเบี้ยทะเล (*Sesuvium portulacastrum*)
กันยารัตน์ มาแย้ม อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ สรัญญา วัชโรทัย

509 สมบัติการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเพปไทด์จากโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายด้วยโบรมิเลน
อรพรรณ เสลามาศสกุล ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

513 การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมี-กายภาพและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกาก เมล็ดทานตะวันย่อยสลายด้วยเอนไซม์และกรด
พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

517 การประยุกต์ใช้แป้งเมล็ดเงาะในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแคลอรี่ต่ำ
วิมลศรี พรรธนประเทศ ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล โศรดา วัลภา จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์ ภุมริน บุญโกสุมภ์ และ กุลนที เลาหะกุล

521 ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเขียว
ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

525 ความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดโดยเทคนิคโมเลกุลเครื่องหมายเอสเอสอาร์
เศรษฐา ศิริพินทุ์ และ มัลลิกา จินดาซิงห์

529 องค์ประกอบที่ระเหยได้และประสิทธิภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยในใบย่านาง
เน็ตตี้ มาเรีย ไนล์บาโฮ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

533 สมบัติทางเคมีกายภาพของสารสกัดจากใบย่านาง *(Tiliacora triandra)*
เน็ตตี้ มาเรีย ไนล์บาโฮ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

537 การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและคุณค่าทางสารอาหารของธัญพืชเพื่อผลิตเป็นอาหารเสริม
ภัสจนันท์ หิรัญ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

541 คุณสมบัติของการเป็นสารยับยั้งกลูโคซิเดสของงางอกหมัก
ภัสจนันท์ หิรัญ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

545 การยับยั้ง Angiotensin I-Converting Enzyme ของเพปไทด์ที่แยกได้จากการใช้เอนไซม์ทริปซินไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง
รัชนี ไสยประจง และ สุรพงษ์ พินิจกลาง

549 ผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่มีต่อด้วงถั่วเขียว, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius)
สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ วณิช ลิ่มโอภาสมณี สุรศักดิ์ สัจจบุตร และ ทศพล แทนนรินทร์

553 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญในข้าวกล้องงอก
วรัมพร วงศ์สุดิน พัชราภรณ์ รัตนธรรม ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

557 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญของข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการหมัก
จิราภา มาอินทร์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

561 ปริมาณโปรตีนของข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการหมัก
จิราภา มาอินทร์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

565 การพัฒนาคุกกี้ข้าวกล้องสินเหล็ก
พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล ฉัตราภา หัตถโกศล อมรรัตน์ มีเครือรอด วรารัตน์ ลาสุขัง และ ดรัญพร เชื้อดวงผุย

569 การใช้แรงดันไฟฟ้าเพื่อลดเชื้อจุลินทรีย์และการหลุดร่วงของดอกกล้วยไม้ในระหว่างการปักแจกัน
กัญญารัตน์ สุวรรณทีป อภิรดี อุทัยรัตนกิจ สุเมธ เนติลัดดานนท์ และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์

573 องค์ประกอบเคมีกายภาพของน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ลดความฝาดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์
นลินี พูลพิพัฒน์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

577 สภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร ตำบลจำปา อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
สุพัตรา ศรีสุวรรณ และ สุทัตตา ชุมพร

581 การคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งในข้าว 15 พันธุ์
ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ กิตติภูมิ งามสมทบ

585 ศักยภาพของถั่วเขตร้อนเพื่อเป็นอาหารสัตว์คุณภาพดีและการปรับปรุงบำรุงดินลูกรัง
ชื่นจิต แก้วกัญญา ปนัดดา ประสาทชัย และ อมรรัตน์ อุปพงศ์

589 ปัจจัยที่มีผลต่อการขยายพันธุ์พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) โดยการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนหัวในวุ้นอาหารสังเคราะห์
เอฏฐวรรณ ชมชื่น ปกขวัญ หุตางกูร และ อุทร ชิขุนทด

593 การใช้สายพันธุ์ของนกในพื้นที่ทุ่งนาเป็นดัชนีบ่งชี้ความยั่งยืนของการทำเกษตรกรรม
เพ็ญจา จิตจำรูญโชคไชย และ พรรณปพร จิตจำรูญโชคไชย

597 ประยุกต์ใช้น้ำเหลือทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลสำหรับปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรพอนิกส์
นราศักดิ์ บุญมี และ ปริยานุช จุลกะ

601 การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวไร่พื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรี
ธนพร ขจรผล ณรงฤทธิ์ เภาสระคู และ ชลธิรา แสงศิริ

605 มันสำปะหลังผลผลิตสูงพันธุ์ MKULB 08-2-45
สกล ฉายศรี โอภาษ บุญเส็ง พชรดา ฉายศรี ประภาส ช่างเหล็ก กิ่งกานท์ พานิชนอก สุปราณี งามประสิทธิ์
และ เอ็จ สโรบล

609 ศักยภาพของโปรตีนไอโซเลตข้าวเป็นสารตั้งต้นของสารให้กลิ่นรสด้วยกระบวนการให้ความร้อน
ภัทราวรรณ มหาสิงห์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

613 การพัฒนาเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน e - Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร
ณัฐ สมณคุปต์ และ ธานินทร์ คงศิลา

618 การศึกษาปัจจัยพื้นฐานของผู้ประกอบการธุรกิจไม้ดอกไม้ประดับในหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ
คลอง15 จังหวัดนครนายก
สุภาภรณ์ เลิศศิริ และ พิชัย ทองดีเลิศ

621 สมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของพอลิแซคคาไรด์จากสาหร่ายไส้ไก่
นภัสสร เพียสุระ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

625 ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง
ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ กิตติ การะพิมพ์

629 ชีววิทยาของดอกมะเฟืองพันธุ์ B17
นิษา โรจนประเสริฐสุข กวิศร์ วานิชกุล และ ประภาพร ตั้งกิจโชติ

633 การเจริญของผลมะเฟืองพันธุ์ B17
นิษา โรจนประเสริฐสุข กวิศร์ วานิชกุล และ ประภาพร ตั้งกิจโชติ

637 การฟอกกำจัดเชื้อชิ้นส่วนข้อของ *Dioscorea birmanica* เพื่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
อรอุมา สองศรี เยาวพา จิระเกียรติกุล ภาณุมาศ ฤทธิไชย และ อรุณพร อิฐรัตน์

641 การเพิ่มจำนวนยอดใหม่ในขวดแก้วและการปรับให้คุ้นสภาพแวดล้อมของต้นกระดุมทองเลื้อย
กิตติ โพธิปัทมะ สมโภชน์ น้อยจินดา พรรทิภา ทองพวง วลีรัตน์ วัฒนชลทิศ ลือพล ปุณณกันต์
และ กรวิศฎ์ ณ ถลาง

645 การศึกษาการเพาะเลี้ยงเมล็ดเนื้อเยื่อฟ้าทะลายโจร
เพ็ญจา จิตจำรูญโชคไชย อิทธิพล เงินยิ่งสุข และ เมธชวิน ขำพิมพ์

649 ผลของ 6-Benzylaminopurine, Methyl Jasmonate และ Salicylic acid ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีของคะน้า
ภัทษร สำเนียงดี ศิริชัย กัลยาณรัตน์ และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย

653 ผลของการใช้กรดซัลฟิวริก น้ำร้อน และความเย็นต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ชมจันทร์ (*Ipomoea alba* L.)
พัชรินทร์ อินทร์ช่วย พรวดี ภักดีไพบูลย์ พิจิตรา แก้วสอน ปริยานุช จุลกะ และ วันชัย จันทร์ประเสริฐ

657 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้มะขามดิบและกลั่น
เริงนภรณ์ โม้พวง วาสนา ชัยเสนา อรรถพล ตันไสว ยรรยง เฉลิมแสน และ ขนิษฐา ท่วงที

661 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มจากกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น
ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์ และ สวรักษ์ จันทรเทพธิมากุล

665 เบตาแคโรทีนและฟีโนลิกแสดงบทบาทการต้านอนุมูลอิสระในผลพริกเหลือง
สมโภชน์ น้อยจินดา กิตติ โพธิปัทมะ วรรัตนพงศ์ วงเสน ธิดารัตน์ คุ้มภัย อุทร ชิขุนทด และ เฉลิมชัย วงษ์อารี

669 ผลของการหุงต้มต่อปริมาณฟีนอลิกและแอนโธไซยานินทั้งหมดของข้าวไทย 9 สายพันธุ์
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล และ ลดาวัลย์ ช่างชุบ

673 ดัชนีชื่อผู้แต่ง

678 ดัชนีคำสำคัญ

การย่อยสลายเนื้อลิ้นจี่ด้วยเอนไซม์และผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

Enzymatic Hydrolysis of Litchi Pulp and Effect on Antioxidant Potential

นราพร ฟ้าสว่าง[1] และ ปราณี อ่านเปรื่อง[2]

Fasawang, N.[1] and Anprung, P.[2]

Abstract

The aim of this research was to study enzymatic hydrolysis of litchi pulp and effect on antioxidant potential. When litchi pulp was treated with enzyme concentration of 0.5, 1, 1.5, 2 and 2.5% (v/w) and hydrolyzed at 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4 and 5 hour. It was found that degree of hydrolysis which was performed in the term of reducing sugar variation increased when time and concentration of enzyme increased. Then antioxidant activity from litchi pulp was investigated by selected enzyme concentration of 2% (v/w) and hydrolyze litchi pulp at 1, 2, 3 and 4 hour. Hydrolysis of litchi pulp at 4 hour showed the highest of antioxidant activity. The antioxidant activity determined by DPPH assay was 2.5 µg fresh mass/µg DPPH, and the one by FRAP assay was 52 µM Trolox equivalent (TE)/g fresh mass, total phenolic contents were 50 mg gallic equivalent/g fresh mass and total flavonoid contents were 302 mg catechin equivalent/g fresh mass. In addition, hydrolysis of litchi pulp at 4 hour showed higher soluble fiber than non-enzymatic extraction sample. Furthermore, the relationship between degree of hydrolysis and antioxidant activity were linear (R^2 >0.9).

Keywords: pectinase, litchi pulp, degree of hydrolysis, antioxidation

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการย่อยสลายเนื้อลิ้นจี่ด้วยเอนไซม์และผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของการย่อยสลายเนื้อลิ้นจี่ด้วยเอนไซม์เพกติเนส เมื่อทดลองย่อยสลายเนื้อลิ้นจี่ด้วยเอนไซม์ความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5% (v/w) ที่ระยะเวลาการย่อยสลาย 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง พบว่าระดับการย่อยสลายที่อยู่ในรูปน้ำตาลรีดิวซิงมีค่าเพิ่มขึ้น โดยแปรผันตามเวลาและความเข้มข้นของเอนไซม์ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยเลือกช่วงความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ 2% (v/w) ที่เวลาการย่อยสลาย 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมง พบว่าเนื้อลิ้นจี่ที่ย่อยสลายที่เวลา 4 ชั่วโมง มีสารต้านออกซิเดชันสูงที่สุด ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่าเท่ากับ 2.5 µg fresh mass/µg DPPH และวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP มีค่าเท่ากับ 52 µM Trolox equivalent (TE)/g fresh mass สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 50 mg gallic equivalent/g fresh mass และฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 302 mg catechin equivalent/g fresh mass และยังพบว่าเนื้อลิ้นจี่ที่ย่อยสลายที่เวลา 4 ชั่วโมงมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อลิ้นจี่ที่ไม่ได้ย่อยสลายด้วยเอนไซม์นอกจากนี้พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับการย่อยสลายเนื้อลิ้นจี่และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเป็นแบบเส้นตรง (R^2 >0.9)

คำสำคัญ: เอนไซม์เพกติเนส เนื้อลิ้นจี่ ระดับการย่อยสลาย การต้านออกซิเดชัน

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความหลากหลายของผลไม้สูง เช่น ลิ้นจี่ ลำไย มังคุด ซึ่งผลไม้เหล่านี้เป็นผลไม้เศรษฐกิจของประเทศ เป็นที่ต้องการของตลาดภายในและภายนอกประเทศ ซึ่งลิ้นจี่เป็นผลไม้เมืองร้อน มีต้นกำเนิดมาจากประเทศจีน มีรสหวานอมเปรี้ยว โดยแหล่งพื้นที่เพาะปลูกอยู่บริเวณภาคเหนือและภาคกลางของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นที่การเพาะปลูกลิ้นจี่เพิ่มมากขึ้น โดยจะส่งผลให้เกิดปัญหาลิ้นจี่ล้นตลาด ทำให้มีราคาตกต่ำ งานวิจัยนี้ทำการศึกษาลักษณะเฉพาะทางกายภาพและชีวภาพด้วยการใช้เทคนิคทางเอนไซม์ เช่น วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[1] Program in Biotechnology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[2] Department of food technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ศึกษาภาวะการย่อยสลายลิ้นจี่ด้วยเอนไซม์ โดยเอนไซม์เพกติเนสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ผลิตจาก เชื้อรา แบคทีเรีย ยีสต์ และพืชชั้นสูง ซึ่งเอนไซม์เพกติเนสจะช่วยในการย่อยสลายผนังเซลล์ของลิ้นจี่ เนื่องจากผนังเซลล์มีเพกตินและเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะทำให้สามารถช่วยปลดปล่อยองค์ประกอบต่างๆของสารภายในผนังเซลล์ เช่น แคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานิน และพอลีฟีนอลเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

บดเนื้อลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ 100 กรัม เป็นเวลา 2 นาที ด้วยเครื่องปั่นผสม จากนั้นนำเนื้อลิ้นจี่มาผ่านความร้อนด้วยไอน้ำ และแปรระยะเวลาในการให้ความร้อนเป็น 5 ระดับ คือ 0, 1, 3, 5 และ 7 นาที จากนั้นวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) ในระบบ L* a* b* และทดสอบแอคทิวิตีของเอนไซม์เพอออกซิเดส (Pearson, 1970) นำเนื้อลิ้นจี่ปั่นที่ควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมาย่อยสลายด้วยเพกติเนส (Pectinex® Ultra SP-L) ที่อุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส และแปรความเข้มข้นของเอนไซม์ 5 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, และ 2.5 % (v/w) และแปรระยะเวลาการย่อยเป็น 7 ระดับ คือ 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, และ 5 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาโดยใช้ความร้อน 100±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ทดสอบการทำงานของเอนไซม์โดยพิจารณาจากค่าน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีของ Nelson (1944) นำเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ มาหาลักษณะเฉพาะทางชีวภาพและกายภาพได้แก่ ศึกษาสมบัติการต้านออกซิเดชัน และวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยดัดแปลงวิธีของ Maisuthisakul และคณะ (2007) ด้วยวิธี DPPH และวิธี FRAP โดยดัดแปลงจากวิธีของ Benzie และ Strain (1996) สารประกอบฟีนอลิกวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-Ciocalteau colorimetry ตามวิธีของ Waterhouse (2005) สารฟลาโวนอยด์วิเคราะห์ด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetry ตามวิธีของ Zhishen และคณะ (1999) และวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำ ปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ โดยใช้วิธีมาตรฐานของ AOAC (1995)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลด้วยการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลา 1 3, 5 และ 7 นาที ให้ผลของค่าสีในระบบ L*, a* และ b* สูงกว่าชุดควบคุมการทดลองคือ 0 นาที และนำมายืนยันว่าภาวะที่เลือกใช้สามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ด้วยการตรวจสอบแอกทิวิตีของเอนไซม์ peroxidase (POD) พบว่าการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลา 1 3, 5 และ 7 นาที ไม่มีแอกทิวิตีของเอนไซม์ ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลา 1 นาที

นำเนื้อลิ้นจี่ปั่นที่ควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล มาย่อยสลายด้วยเพกติเนส (Pectinex® Ultra SP-L) โดยแปรความเข้มข้นของเอนไซม์ 5 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, และ 2.5 % (w/v) และแปรระยะเวลาการย่อยเป็น 7 ระดับ คือ 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, และ 5 ชั่วโมง จากนั้นทดสอบการทำงานของเอนไซม์โดยพิจารณาจากค่าน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่าปริมาณค่าน้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มสูงขึ้นจนถึงระยะเวลาการย่อยสลายที่ 4 ชั่วโมง และพบว่าที่ระดับความเข้มข้นเอนไซม์ 2% (v/w) และระยะเวลาการย่อยสลายเนื้อลิ้นจี่ที่ 4 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด ดังแสดงใน Figure 1

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางชีวภาพและกายภาพก่อนและหลังการย่อยสลายของลิ้นจี่ด้วยเอนไซม์ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด และปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำ ปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ พบว่าหลังการย่อยสลายเนื้อลิ้นจี่ด้วยเอนไซม์ ให้ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นและมีปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อลิ้นจี่ที่ไม่ได้ถูกย่อยลายด้วยเอนไซม์ ดังแสดงใน Table 1 เนื่องจากในผนังเซลล์พืชจะมีเพกตินเป็นองค์ประกอบ เอนไซม์เพกติเนสจะไปทำการตัดพันธะ α,1-4 ไกลโคซิดิกของสารประกอบเพกติน ทำให้มีเพกตินที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้เพิ่มมากขึ้น

เมื่อเลือกช่วงความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ 2% (v/w) ที่เวลาการย่อยสลาย 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมงมาวิเคราะห์หาสารต้านออกซิเดชัน พบว่าเนื้อลิ้นจี่ที่ย่อยสลายที่เวลา 4 ชั่วโมงสูงที่สุด ซึ่งฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่าเท่ากับ 2.5 μg fresh mass/μg DPPH และวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP มีค่าเท่ากับ 52 μM Trolox equivalent (TE) /g fresh mass สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 50 mg gallic equivalent/g fresh mass และฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 302 mg catechin equivalent/g fresh mass ดังแสดงใน Table 2 และนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับการย่อยสลายเนื้อลิ้นจี่และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันพบว่าเป็นแบบเส้นตรง (R^2>0.9) ซึ่งแสดงถึงมีการ

ปลดปล่อยสารออกมาสม่ำเสมอและเป็นสัดส่วนกับระดับการย่อยสลาย ดังแสดงใน Figure 2 เนื่องจากเอนไซม์เพกติเนสจะไปทำลายผนังเซลล์ที่มีเพกตินเป็นองค์ประกอบ ทำให้สามารถปลดปล่อยสารต่างๆออกมาได้มากขึ้น

สรุปผล

การย่อยสลายเนื้อลิ้นจี่ด้วยเอนไซม์ พบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับการย่อยสลายที่อยู่ในรูปน้ำตาลรีดิวซ์แปรผันตามเวลาและความเข้มข้นของเอนไซม์ และฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันยังมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการย่อยสลายเนื้อลิ้นจี่ด้วยเอนไซม์ความเข้มข้น 2% v/w ที่ระยะเวลาการย่อยสลายที่ 4 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด นอกจากนี้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับการย่อยสลายเนื้อลิ้นจี่และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันเป็นแบบเส้นตรง (R^2>0.9) ซึ่งงานวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต โดยสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม น้ำผลไม้ หรือการนำไปเป็นส่วนผสมให้กลิ่นรสในอาหารมากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลที่ดีต่อคนไทยที่นิยมบริโภคลิ้นจี่กันเป็นส่วนใหญ่

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิตจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โครงการนวัตกรรมเพื่อยกระดับคุณภาพและความปลอดภัยทางอาหารสู่โครงสร้างเศรษฐกิจยุคใหม่ และภาควิชาเทคโนโลยี ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตลอดจนได้รับการชี้แนะและให้คำปรึกษาจาก ศ.ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง

เอกสารอ้างอิง

A.O.A.C., 1995, Official Methods of Analysis of the AOAC International, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power” the FRAP Assay, Analytical Biochemistry, 239: 70-76.

Maisuthisakul, P., Suttajit, M. and Pongsawatmanit, R., 2007, Assessment of Phenolic Content and Free Radical-scavenging Capacity of Some Thai Indigenous Plants, Food Chemistry, 100: 1409-1418.

Nelson, N., 1944, A Photometric Adaptation of the Somogyi Method for Determination of Glucose, Journal of Biological Chemistry, 153: 375-380.

Pearson, D., 1970, The Chemical Analysis of Food, 6th ed. New York: Chemical Publishing.

Waterhouse, A.L., 2005, Determination of Total Phenolics, In R.E. Wrolstad; T.E. Acree; E. A. Decker; M. H. Penner; D.S. Reid; S.J., Schwartz; C.F. Shoemaker; D. Smith; P. Sporns (eds.), Handbook of Food Analytical Chemistry; Pigments, Colorants, Flavors, Texture, and Bioactive Food Components, 463-481.

Zhishen, J., Mengcheng, T. and Jianming, W., 1999, The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and Their Scavenging Effects on Superoxide Radicals, Food Chemistry, 64: 555-559.

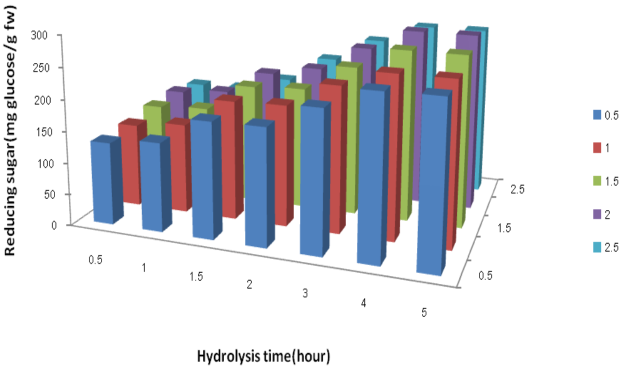


Figure1 Reducing sugar content of litchi hydrolysis during enzyme hydrolysis

Table 1 Effect of enzyme hydrolysis on total dietary fiber, soluble dietary fiber and insoluble dietary fiber of litchi pulp

Total dietary fiber (g/100g)	Non – enzymatic extraction	enzymatic extraction
Dietary fiber	0.475	0.477
Soluble dietary fiber	0.090	0.352
Insoluble dietary fiber	0.375	0.100

Table 2 Bioactive compounds of enzymatic extracted litchi pulp at various time

Bioactive compounds	Hydrolysis time (hour)				
	0	1	2	3	4
Antioxidant activity					
DPPH (µg fresh mass/µg DPPH)	1.2	1.8	2.1	2.3	2.5
FRAP (µM TE/g fresh mass)	40	44	47	50	52
Total phenolic (mg GE /g fresh mass)	36	42	45	48	50
Total flavonoid (mg CE /g fresh mass)	153	195	243	276	302

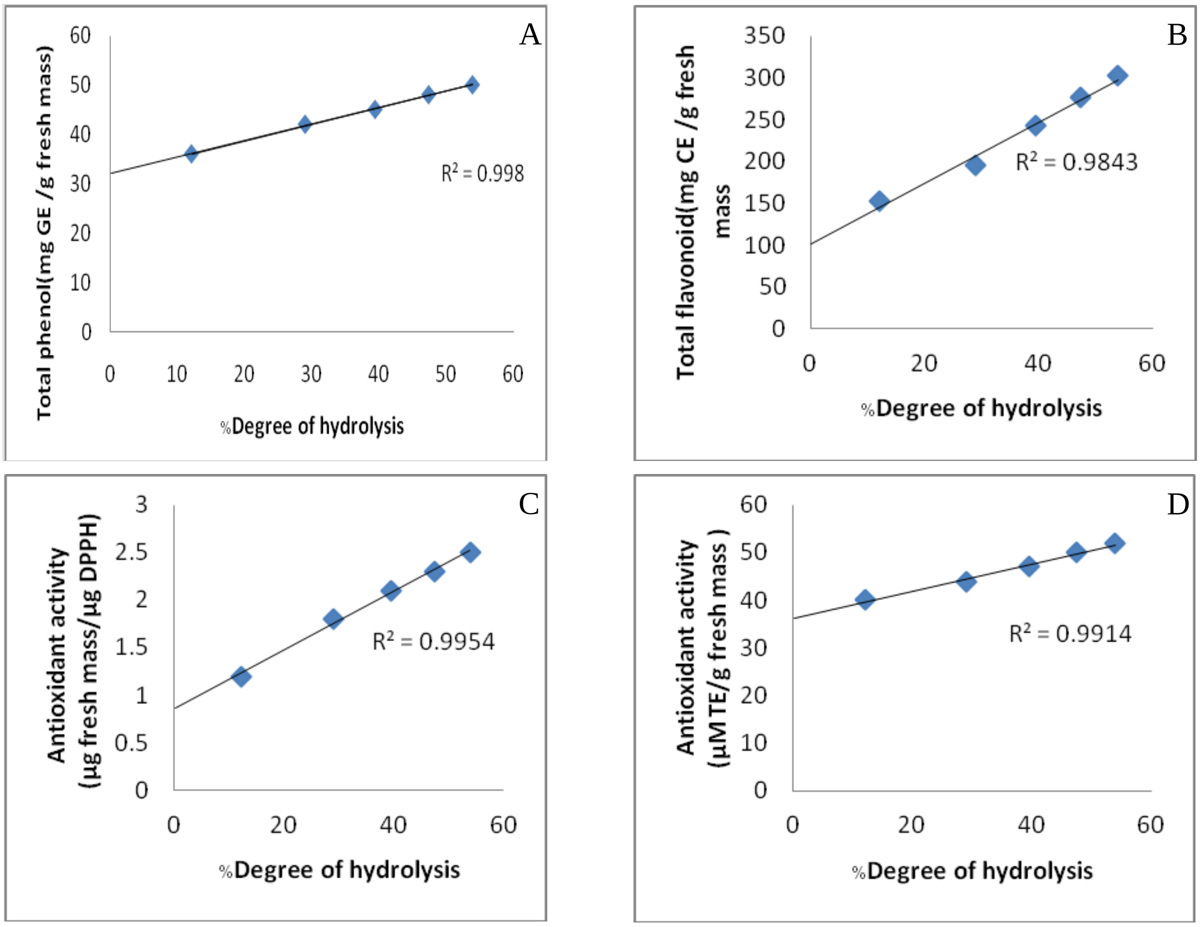


Figure 2 The relationship between %Degree of hydrolysis, A) total phenolic B) total flavonoid C) antioxidant activity determined by DPPH assay D) antioxidant activity determined by assay FRAP

การประเมินอายุการเก็บรักษาของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) โดยสภาวะเร่ง

Shelf Life Evaluation of Thiam (*Azadirachta excelsa* Jack.) Seed Oil by Using Accelerated Condition

สุฮัยญา แวยูโซะ[1] อรัญ งามผ่องใส[1] และ ธีระพล ศรีชนะ[2]

Waeyusoh, S.[1], Ngampongsai, A.[1] and Srichana, T.[2]

Abstract

The purpose of this research was to evaluate the shelf life of thiam seed oil by using an accelerated condition. Three thiam seed oils including macerated oil, soxhlet-extracted oil and macerated oil mixed with emulsifiers (Tween®and Span®) were stored under different temperatures at 45, 55 and 70°C for 6 weeks. The color change of thiam seed oils was visually evaluated, and azadirachtin content was analyzed by HPLC. With As storage time increased, the oil color changed from brown to dark-brown and the azadirachtin content significantly ($P<0.05$) decreased in all temperatures. The shelf life of azadiractin was predicted by using the arrhenius equation from the logarithm regression analysis of azadirachtin content and time. It was found that the shelf life of macerated oil, soxhlet-extracted oil and macerated oil mixed with emulsifiers stored at 25°C were 26, 26 and 20 days, respectively.

Keywords: thiam (*Azadirachta excelsa*) seed oil, azadirachtin, shelf life

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างโดยสภาวะเร่ง คือน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ย วิธีกลั่นลำดับส่วน และน้ำมันจากการสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ยผสมสารลดแรงตึงผิว Tween®และ Span® มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 45, 55 และ 70°C เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีและวิเคราะห์หาปริมาณสารอะซาดิแรคตินในน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างด้วยวิธี HPLC พบว่าเมื่อเก็บรักษาน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างไว้นานขึ้นทำให้น้ำมันมีสีเข้มขึ้นและมีปริมาณอะซาดิแรคตินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในทุกอุณหภูมิ จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอะซาดิแรคตินกับเวลาสามารถทำนายอายุการเก็บรักษาโดยใช้สมการอารีเนียส พบว่าที่อุณหภูมิ 25°C น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างแบบแช่ยุ่ย แบบกลั่นลำดับส่วน และน้ำมันแบบแช่ยุ่ยผสมสารลดแรงตึงผิว มีอายุการเก็บรักษา 26, 26 และ 20 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง อะซาดิแรคติน การประเมินอายุการเก็บรักษา

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยยังประสบปัญหาการระบาดของโรคไข้เลือดออกและชิคุนกุนยา แนวทางการป้องกันที่ใช้คือกำจัดยุงลายซึ่งเป็นแมลงพาหะนำโรค การกำจัดระยะลูกน้ำได้ผลดีในการควบคุมมากกว่าการกำจัดระยะตัวเต็มวัย ซึ่งประเทศไทยนิยมใช้สารฆ่าแมลงเทมีฟอส (ทรายอะเบท) ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย สารเคมีดังกล่าวจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศนับเป็นมูลค่าสูงในแต่ละปี ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาสารจากธรรมชาติในท้องถิ่นเพื่อนำมาใช้ทดแทนสารเคมีจึงเป็นสิ่งจำเป็น สะเดาช้างเป็นพืชท้องถิ่นในภาคใต้และมีคุณสมบัติในการกำจัดแมลงหลายชนิด อรัญ และคณะ (2552) วิจัยและพัฒนาสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้างมาควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน พบว่าน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างให้ผลควบคุมยุงลายบ้านในห้องปฏิบัติการได้ดีกว่าสารสกัดหยาบ น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการกำจัดยุงพาหะนำโรค เพื่อเป็นการต่อยอดและพัฒนาน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างเป็นรูปผลิตภัณฑ์ในเชิงการค้า การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อหาอายุการเก็บของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ย วิธีกลั่นลำดับส่วน และน้ำมันจากการสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ยผสมสารลดแรงตึงผิว ในสภาวะเร่งโดย

[1] ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

[1] Department of Pest Management, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla 90112

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

[2] Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University, Songkla 90112

คำนวณจากปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์ ร่วมกับสมการอาร์รีเนียส ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการ

สารสกัดที่ใช้ทดสอบ

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดสะเดาช้างโดยวิธีแช่ยุ่ย

เนื้อในเมล็ดสะเดาช้างที่ตากแห้งแล้ว นำไปปั่นหยาบก่อนแช่ยุ่ยในนอร์มอลเฮกเซนเป็นระยะเวลา 7 วัน ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุนที่อุณหภูมิ 60°C แล้วนำไปประเหยอีกครั้งใน อ่างควบคุมความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C นาน 1-2 ชั่วโมง ทำซ้ำแบบนี้ 7ครั้ง ได้น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง เมื่อนำน้ำมันที่ได้มาผสมกับสารลดแรงตึงผิว (Tween® และ Span®) ในสัดส่วน 90:8.4:1.6% (ปริมาตรต่อปริมาตร) จะได้น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสำเร็จรูป

การสกัดน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างโดยวิธีกลั่นลำดับส่วน

นำเนื้อในเมล็ดสะเดาที่ปั่นหยาบแล้วไปสกัดในตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซนโดยวิธีกลั่นลำดับส่วน ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นระยะเวลานาน 24 ชั่วโมง นำสารละลายไปกรองแล้วนำไประเหยให้แห้งด้วย rotary vacuum evaporator ก่อนนำไประเหยที่อุณหภูมิ 60°C ใน water bath อีกครั้งนาน 1-2 ชั่วโมง ได้น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างโดยวิธีเร่งสภาวะ

ทดสอบอายุการเก็บรักษาโดยเก็บน้ำมันที่อุณหภูมิ 45, 55 และ 70°C เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างน้ำมันที่เวลาต่างๆ จำนวนตัวอย่างละ 3 ขวด มีการทดสอบ ดังนี้

การทดสอบทางกายภาพ เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางกายภาพ เช่น สี เป็นต้น

การทดสอบทางเคมี โดยวิเคราะห์ปริมาณอะซาดิแรคตินเมื่อเก็บไว้นาน 0, 7, 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยวิธี HPLC เปรียบเทียบกับสารอะซาดิแรคตินมาตรฐาน โดยมีสภาวะของการวิเคราะห์ ดังนี้ (ดัดแปลงจาก วริษฎา และคณะ, 2551; รติยา และคณะ, 2546)

- column: C_{18} (4.6 mm × 150 mm, Symmetry ™ 5 µm, Thermo scientific)
- mobile phase (methanol : water): 70 : 30
- flow rate 0.3 ml/min
- UV detector ที่ความยาวคลื่น 227 nm
- injection volumn 100 µl

การประเมินอายุการเก็บรักษาของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง

นำค่าอะซาดิแรคตินที่ได้มาทำนายอายุการเก็บของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างโดยคำนวณจากปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์ (Kinetic reaction) ร่วมกับการใช้สมการของอาร์รีเนียส (Arrhenius equation) ที่อุณหภูมิ 45, 55 และ 70°C และทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25°C) (รุ่งนภา, 2548)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างทั้ง 3 ชนิด คือน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างแบบแช่ยุ่ย แบบกลั่นลำดับส่วน และน้ำมันแบบแช่ยุ่ยผสมสารลดแรงตึงผิว เก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45, 55 และ 70°C เป็นระยะเวลา 42 วัน จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างทั้ง 3 ชนิด พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น น้ำมันที่เก็บที่อุณหภูมิ 70°C มีสีเข้มที่สุด ส่วนน้ำมันที่เก็บที่อุณหภูมิ 55 และ 45°C สีเข้มรองลงมาตามลำดับ เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งอุณหภูมิที่สูงกว่าจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่า (นิธิยา, 2548) และจากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะซาดิแรคตินของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง พบว่าเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณอะซาดิแรคตินในน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างทั้ง 3 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงใน Figure 1 โดยปริมาณอะซาดิแรคตินเริ่มต้นของน้ำมันทั้ง 3 ชนิด เท่ากับ 100 % และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45°C เท่ากับ 79, 75 และ 69% ที่อุณหภูมิ 55°C เท่ากับ 73, 80 และ 76% และที่อุณหูมิ 70°C เท่ากับ 79, 78 และ76% ตามลำดับ และจาก Figure 1 คือการนำข้อมูลมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารอะซาดิแรคติน ที่เกิดขึ้นกับเวลา (t) เพื่อหาอันดับของปฏิกิริยา พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะซาดิแรคตินเป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 ความชันของกราฟคือค่า k ซึ่งค่า k ของน้ำมันต่างๆ ในแต่ละอุณหภูมิแสดงใน Table 1 พบว่าเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษา

เพิ่มขึ้น ค่า k จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการสลายตัวของสารอะซาดิแรคตินและอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเพิ่มมากขึ้นด้วย เมื่อนำมาค่า k มาแทนในสมการ (1) สามารถคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างที่อุณหภูมิ 45 55 และ 70°C ได้ ดังแสดงใน Table 2 หลังจากนั้นนำค่า k มา take ln (ln k) แล้วนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ln k กับส่วนกลับของอุณหภูมิสัมบูรณ์ (1/T) เพื่อคำนวณอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 25°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิห้องโดยประมาณ ในสมการอาร์รีเนียส พบว่าน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างแบบแช่ยุ่ย แบบกลั่นลำดับส่วน และน้ำมันแบบแช่ยุ่ยผสมสารลดแรงตึงผิว มีอายุการเก็บรักษา 26, 26 และ 20 วัน ตามลำดับ ดัง Table 2

$$t_{10} = 0.105/ k \qquad (1)$$

เมื่อ t_{10} หมายถึง อายุการเก็บของแต่ละอุณหภูมิ

k หมายถึง อัตราปฏิกิริยาของแต่ละอุณหภูมิ

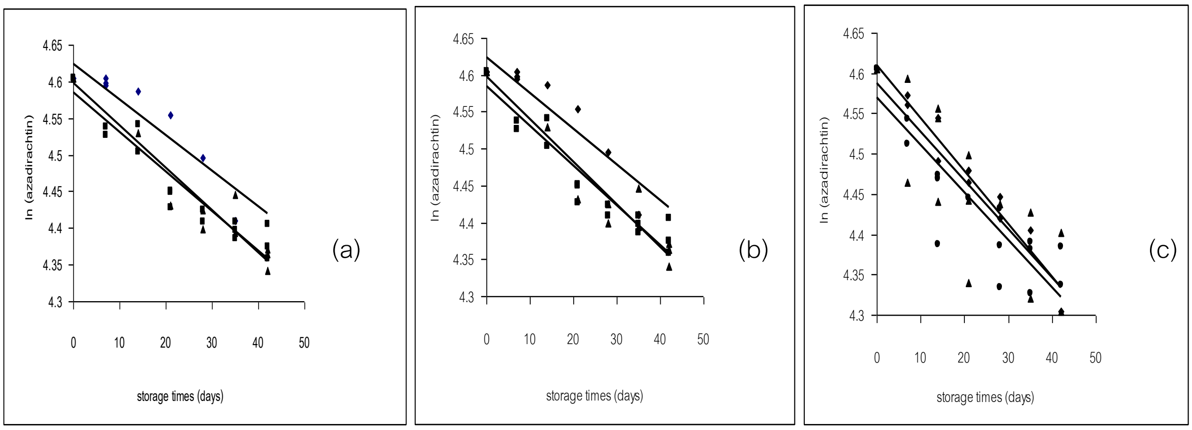


Figure 1 Kinetic stability of azadirachtin in Thiam Seed Oil by maceration (a), Thiam seed oil by soxhlet (b) and the blend of thiam seed oil and emulsifiers (c) at three temperature 45°C (◆) 55°C (■) and 70°C (▲)

Table 1 Reaction rate constants (k) of each thiam seed oil

sample	Reaction rate constant (k) (1/days)		
	45°C	55°C	70°C
Maceration	0.0048	0.0054	0.0058
Soxlet	0.0048	0.0054	0.0058
The blend of thiam seed oil and emulsifiers	0.006	0.0064	0.0068

Table 2 Shelf life evaluation of each thiam seed oil

sample	shelf life (days)			
	25°C	45°C	55°C	70°C
Maceration	26	22	19	18
Soxlet	26	22	19	18
The blend of thiam seed oil and emulsifiers	20	18	16	15

สรุปผล

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง 3 ชนิด คือ น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างแบบแช่ยุ่ย แบบกลั่นลำดับส่วน และแบบแช่ยุ่ยผสมสารลดแรงตึงผิว เก็บที่สภาวะเร่งในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 45, 55 และ 70°C พบว่าน้ำมันที่เก็บที่อุณหภูมิสูงมีสีเข้มกว่าน้ำมันที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำและปริมาณอะซาดิแรคตินของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างลดลงในทุกอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากนั้นนำข้อมูลมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลาการเก็บ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอะซาดิแรคตินเป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 หลังจากนั้นทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C โดยสร้างกราฟอาร์รีเนียสระหว่างอายุการเก็บกับส่วนกลับของอุณหภูมิสัมบูรณ์ พบว่า น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ย วิธีกลั่นลำดับส่วน และน้ำมันจากการสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ยผสมสารลดแรงตึงผิวเท่ากับ 26, 26 และ 20 วัน ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548, วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 256 หน้า

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2548, การประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารในสภาวะเร่ง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 48 หน้า.

รติยา คูเขตพิทักษ์วงศ์ สังวาล สมบูรณ์ สุภาณี พิมพ์สมาน และ วัชรี คุณกิตติ, 2546, การเปรียบเทียบปริมาณสารอะซาดิแรคตินและฤทธิ์การยับยั้งการกินของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาสามชนิดต่อหนอนใยผัก, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 8(2): 11-17.

วริษฎา ศิลาอ่อน ศิริมา สังคพัฒน์ จิรนา อนันต์สุชาติกุล และ วรรณพร วัฒนวงษ์, 2551, การศึกษาความคงตัวทางกายภาพ และเคมีของยาน้ำเชื่อมมอร์ฟีนซัลเฟต, วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน, 4(2): 134-139.

อรัญ งามผ่องใส สนั่น ศุภธีรสกุล และ ธีรพล ศรีชนะ, 2552, การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างเพื่อควบคุมยุงลายบ้าน, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะทรัพยากรธรรมชาติและเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา, 94 หน้า.

ผลของสภาวะการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของรำข้าว
The Effect of Drying Conditions on the Qualities of Rice Bran

สาธิต ทัศนเอกจิต[1] ชลิดา เนียมนุ้ย[1] สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา[2] และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์[3]
Tussanaekgajit, S.[1], Niamnuy, C.[1], Devahastin, S.[2] and Soponronnarit, S.[3]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of drying conditions on drying kinetics and the qualities of rice bran, namely, the percentage of rice bran oil, lipase activity and the total color change of the rice bran. The tray dryer was used for the experiments. The studied parameters were drying medium (hot air, superheated steam), drying temperature (120, 140, 160°C) and final moisture content (4, 6% (d.b.)). It was found that superheated steam drying gave a higher drying rate compared to hot air drying. The drying rate increased with an increase of drying temperature. In addition, drying with superheated steam showed a higher total color change but lower lipase activity compared to drying with hot air. Drying at 140°C presented the lower lipase activity compared to other drying temperatures. The final moisture content of 4% (d.b.) gave the total color change but lower lipase activity compared to the final moisture content of 6% (d.b.).
Keywords: color, lipase enzyme, rice bran, superheated steam drying

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งและคุณภาพของรำข้าวได้แก่ ร้อยละผลได้ของน้ำมัน กิจกรรมเอนไซม์ไลเปส และค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมของรำข้าว โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด ซึ่งตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ ตัวกลางในการอบแห้ง (อากาศร้อน, ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง), อุณหภูมิในการอบแห้ง (120, 140, 160°C) และความชื้นสุดท้าย (4, 6% (d.b.)) พบว่าการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าการใช้อากาศร้อนและอัตราการอบแห้งจะสูงขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงกว่า แต่กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งโดยใช้อากาศร้อน และการอบแห้งที่อุณหภูมิ 140°C ทำให้ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสต่ำกว่าที่อุณหภูมิอบแห้งอื่นๆ และความชื้นสุดท้ายของรำข้าวเท่ากับ 4% (d.b.) ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงกว่า แต่กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสที่ต่ำกว่ารำข้าวที่มีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 6% (d.b.)
คำสำคัญ: การอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง รำข้าว สี เอนไซม์ไลเปส

คำนำ

รำข้าวเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าวกล้อง และการขัดมันข้าวขาว รำข้าวถูกนำมาใช้ในการสกัดน้ำมันเพื่อบริโภคและพัฒนาเป็นอาหารเสริม น้ำมันรำข้าวมีองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) และโอไรซานอล (oryzanol) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidation) และลดความเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจและไขมันอุดตันในเส้นเลือด จึงได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆในปัจจุบัน รำข้าวที่ได้หลังการสีก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำมันจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการปฏิริยาไฮโดรไลซิสโดยมีเอนไซม์ไลเปสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันในขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ในปริมาณมาก (Salunkhe และคณะ, 1992) กระบวนการทำให้รำข้าวคงตัวโดยการยับยั้งเอนไซม์ไลเปสที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพจะสามารถลดการเกิดกรดไขมันอิสระในรำข้าวก่อนเข้ากระบวนการสกัดน้ำมันในระดับอุตสาหกรรมได้ งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาสภาวะการอบแห้งที่มี

[1] **ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900**
[1] Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Ngam Wong Wan Rd., Chatuchak, Bangkok 10900
[2] **ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140**
[2] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Pracha U-tid Rd., Thung Khru, Bangkok 10140
[3] **สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงาน, สิ่งแวดล้อม และวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ**
[3] Energy Technology Division, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Pracha U-tid Rd., Thung Khru, Bangkok 10140

ต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งและคุณภาพของรำข้าวประกอบด้วยร้อยละผลได้ของน้ำมัน กิจกรรมเอนไซม์ไลเปส และค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมของรำข้าว

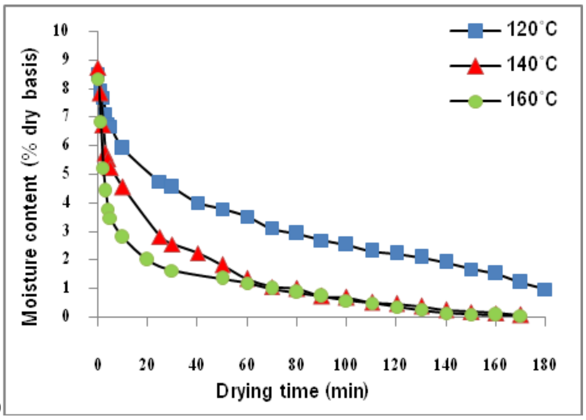
อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมรำข้าวหอมมะลิ 105 ซึ่งได้จากโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา จังหวัดกรุงเทพฯ ที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 8-9% (d.b.) ปริมาณ 160 กรัมมาใส่ถาดและนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 120, 140 และ 160°C ทั้งแบบไอน้ำร้อนยวดยิ่งและแบบอากาศร้อน ทำการเก็บตัวอย่างที่เวลาต่างๆและทำการหาปริมาณความชื้นตามวิธีการของ AOAC (1995) ทำการอบแห้งให้มีปริมาณความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 4 และ 6% (d.b.) นำรำข้าวหลังการอบแห้งมาทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ร้อยละผลได้ของน้ำมันทำตามวิธีการของ Hu และคณะ (1996) การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสทำตามวิธีการของ (Hoi และคณะ, 1999) และการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab Ultra Scan)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Figure 1 พบว่าปริมาณความชื้นของรำข้าวลดลงเมื่อเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ความชื้นมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการใช้อุณหภูมิอบแห้งสูงทำให้แรงขับดันในการถ่ายเทความร้อนและมวลสารมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการระเหยของน้ำจากรำข้าวมีค่ามากขึ้น (จารุวรรณ และคณะ, 2550) นอกจากนี้ยังพบว่าการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลให้อัตราการอบแห้งของรำข้าวสูงกว่าการใช้อากาศร้อน จาก Figure 1b พบว่าในช่วงเริ่มต้นของการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ความชื้นของรำข้าวมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยทั้งนี้เป็นเพราะเกิดการควบแน่นของไอน้ำที่ผิววัสดุ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่งและผิวของวัสดุ (Iyota และคณะ, 2001)

(a)



(b)

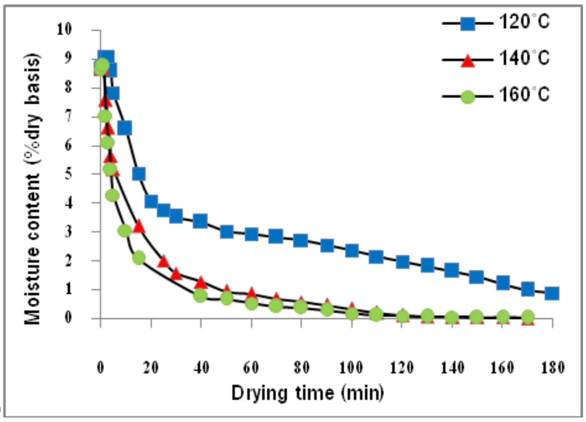


Figure 1 The relationship between drying time and moisture content of rice bran by (a) Hot air (b) Superheated steam

Table 1 The effect of drying conditions on the qualities of rice bran

Type of drying	Temperature (°C)	Moisture content (% dry basis)	Percentage of rice bran oil (% dry weight)	Lipase activity (% Hydrolysis)	ΔE
HA	120	4.09 ± 0.39	16.91 ± 2.12[a]	1.51±0.23[cde]	4.25 ± 0.33[d]
	140	4.77 ± 0.28	17.04 ± 1.87[a]	1.40±0.11[cde]	3.19 ± 0.29[ef]
	160	4.85 ± 0.01	16.29 ± 2.63[a]	2.16±0.71[b]	3.60 ± 0.51[de]
HA	120	6.41 ± 0.47	16.35 ± 3.03[a]	3.25±0.97[a]	2.69 ± 0.17[ef]
	140	7.31 ± 0.92	16.88 ± 2.36[a]	1.95±0.47[bc]	2.53 ± 0.23[f]
	160	7.16 ± 0.21	16.64 ± 2.81[a]	3.03±0.71[ba]	3.04 ± 0.11[ef]
SS	120	3.90 ± 0.44	16.89 ± 2.80[a]	1.62±0.12[bcd]	9.07 ± 1.44[a]
	140	4.88 ± 0.11	19.05 ± 0.84[a]	0.43±0.01[f]	5.28 ± 0.21[c]
	160	4.59 ± 0.79	17.81 ± 1.74[a]	0.97±0.35[e]	4.22 ± 0.17[d]
SS	120	6.27 ± 0.22	17.71 ± 2.17[a]	1.30±0.02[de]	6.70 ± 0.30[b]
	140	6.02 ± 0.68	17.68 ± 1.95[a]	1.30±0.01[de]	6.33 ± 0.47[b]
	160	6.61 ± 0.21	17.79 ± 1.47[a]	1.08±0.24[de]	3.30 ± 0.03[ef]

The characters are not the same as the vertical difference is statistically significant. ($p<0.05$)

HA = Hot air drying; SS = Superheated steam drying

การได้รับความร้อนของรำข้าวระหว่างการอบแห้งมีผลทำให้เอนไซม์ไลเปสเกิดการเสียสภาพ รวมถึงเกิดการเปลี่ยนแปลงสีได้เนื่องจากปฏิกิริยาการการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ จาก Table 1 พบว่าการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลให้ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสต่ำกว่า แต่ค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงกว่าการใช้อากาศร้อนอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากการควบแน่นของไอน้ำที่ผิววัสดุในช่วงต้นของการอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ซึ่งการที่รำข้าวได้รับความร้อนแบบชื้นในช่วงดังกล่าวส่งผลในการยับยั้งเอนไซม์ได้ดีกว่าการได้รับความร้อนแบบแห้งตลอดกระบวนการดังเช่นการอบแห้งแบบอากาศร้อน นอกจากนี้การควบแน่นที่เกิดขึ้นยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของรำข้าว โดยผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำอิสระ (water activity) สูงจะมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ได้มากขึ้นในช่วงปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.2-0.8 (Peterson และคณะ, 1994) และยังพบว่ารำข้าวที่ผ่านการอบแห้งจนกระทั่งมีความชื้นสุดท้าย 4% (d.b.) จะมีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสต่ำกว่า แต่ค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงกว่ารำข้าวที่มีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 6% (d.b.) ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาในการได้รับความร้อนที่นานกว่านั่นเอง และยังพบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 140°C มีแนวโน้มให้ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 160°C และ 120°C ทั้งนี้ค่าร้อยละผลได้ของน้ำมันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ที่ทุกสภาวะการทดลอง สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งที่ส่งผลต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของรำข้าวหลังการอบแห้ง คือการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิอบแห้งเท่ากับ 140°C ที่ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 4% (d.b.) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suander และ Heltved (1985) ซึ่งรายงานว่าการทำให้รำข้าวคงตัวด้วยวิธีเอกซ์ทรูชันที่อุณหภูมิ 140°C เป็นเวลา 3 นาทีโดยมีความชื้นสุดท้าย 11-12% (d.b) สามารถทำลายกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสได้เป็นอย่างเพียงพอ อย่างไรก็ดี รำข้าวที่ผ่านการทำให้คงตัวด้วยวิธีเอกซ์ทรูชันแล้วจำเป็นต้องผ่านกระบวนการอบแห้งเพื่อลดความชื้นอีกขั้นตอนหนึ่งด้วย

สรุปผล

จากการทดลองผลพบว่าอัตราการอบแห้งเมื่อทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีค่าสูงกว่าใช้อากาศร้อน และการใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสีสูงกว่า แต่กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสที่ต่ำกว่าในกรณีการอบแห้งโดยใช้อากาศร้อน และการอบแห้งที่อุณหภูมิ 140°C ให้ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสต่ำกว่าที่อุณหภูมิอบแห้งอื่นๆ และความชื้นสุดท้ายของรำข้าวเท่ากับ 4% (d.b.) ให้ค่าค่าการเปลี่ยนแปลงสีสูงกว่า แต่กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสที่ต่ำกว่ารำข้าวที่มีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 6% (d.b.) ดังนั้นจึงน่าจะเป็นวิธีการคงตัวของรำข้าวได้ดี

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ กุลวิศว, 2550, ผลของวิธีการอบแห้งที่มีต่อสารระเหยง่ายและคุณภาพทางกายภาพของกล้วยแผ่น, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

A.O.A.C., 1995, Official Method of Analysis, Th ed., William, S., Ed Washington, DC., Official Method Cd3d – 63, Sampling and Analysis of Commercial Fat and Oil.

Hoi, S.W. and Holland, J.B., 1999, Heritability of Lipase Activity of Oat Caryopses, Food Science and Human Nutrition, 39: 1055–1059.

Hu, W., Wells, I.H., Shin, T.S. and Godber, J.S., 1996, Comparison of Isopropanol and Hexane for Extraction of Vitamin E and Oryzation from Stabilized Rice Bran, Journal of the American Oil Chemists Society, 73: 1653-1656.

Iyota, H., Nishimura, N., Onuma, T. and Momura, T., 2001, Drying of Slice Raw Potatoes in Superheated Steam and Hot Air, Drying Technology, 19: 1411–1424.

Peterson, B.I., Tong, C.H., Ho, C.T. and Welt, B.A., 1994, Effect of Moisture Content on Maillard Browning Kinetics of a Model System During Microwave Heating, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42: 1884–1887.

Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.N. and Kadam, S.S., 1992, World Oilseeds Chemistry Technology and Utilization, Van Nostrand Reinhold, New York.

Saunder, R.M. and Heltved, F., 1985, Fluorimetric Assay of Lipase in Rice Bran and Its Application to Determination of Conditions for Rice Bran Stabilization, Journal of Cereal Science, 3: 79-86.

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการสกัดน้ำมันพืชด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัด

Economic Analysis for Vegetable Oil Extraction by Screw Press Oil Extraction Machine

ศุภกิตต์ สายสุนทร[1] **ฤาชา บุญยกิจโณทัย**[1] **และ สุดสายสิน แก้วเรือง**[1]

Sayasoonthorn, S.[1], Boonyakijnothai, R.[1] and Kaewrueng, S.[1]

Abstract

This study was to analyze the economic investment for the mechanical vegetable oil extraction by screw press oil extraction machine. The operating of screw press is not complicated. Therefore, it is easy for farmers to understand, operate and maintain, compared to the solvents oil extraction. The equipment for the testing is screw press oil extraction machine which is local production. The screw is Maddock type with 1 Hp. 220 V. Rice bran, soybean and sesame were selected for oil extraction. The result showed that the screw press oil extraction machine is suitable in term of economics for using in household level and for all types of the selected plants when considering the breakeven point, payback period, internal rate of return and benefit-cost ratio. Rice bran oil and sesame oil can be sold as a health food and soybean oil can be sold in the form of crude oil. Then, the screw press oil extraction machine was appropriate to encourage a new avocation to farmers to enhance the sustainable household sufficiently economy.

Keywords: screw press, cold press, mechanical press, vegetable oil

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์การลงทุนเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการสกัดน้ำมันพืชเชิงกล ด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดขนาดเล็กระดับครัวเรือน ซึ่งมีรูปแบบการใช้งานไม่ซับซ้อน ใช้เทคโนโลยีพื้นฐานที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ การดำเนินงาน และการซ่อมบำรุงของเกษตรกร เมื่อเทียบกับการสกัดน้ำมันโดยใช้สารทำละลาย อุปกรณ์สำหรับทดสอบประกอบด้วย เครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดผลิตในประเทศ สกรูเป็นแบบ Maddock type ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ พืชที่ถูกเลือกมาสกัดน้ำมัน ได้แก่ รำข้าว ถั่วเหลือง และงาดำ ผลการทดสอบพบว่า เครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดมีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการใช้ในระดับครัวเรือน และมีความเหมาะสมในการสกัดน้ำมันพืชทุกชนิดที่นำมาทดสอบ โดยพิจารณาจากจุดคุ้มทุน ระยะเวลาคืนทุน อัตราผลตอบแทนภายใน และอัตราส่วนผลได้ต่อการลงทุน ทั้งนี้เมื่อน้ำมันรำข้าวและน้ำมันงา สามารถจำหน่ายได้ในรูปของอาหารเสริมสุขภาพ และน้ำมันถั่วเหลืองจำหน่ายได้ในรูปของน้ำมันถั่วเหลืองดิบ ดังนั้นการสกัดน้ำมันด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดจึงมีความเหมาะสมในการส่งเสริมให้เกิดการสร้างอาชีพใหม่ของเกษตรกร เพื่อยกระดับเศรษฐกิจแบบพอเพียงในระดับครัวเรือนอย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: สกรูอัด สกัดเย็น สกัดเชิงกล น้ำมันพืช

คำนำ

การบริโภคอาหารเสริมสุขภาพเป็นที่นิยมแพร่หลายในหมู่ประชาชนทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันจากพืชชนิดต่างๆ เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว น้ำมันงา เป็นต้น (ศุภกิตต์ และ สุดสายสิน, 2554) ซึ่งน้ำมันเหล่านี้มาจากกระบวนการสกัดเชิงกล หรือการสกัดเย็น (Cold pressed) อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการสกัดได้แก่ เครื่องสกัดแบบไฮดรอลิค และ แบบสกรูอัด (Screw press) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดเป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีความเหมาะสม (Oyinlola และคณะ, 2004) ได้แก่ 1) ต้นทุนการสกัดต่ำ ใช้เครื่องจักรจำนวนน้อย ใช้เชื้อเพลิงต่ำ 2) ไม่มีกรรมวิธีการผลิตที่ยุ่งยากซับซ้อน 3) สามารถทำเป็นอุตสาหกรรมภายในครอบครัวได้ และ 4) ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้สามารถนำไปจำหน่ายเป็นอาหารเสริมสำหรับอาหารสัตว์ได้ นอกจากนี้ หากพิจารณาข้อดีของเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดขนาดเล็กในเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า มีความเป็นไปได้ในการลงทุน กล่าวคือ ให้อัตราผลตอบแทนภายในสูง และระยะเวลาในการคืนทุนต่ำ อย่างไรก็ตาม เครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดมีข้อจำกัดด้วยเช่นกัน ได้แก่ 1) ปริมาณน้ำมันติดในกากสูงอาจจถึง 10–15%

[1] **ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพ 10900**

[1] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Ladyao, Chatuchak, Bangkok, 10900

2) ปริมาณน้ำมันที่ได้น้อย ไม่สามารถทำการสกัดได้หมด 3) ไม่สามารถสกัดสิ่งเจือปนภายในวัตถุดิบได้หมด ทำให้คุณภาพกากต่ำ มีปริมาณสารโปรตีนต่ำมาก ได้ราคาขายถูกกว่าที่ควรเป็น 4) ไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำมันได้แน่นอน (อาชัย และคณะ, 2546) ทั้งนี้ผู้ใช้ควรมีการปฏิบัติให้ถูกวิธีตามที่ ศุภกิตต์ และคณะ (2553) ได้รายงานไว้ จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดทำในประเทศไทย (Figure 1) สกรูเป็นแบบ Maddock type ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ ถูกเลือกมาใช้สำหรับการทดสอบสกัดน้ำมัน 1) รำข้าว 2) ถั่วเหลือง และ 3) งาดำ วิธีการประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ (ไพบูลย์, 2542) สามารถคำนวณได้ดังนี้

จุดคุ้มทุน (Break Even Point: BEP)

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{ราคาต่อหน่วย - ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย}} \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PBP)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ต้นทุนสร้างเครื่อง}}{\text{กำไรสุทธิต่อปี}} \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

อัตราส่วนผลได้ต่อการลงทุน (Benefit Cost Ratio: B/C)

$$\text{อัตราส่วนผลได้ต่อการลงทุน} = \frac{\text{รายได้สุทธิ}}{\text{รายจ่าย}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

$$\text{อัตราผลตอบแทนภายใน} = \frac{\text{รายได้สุทธิ}}{\text{รายจ่าย}} = \left(\frac{(i+1)^n - 1}{i(i+1)^n}\right) \quad \ldots\ldots\ldots(4)$$

เมื่อ i = อัตราดอกเบี้ยต่อระยะเวลา, n = ระยะเวลาดำเนินการ

Figure 1 Screw press oil extraction machine

สมมติฐานในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการสกัดน้ำมันรำข้าว ถั่วเหลือง และงาดำ ด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัด มีดังนี้ 1) ต้นทุนเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัด เท่ากับ 50,000 บาท 2) ทำงาน วันๆละ 8 ชั่วโมง 300 วัน/ปี 3) ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงาน (8 ชม./วัน) เท่ากับ 200 บาท/วัน 4) ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อยูนิตเท่ากับ 2 บาท/kWh 5) อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับ 7% 6) เครื่องมีอายุการใช้งาน 8 ปี และมูลค่าซากคิดเป็น 10 % ของราคาเครื่องจักร 7) ค่าบำรุงรักษารายปีคิดเป็น 5% ของต้นทุน ทั้งนี้ กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยคงที่ ไม่คิดค่าเช่าที่ ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ค่าความชื้น ค่าใช้จ่ายในการสร้างสถานที่สำหรับการสกัดน้ำมัน และคิดว่าน้ำมันที่สกัดได้สามารถขายได้หมด ราคาวัตถุดิบ ราคาขายผลิตภัณฑ์ รูปแบบในการจำหน่าย ราคาการบรรจุและบรรจุภัณฑ์ และคุณสมบัติของพืชที่ใช้ในการสำหรับน้ำมันพืชแต่ละชนิด แสดงดัง Table 1

Table 1 Factors of raw material for oil extraction

Topics	Rice bran	Soybean	Sesame
Feed rate (kg/hr)	1.58[1]	5.13[2]	2.02[2]
Oil Content (%)	4.17[1]	13.22[2]	35.37[2]
Production rate (ltr/hr)	1.23[1]	6.78[2]	7.14[2]
Cost of raw materials (Bath/kg)	14	10	50
Cost of packing and packaging	2 Bath/capsule	5 Bath/bottle	12 Bath/bottle
Selling price	500 Bath/box[a]	50 Bath/lts[b]	350 Bath/bottle[c]
	(1 box=60 capsule)		(1 bottle = 500 cc)

[1]ศุภกิตต์ และคณะ (2553) และ [2]ศุภกิตต์ และ สุดสายสิน (2554) [a]ธัญญนันท์ (2555) [b]Sharkernews (2555) และ [c]ช้างแก้ว (2555)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Table 2 แสดงผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการสกัดน้ำมันพืชด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัด พบว่า น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันงาดำ มีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 152.43, 151.14 และ 164.37 ลิตร ตามลำดับ ในขณะที่ระยะเวลาคืนทุน ของน้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันงาดำ มีค่าเท่ากับ 0.01, 0.08 และ 0.013 ปี ตามลำดับ อัตราส่วนผลได้ต่อการลงทุนสำหรับน้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันงาดำ มีค่าเท่ากับ 94.96, 8.48 และ 46.3 ตามลำดับ และอัตราผลตอบแทนภายในของน้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันงาดำ มีค่าเท่ากับ 110, 10 และ 60% ตามลำดับ

Table 2 Economic analysis for vegetable oil extraction by screw press oil extraction machine

Topics	Rice bran	Soybean	Sesame
Net present value (Bath)		7,886	
Energy cost (Bath)		3,581	
Maintenance cost (Bath)		2,500	
Labor cost (Bath)		60,000	
Annual cost (Bath)		73,967	
Revenue (Bath)	8,200,000	732,240	3,998,400
Net profit (Bath)	8,126,033	658,273	3,924,433
Breakeven point (ltr)	152.43	151.14	164.37
Payback period (yr)	0.01	0.08	0.013
Benefit cost ratio	94.96	8.48	46.3
Internal rate of return (%)	110	10	60

จากการทดสอบ พบว่า เครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัด มีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการสกัดน้ำมันพืชทุกชนิดที่นำมาทดสอบ สอดคล้องกับที่ อาชัย และคณะ (2546) รายงานไว้ เนื่องจากต้นทุนราคาเครื่องไม่สูง และสามารถจำหน่ายน้ำมันที่สกัดได้ในราคาสูง โดยจุดคุ้มทุนของการสกัดน้ำมันแต่ละชนิด มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 150–165 ลิตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันรำข้าวซึ่งมีราคาขายที่สูงมาก ทำให้ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์มีค่าดีที่สุด โดยสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 0.01 ปี เมื่อลงทุนในการสกัดน้ำมันรำข้าว 1 บาท ได้ผลตอบแทนกลับมา 95 บาท และมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนสูงถึง 110% โดยน้ำมันงาดำมีค่าดีรองลงมา ในขณะที่น้ำมันถั่วเหลืองซึ่งมีราคาจำหน่ายต่ำสุด อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาคืนทุนของน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 0.08 ปี เมื่อลงทุนในการสกัดน้ำมันถั่วเหลือง 1 บาท จะได้ผลตอบแทนกลับมา 8 บาท และมีอัตราผลตอบแทนการลงทุน 10% ซึ่งถือได้ว่ายังน่าสนใจสำหรับการลงทุนในระดับครัวเรือน

สำหรับการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการสกัดน้ำมันพืชด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดในครั้งนี้ ข้อมูลที่นำมาใช้เป็นการตั้งสมมติฐานขึ้นมา เกษตรกรผู้นำข้อมูลการวิเคราะห์นี้ไปใช้ควรตระหนักว่า ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นั้น ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว เช่น การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้อัตราดอกเบี้ยคงที่ ราคาขาย และ

ปริมาณการขาย เป็นสำคัญ ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความเสี่ยงในประเด็นดังกล่าวด้วย อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยได้พยายามตั้งสมมติฐานให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อลดข้อผิดพลาด และความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นได้

สรุปผล

การสกัดน้ำมันพืชด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดมีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ สำหรับพืชทุกชนิดที่นำมาทดสอบ โดยพิจารณาจากจุดคุ้มทุน ระยะเวลาคืนทุน อัตราผลตอบแทนภายใน และอัตราส่วนผลได้ต่อการลงทุน และมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในระดับครัวเรือน ดังนั้นการสกัดน้ำมันด้วยเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัดจึงมีความเหมาะสมในการส่งเสริมให้เกิดการสร้างอาชีพใหม่ของเกษตรกร เพื่อยกระดับเศรษฐกิจแบบพอเพียงในระดับครัวเรือนอย่างยั่งยืนต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทดสอบ และขอขอบคุณ ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่ในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

ช้างแก้ว ทองพูน, 2555, น้ำมันงาดำบริสุทธิ์สกัดเย็น 100% [สืบค้น], http://www.changkaow.com/product-th-732539-3671932-%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%AE0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%A3.html [2 / March /12].

ธัญญนันท์ เจริญกิจ, 2555, ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมน้ำมันรำข้าว [สืบค้น], http://www.thanyanan.com/index.php?option=com_content&view=article&id=56&Itemid=68&lang=th [2/ March /12].

ไพบูลย์ แย้มเผื่อน, 2542, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม, ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 312 หน้า.

ศุภกิตต์ สายสุนทร และ สุดสายสิน แก้วเรือง, 2554, การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะกากที่ปรากฏของถั่วเหลืองและงาดำกับปริมาณน้ำมันที่รับจากเครื่องสกัดน้ำมันแบบสกรูอัด, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2)(พิเศษ): 61-64.

ศุภกิตต์ สายสุนทร สุดสายสิน แก้วเรือง และ ปัณณธร ภัทรสถาพรกุล, 2553, การศึกษาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเครื่องสกัดแบบสกรูอัด, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(2): 291-302.

อาชัย พิทยภาคย์ นคร ทิพยาวงศ์ และ วสันต์ จอมภักดี, 2546, การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสกัดน้ำมันพืชเชิงกลสำหรับใช้ในชุมชนท้องถิ่น, Naresuan University Journal, 11(3): 9-12.

Oyinlola, A., Ojo, A. and Adekoya, L.O., 2004, Development of a Laboratory Model Screw Press for Peanut Oil Expression, Journal of Food Engineering, 64(2): 221-227.

Sharkernews, 2555, ร้านจำหน่ายน้ำมันถั่วเหลือง [สืบค้น], http://www.sharkernews.com/%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%88%E0%B8%9B2.html [2/ March /12].

ผลของโอโซนต่อการสังเคราะห์แสงของยางพารา *Hevea brasiliensis* Muell.Arg.
Effects of Ozone on Photosynthesis of Para Rubber *Hevea brasiliensis* Muell.Arg.

ครรชิต สอสิริกุล[1] พูนพิภพ เกษมทรัพย์[2] และ บุญธิดา โฆษิตทรัพย์[1]
Sosirikul, K.[1], Kasemsap, P.[2] and Kositsup, B.[1]

Abstract

The photosynthesis of rubber (*Hevea brasiliensis*) fumigated with ozone at concentrations of 200, 600, 900, 1200, and 1500 ppb for 2 h compared to ambient air was studied. Net photosynthesis (P_n), stomatal conductance (g_s), transpiration rate (Tr), water use efficiency (WUE) and leaf characteristics were measured. Furthermore, the light response curve of rubber leaves treated with ozone at a concentration of 200 ppb compared to the control was performed. The data of light response curve was fitted to a non-rectangular hyperbola model to estimate initial slope (α), convexity parameter (θ), maximum photosynthesis (P_{max}) and dark respiration (R_d).The results showed that P_n, g_s and Tr of rubber leaves fumigated with ozone at high concentrations of 600-1500 ppb significantly decreased. Moreover, rubber leaves treated with ozone at high concentrations of 600-1500 ppb were injured as characterized by yellow spot and red stippling on adaxial leaf surfaces.
Keywords: ozone, rubber, photosynthesis, stomatal conductance

บทคัดย่อ

ศึกษาการสังเคราะห์แสงของใบยางพาราที่ได้รับก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 200, 600, 900, 1200 และ 1500 ppb เปรียบเทียบกับที่ได้รับอากาศปกติ โดยวัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (P_n) การนำที่ปากใบ (g_s) อัตราการคายน้ำ (Tr) และคำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) รวมถึงลักษณะของใบหลังได้รับก๊าซโอโซน นอกจากนี้ยังศึกษา light response curve ของใบยางพาราที่ได้รับก๊าซโอโซน 200 ppb เปรียบเทียบกับใบที่ได้รับอากาศปกติ โดยใช้ non-rectangular hyperbola model ประเมินค่าความชันเริ่มต้น (α) ค่าควบคุมความโค้ง (θ) อัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด (P_{max}) และอัตราการหายใจ (R_d) ผลการทดลองพบว่าก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้นสูงระดับ 600-1500 ppb ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ การนำที่ปากใบ และอัตราการคายน้ำของใบยางพาราลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนลักษณะของใบยางพาราพบว่ามีความเสียหายเกิดขึ้นเมื่อได้รับก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้นสูงระดับ 600-1500 ppb โดยเกิดเป็นจุดสีเหลืองและแถบสีแดงบนแผ่นใบด้านบน
คำสำคัญ: โอโซน ยางพารา การสังเคราะห์แสง การนำที่ปากใบ

คำนำ

โอโซนเป็นก๊าซหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบของชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก โดยในชั้น stratosphere โอโซนจะทำหน้าที่เป็นเสมือนเกราะที่คอยปกป้องสิ่งมีชีวิตในโลกจากรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ แต่สำหรับโอโซนที่อยู่ในชั้น troposphere ซึ่งเป็นชั้นบรรยากาศที่มีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ โอโซนในชั้นนี้กลับเป็นสารมลพิษทางอากาศชนิดหนึ่งซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต จากการสำรวจพบว่าความเข้มข้นของโอโซนมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น 2 - 5 เท่า ในช่วงเวลา 40 ปี (Derwent และคณะ, 2002) โดยก๊าซโอโซนที่เกิดขึ้นในชั้น troposphere ไม่ได้ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือยานพาหนะโดยตรง แต่ก๊าซโอโซนจะเกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาเคมีที่ผลักดันด้วยแสงระหว่างก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) กับไอระเหยของสารประกอบอินทรีย์ (Pina และ Moraes, 2010) ในประเทศไทยกำหนดค่ามาตรฐานของปริมาณโอโซนในบรรยากาศไม่เกิน 100 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) ในช่วงระยะเวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ซึ่งจากรายงานคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษในปี 2553 พบปริมาณโอโซนเกินค่ามาตรฐานในหลายพื้นที่ทั่วประเทศไทยเช่น กรุงเทพและปริมณฑล เชียงใหม่ พระนครศรีอยุธยา สระบุรี ฉะเชิงเทรา ราชบุรี ระยอง ลำปาง ชลบุรี แม่ฮ่องสอน นครสวรรค์ และเชียงราย โดยปริมาณโอโซนที่ตรวจวัดได้มากที่สุดมีความเข้มข้นมากถึง 184 ppb (วิจารย์ และ เจนจบ, 2553) โอโซนจัดเป็นก๊าซที่เป็นพิษต่อพืชในด้านต่างๆ เช่น ด้านกายวิภาคทำให้ palisade mesophyll และ spongy mesophyll ของต้น green ash และ black berry บางลง (Bennett และคณะ, 1992) ด้านเกษตรกรรมพบว่าผลผลิตของส้มและเลมอนที่ปลูกในบริเวณเมดิเตอเรเนียนในปี 2003-2005 ลดลงประมาณ 10% (Delgado-Saborit และ

[1] ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330
[1] Department of Botany, Faculty of science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330
[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900
[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10990

Esteve-Cano, 2006) ด้านสรีรวิทยาทำให้การสังเคราะห์แสงของ spinach ลดลง 63% แต่ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) และ ascorbate peroxidase (APX) เพิ่มขึ้น 20% และ 30% ตามลำดับ (Calatayud และคณะ, 2002) และส่งผลต่อปริมาณของ anthocyanins และ tannins ในใบฝรั่งเพิ่มขึ้น (Rezende และ Furlan, 2010) ปัญหาและที่มาของงานวิจัยนี้มาจากการร้องเรียนของเกษตรกรและประชาชนเรื่องความเสียหายของพืชบริเวณใกล้โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจำเป็นต้องมีข้อมูลพื้นฐานที่ถูกต้องด้านผลกระทบต่อพืชที่มีสาเหตุเฉพาะจากมลพิษทางอากาศเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบายทั้งในด้านการอนุมัติให้สร้างโรงงานและการชดเชยความเสียหายให้ยุติธรรม งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาเฉพาะผลกระทบที่เกิดจากก๊าซโอโซนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการสร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงของใบยางพารา เนื่องจากยางพาราเป็นพืชยืนต้นเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยโดยมีพื้นที่ปลูกมากกว่า 18 ล้านไร่ทั่วประเทศ โดยสร้างรายได้ให้กับประชาชนมากกว่า 6 ล้านคนในแต่ละปีคิดเป็นมูลค่ามากกว่าสี่แสนล้านบาท

อุปกรณ์และวิธีการ

ยางพาราชำถุงพันธุ์ RRIM 600 อายุประมาณ 1 เดือน มาปลูกลงกระถางขนาด 16 ลิตร โดยใช้ดินชุดปากช่อง จากสถานีวิจัยพืชไร่สุวรรณวาจกกสิกิจ รดน้ำทุกวันและให้ปุ๋ยสูตร 16-16-16 เดือนละ 2 ครั้ง ปลูกเป็นเวลานานประมาณ 1 - 2 เดือน เพื่อให้ใบที่ผลิมาใหม่เจริญเติบโตสมบรูณ์เต็มที่จึงนำมาใช้ในการทดลอง ในการทดลองนี้มีทั้งหมด 5 ชุดการทดลองโดยให้ความเข้มข้นของก๊าซโอโซน ดังนี้ (1) 200 ppb (2) 600 ppb (3) 900 ppb (4) 1,200 ppb หรือ (5) 1,500 ppb ทุกชุดเทียบกับชุดควบคุมที่เป็นอากาศปกติที่ไม่มีการปรับเพิ่มความเข้มข้นของโอโซน แต่ละชุดการทดลองทั้งชุดควบคุมและโอโซนทรีตเม้นต์ให้อากาศเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและมีจำนวนต้นยางพารา 4 ซ้ำ การรมอากาศให้กับพืชทำโดยใช้เครื่องเป่าลมสุ่มอากาศจาก cooling pad box และเป่าอากาศผ่านท่อ PVC เข้าสู่แชมเบอร์ขนาด 5 ลูกบาศก์เมตร สำหรับโอโซนทรีตเม้นต์จะมีการเติมก๊าซโอโซนด้วยเครื่องผลิตโอโซน (OZ-8010, Ozonic International, Thailand) ก่อนอากาศจะเข้าสู่แชมเบอร์ จากนั้นทำการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบยางพาราที่ขยายตัวเต็มที่ด้วยเครื่อง portable photosynthesis system (LI-6400, LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA) ทันทีหลังจากผ่านการรม โดยกำหนดค่าความเข้มของแสง 1,400 µmol PPFD $m^{-2} s^{-1}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 50-80 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในอากาศเท่ากับ 400 µmol mol^{-1} และอุณหภูมิอากาศ 27 – 35°C สำหรับโอโซนทรีตเม้นต์ความเข้มข้น 200 ppb เพิ่มการศึกษาการตอบสนองต่อแสงของอัตราการสังเคราะห์แสง ที่ความเข้มแสงที่ระดับต่างๆ ตั้งแต่ 0 - 2,000 µmol PPFD $m^{-2} s^{-1}$ จากนั้นใช้สมการ non-rectangular hyperbola อธิบายการตอบสนองต่อแสงและคำนวณค่าความชันเริ่มต้นของกราฟการตอบสนองต่อแสง (α) ค่าควบคุมความโค้งของกราฟ (θ), อัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด (P_{max}) และ อัตราการหายใจในที่มืด (R_d) (Johnson และคณะ, 1989) สถิติที่ใช้สำหรับทดสอบค่าเฉลี่ยของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบยางพาราระหว่างชุดที่ได้รับอากาศปกติกับชุดที่ได้รับโอโซนในแต่ละชุดการทดลองคือ independent t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างชุดควบคุมและโอโซนทรีตเม้นต์ อยู่ในช่วง 34 - 38 องศาเซลเซียส และ 51 - 64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ จากการทดลองยางพาราที่ได้รับก๊าซโอโซนความเข้มข้น 200 ppb พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (P_n) การนำที่ปากใบ (stomatal conductance, g_s) อัตราการคายน้ำ (Tr) และลักษณะของใบภายหลังจากการรมไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับลักษณะการตอบสนองต่อแสงกับอัตราการสังเคราะห์แสงระหว่างชุดควบคุมและโอโซนทรีตเม้นต์พบว่ามีการตอบสนองคล้ายกัน โดยอัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงในช่วง 0-1000 µmol PPFD $m^{-2} s^{-1}$ แต่เมื่อความเข้มแสงที่สูงกว่า 1000 µmol PPFD $m^{-2} s^{-1}$ พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงกลับมีค่าคงที่ (figure 1) ค่าที่ได้จากการประเมิน light response curve ของทั้งชุดควบคุมและโอโซนทรีตเม้นต์ พบว่าค่าเฉลี่ยของความชันเริ่มต้นของกราฟ (α) มีค่า 0.041-0.063 ค่าเฉลี่ยของค่าควบคุมความโค้งของกราฟ (θ) มีค่า 0.63 - 0.69 ค่าเฉลี่ยของอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด (P_{max}) มีค่า 11.6 - 18.1 µmol CO_2 $m^{-2} s^{-1}$ และค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจในที่มืด (R_d) มีค่า 0.15 - 0.44 µmol CO_2 $m^{-2} s^{-1}$ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 1)

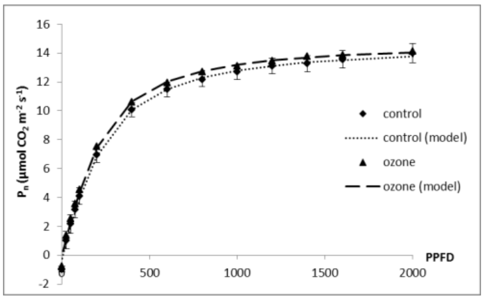


Figure 1 Net photosynthesis rate (P_n) in response to photosynthetic photon flux density (PPFD) of *Hevea brasiliensis* exposed to ambient air and ozone (200 ppb for 2 hr). The observed data were fitted by using a non-rectangular hyperbola equation as a model.

Table 1 Parameters of the light response curve of fully expanded leaves of *Hevea brasiliensis* exposed to ambient air and ozone (200 ppb for 2 hr) which were estimated by fitting the data to a non-rectangular hyperbola equation. Initial slope (α), convexity parameters (θ), maximum photosynthesis (P_{max}; μmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) and dark respiration (R_d; μmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$. Data are mean of four replications ± SE.

Treatment	α	θ	P_{max}	R_d
Ambient air	$0.049^a \pm 0.005$	$0.63^a \pm 0.07$	$13.99^a \pm 0.68$	$0.44^a \pm 0.18$
Ozone 200 ppb	$0.051^a \pm 0.004$	$0.69^a \pm 0.05$	$14.14^a \pm 1.11$	$0.15^a \pm 0.09$

จากผลการทดลองพบว่า ก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 200 ppb ซึ่งใกล้เคียงกับความเข้มข้นสูงสุดที่พบในปัจจุบันไม่ส่งผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของยางพารา เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นเป็น 600, 900, 1200 และ 1500 ppb พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าการนำที่ปากใบของชุดโอโซนที่ความเข้มข้นมากว่า 600 ppb มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 2B) ทำนองเดียวกับค่าเฉลี่ยของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและอัตราการคายน้ำของชุดโอโซนพบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของชุดโอโซนที่ความเข้มข้น 600 และ 1200 ppb มีค่าลดลงประมาณ 67% และชุดโอโซนที่ความเข้มข้น 1500 ppb มีค่าลดลงถึง 91% (Figure 2A) สำหรับค่าเฉลี่ยของอัตราการคายน้ำของชุดโอโซนที่ความเข้มข้น 600 900 และ 1200 ppb พบว่ามีค่าลดลงประมาณ 50% และชุดโอโซนที่ความเข้มข้น 1500 ppb มีค่าลดลงประมาณถึง 80% (Figure 2C) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency; WUE) ทั้งชุดโอโซนและชุดควบคุมในทุกความเข้มข้นกลับไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (Figure 2D)

สำหรับลักษณะภายนอกของใบยางพาราภายหลังได้รับก๊าซโอโซน พบว่าใบของยางพาราของชุดควบคุมและโอโซนที่ความเข้มข้น 200 ppb มีลักษณะเหมือนกัน (Figure 3A and 3B) ขณะที่ยางพาราที่ได้รับโอโซนความเข้มข้น 600 ppb พบว่าเกิดจุดสีเหลืองกระจายอยู่ระหว่างเส้นใบ (Figure 3C) และพบแถบสีแดงเข้มในต้นที่ได้รับก๊าซโอโซนเข้มข้น 900-1500 ppb โดยใบที่ได้รับก๊าซโอโซนเข้มข้น 900 ppb พบแถบสีแดงอยู่ที่บริเวณปลายใบ (Figure 3D) ส่วนที่ได้รับก๊าซโอโซนเข้มข้น 1200 และ 1500 ppb พบแถบสีแดงกระจายอยู่ทั่วทั้งใบ (Figure 3E และ 3F) โดยลักษณะความเสียหายที่พบจะสังเกตได้ภายหลังได้รับก๊าซโอโซนแล้วเป็นเวลา 2 วัน

วิจารณ์ผล

เมื่อโอโซนเข้าสู่ต้นพืชจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับองค์ประกอบของผนังเซลล์ทำให้เกิดสาร Reactive oxygen species (ROS) ทำให้พืชเผชิญกับสภาวะ oxidative stress (Hippeli และคณะ, 1996) อย่างไรก็ตามพืชจะมีปรับตัวเพื่อลดปริมาณก๊าซโอโซนที่เข้าสู่ใบ พบว่าโอโซนมีผลทำให้ค่าการนำที่ปากใบของยางพาราลดลงเช่นเดียวกับใบของ *Phaseolus vulagaris* (Guidi และคณะ, 2000) เนื่องจากการสังเคราะห์แสงสุทธิและการคายน้ำมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าการนำที่ปากใบ ดังนั้นก๊าซโอโซนมีผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและอัตราการคายน้ำลดลง โดยที่อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและอัตราการคายน้ำที่พบในใบยางพาราสอดคล้องกับที่พบในต้น *Spinacia oleracea* (Catalayud และคณะ, 2003) และ *Brassica campestris* (Singh และ Agrawal, 2009) สำหรับลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นบนใบยางพาราภายหลังที่ได้รับก๊าซโอโซนความเข้มข้นสูงมากกว่า 200 ppb คล้ายกับที่เกิดขึ้นบนใบของ *Psidium guajava* (Mendes และ Furlan, 2009) วิธีการปรับตัวนอกจากลดค่าการนำที่ปากใบแล้วภายในเซลล์ของพืชเองก็มีระบบเอนไซม์ที่ช่วยกำจัด ROS ที่เกิดขึ้นในเซลล์ เช่น superoxide dismutase (SOD) catalase และ peroxidase (APX) เป็นต้น (Lyons และคณะ, 1999) จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณก๊าซโอโซนในระดับความเข้มข้นสูงสุดที่พบได้ในบรรยากาศ (200 ppb) ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลงเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ศึกษาเพียงเฉพาะช่วงระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น ซึ่งต่างกับความจริงที่พืชต้องเผชิญกับก๊าซโอโซนทุกวันถึงแม้จะอยู่ในระดับความเข้มข้นต่ำ อีกทั้งผลการทดลองนี้อาจจะไม่สามารถใช้อธิบายกับพืชชนิดอื่นๆ ได้ เนื่องจากพืชแต่ละชนิดหรือชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์สามารถทนทานต่อก๊าซโอโซนได้แตกต่างกัน เช่น *Nicotiana tabacum* สายพันธุ์ Bel.B สามารถทนต่อโอโซนได้ดีกว่าสายพันธุ์ Bel.W3 (Pasqualini และคณะ, 2002)

สรุปผล

ยางพาราสามารถทนทานต่อก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 200 ppb ได้เพราะค่าเฉลี่ยของ P_n g_s และ Tr ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม รวมถึงค่าที่ได้จากการศึกษา light response curve พบว่าค่าเฉลี่ยของ α, θ, P_{max} และ R_d ของชุดโอโซนไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต แต่ขณะที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโอโซนสูงขึ้นในระดับ 600-1500 ppb พบว่าก๊าซโอโซนส่งผลกระทบต่อยางพาราเนื่องจากค่าเฉลี่ยของ P_n g_s และ Tr ของโอโซนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และนอกจากนี้ยังสามารถสังเกตเห็นความเสียหายเกิดขึ้นในใบที่ได้รับก๊าซโอโซน โดยใบของยางพาราที่ได้รับก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 600 ppb เห็นจุดสีเหลืองเกิดขึ้นทั่วทั้งใบ และใบยางพาราที่ได้รับก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 900-1500 ppb พบแถบสีแดงเข้มเกิดขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัย ขอขอบคุณ ดร. ดวงรัตน์ ศตคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์ความร่วมมือทางวิชาการไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือ

เอกสารอ้างอิง

นุชนารถ กังพิสดาร, 2553, ข้อมูลวิชาการยางพารา 2553, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพมหานคร, 121 หน้า.

วิจารย์ สิมาฉายา และ เจนจบ สุขสด, 2553, สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2552, บริษัท ฮีซ์ จำกัด, กรุงเทพมหานคร, 108 หน้า.

Bennett, J.P., Rassat, P., Berrang, P. and Kamosky, D.F., 1992, Relationships Between Leaf Anatomy and Ozone Sensitivity of Fraxinus Pennsylvanica Marsh. and Prunus Serotina Ehrh, Environmental and Experimental Botany, 32: 33-41.

Catalayud, A., Iglesias, D.J., Talon, M. and Barreno, E., 2003, Effects of 2-month Ozone Fumigation on Photosynthesis, Antioxidant Systems and Lipid Peroxidation, Plant Physiology Biochemistry, 40: 839-845.

Derwent, R., Collins, W., Johnson, C. and Stevenson, D., 2002, Viewpoint: Global Ozone Concentrations and Regional Air Quality. Environmental Science & Technology, 36: 379-382.

Delgado-Sabori, J.M. and Esteve-Cano, V.J., 2008, Assessment of Tropospheric Ozone Effects on Citrus Crops Using Passive Samplers in a Western Mediterranean Area, Agriculture Ecosystems and Environment, 124: 147-153.

Guidi, L, Tonini, M. and Soldatini, G.F., 2000, Effects of High Light and Ozone Fumigation on Photosynthesis in *Phaseolus vulgaris*, Plant Physiology Biochemistry, 38: 717-725.

Hippeli, S. and Elstner, E., 1996, Mechanisms of Oxygen Activation During Plant Stress: Biochemical Effects of Air Pollutants, Journal of Plant Physiology, 148: 249-257.

Johnson, I.R., Parsons, A.J. and Ludlow, M.M., 1989, Modeling Photosynthesis in Monocultures and Mixtures, Australian, Journal of Plant Physiology, 16: 501-516.

Lyons, T., Ollerenshaw, J.H. and Barnes, J.D., 1999, Impacts of Ozone on *Plantogo* Major Apoplastic and Symplastic Antioxidant Status, Journal of Plant Physiology, 141: 253-263.

Pasqualini, S., Antonielli, M., Ederli, L., Piccioni, C. and Loreto, F., 2002, Ozone Uptake and Its Effect on Photosynthetic Parameters of Two Tobacco Cultivars with Contrasting Ozone Sensitivity, Plant Physiology and Biochemistry, 40: 599-603.

Pina, J.M. and Moraes, R.M., 2010, Gas Exchange, Antioxidants and Foliar Injuries in Saplings of a Tropical Woody Species Exposed to Ozone, Ecotoxicology and Environmental Safety, 73: 685-691.

Rezende, F.M. and Furlan, C.M., 2009, Anthocyanins and Tannins in Ozone-fumigated Guava trees, Chemosphere, 76: 1445-1450.

Singh, P. and Agrawal, S.B., 2009, Evaluation of Physiological, Growth and Yield Responses of a Tropical Oil Crop (Brassica campesris L. Var. Kranti) Under Ambient Ozone Pollution at Varying NPK Levels, Environmental Pollution, 871-880.

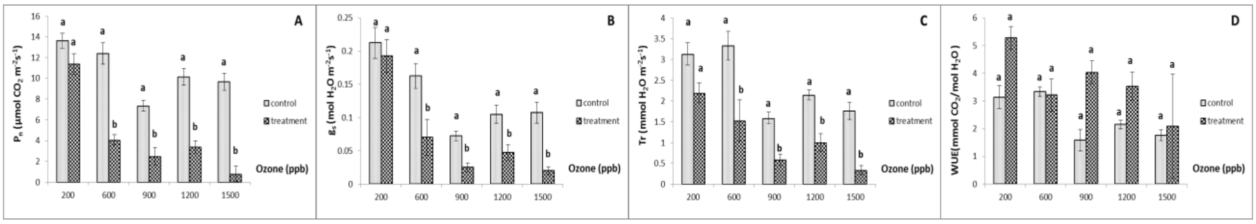


Figure 2 Gas exchange parameters of fully expanded leaves of *Hevea brasiliensis* exposed to ozone (200, 600, 900, 1200 and 1500 ppb) for 2 hr compared with control (0 ppb ozone). ; A, net photosynthesis (P_n); B, stomatal conductance (g_s); C, transpiration rate (Tr) and D, water use efficiency (WUE).

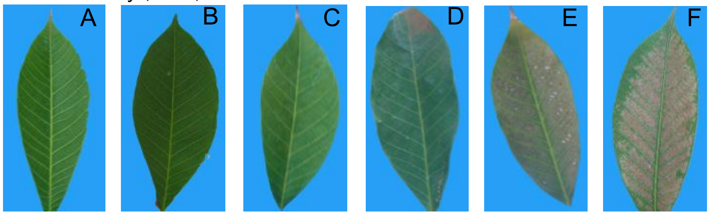


Figure 3 The charecteristics of fully expanded leaves of *Hevea brasiliensis* at day 2 after exposure to ozone compared with control. (A) control ,(B) ozone 200 ppb, (C) ozone 600 ppb,(D) ozone 900 ppb, (E) ozone 1200 ppb, (F) ozone 1500 ppb.

การคัดเลือกและเตรียมสูตรสำเร็จเชื้อ *Streptomyces griseus* subsp. *formicus* เพื่อควบคุมเชื้อรา *Rigidoporus microporus* สาเหตุโรครากขาวของยางพารา

Screening and Formulations of *Streptomyces griseus* subsp. *formicus* Strain: NBRC 14886 for Control *Rigidoporus microporus* White Root Rot of Rubber

ปวีณา สังข์แก้ว[1] เสมอใจ ชื่นจิตต์[1] และ วสันณ์ เพชรรัตน์[1]

Sungkaew, P.[1], Chuenchit, S.[1] and Petcharat, V.[1]

Abstract

The objectives of the present work were to isolate antagonistic *Streptomyces* spp. using soil dilution plate method and to test them for their activity against *Rigidoporus microporus*. Among 258 actinomycete isolates, *Streptomyces griseus* subsp. *formicus* strain: NBRC 14886 was the most antagonistic activities in dual culture assay. Four granule formulations of *S. griseus* subsp. *formicus* strain: NBRC 14886 were developed using wet granulation method. The results demonstrated that the granule formulation No. 3 possessed significant antifungal activity against *R. microporus* with 88.61% inhibition. Applications of *Streptomyces* formulations as an alternative fungal control will be further investigated in rubber plantations.

Keywords: *Streptomyces* spp., *Rigidoporus microporus*, formulation, rubber

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกเชื้อ *Streptomyces* spp. ที่มีศักยภาพในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์โดยวิธี soil dilution plate และทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *Rigidoporus microporus* จากเชื้อ actinomycete จำนวน 258 ไอโซเลท พบว่าเชื้อ *S. griseus* subsp. *formicus* strain: NBRC 14886 สามารถยับยั้งเชื้อราทดสอบได้ดีที่สุดโดยวิธี dual culture assay เมื่อนำมาเตรียมเป็นสูตรสำเร็จด้วยวิธี wet granulation พบว่าสูตรสำเร็จ *S. griseus* No. 3 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *R. microporus* ได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 88.61 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการทดลองต่อไปจะเป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้สูตรสำเร็จ *S. griseus* subsp. *formicus* strain: NBRC 14886 ในการควบควบคุมโรคในสภาพสวนยางพารา

คำสำคัญ: *Streptomyces* spp. *Rigidoporus microporus* สูตรสำเร็จ ยางพารา

คำนำ

โรครากขาวเป็นโรคทางรากที่สำคัญที่สุดของยางพารา เกิดจากเชื้อรา *Rigidoporus microporus* (Sw.) Overeem ระบาดและทำความเสียหายทางเศรษฐกิจในประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย ไทย อินเดีย ศรีลังกา และในแถบแอฟริกาตะวันตกและแอฟริกากลาง (Guyot และ Flori, 2002) จากการสำรวจความเสียหายจากโรครากขาวในพื้นที่ปลูกยาง จังหวัดสงขลา พัทลุง สตูล และตรัง โดยศูนย์วิจัยยางสงขลา (2553) พบว่า จังหวัดพัทลุงมีการระบาดของโรคมากที่สุด มีพื้นที่การเกิดโรค 86.7 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.9 ของพื้นที่สำรวจทั้งหมด รองลงมาคือจังหวัดตรัง มีพื้นที่การเกิดโรค 43.3 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1 ของพื้นที่สำรวจทั้งหมด และจากการประเมินความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่เกิดจากโรครากขาวในยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย โดยอยุทธ์ และ เสมอใจ (2554) พบว่าจังหวัดนครศรีธรรมราช มีความสูญเสียทางเศรษฐกิจจากการระบาดของโรครากขาวมากที่สุด คิดเป็นจำนวนเงิน 478, 930 บาท/ไร่ การควบคุมโรครากขาวของยางพารานิยมใช้สารเคมี เช่น propiconazole และ tridermorph เป็นต้น (อุไร, 2540) แต่เป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตและมีการตกค้างของสารพิษซึ่งเป็นผลเสียต่อเกษตรกรรวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่นๆในสภาพแวดล้อม ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการศึกษาการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรค เพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากการใช้สารกำจัดเชื้อรา โดย Jayasuriya และคณะ (2007) พบว่า *Trichoderma harzianum* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *R. microporus* ได้ดี และเชื้อที่เลี้ยงสามารถเพิ่ม

[1] ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90112

[1] Department of Pest Management, Faculty of Natural Resources Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkhla, 90112

ปริมาณได้ในรำข้าวและมูลสัตว์และสามารถควบคุมโรครากขาวในกล้ายางพาราได้ แต่การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในรูปของเชื้อสดมักมีข้อจำกัดในการนำไปใช้จริงในแปลงเกษตรกร ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกและเตรียมสูตรสำเร็จของเชื้อ *Streptomyces* spp. เพื่อใช้ในการควบคุมโรครากขาวของยางพาราอันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกยางพารา

อุปกรณ์และวิธีการ

นำตัวอย่างดินจากสวนยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยจำนวน 60 ตัวอย่าง มาแยกเชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* spp. ด้วยวิธี dilution spread plate โดยตวงดิน 1 กรัมผสมในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 9 มิลลิลิตร เจือจางที่ 10^{-3} 10^{-4} และ10^{-5} หยดดินแขวนลอยบนจานเลี้ยงเชื้อ Glucose yeast extract malt extract agar ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เกลี่ยด้วยแท่งแก้ว บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน เลือกเก็บโคโลนีของ *Streptomyces* spp. ซึ่งผิวโคโลนีมีลักษณะคล้ายแป้งหรือกำมะหยี่ มีหลายสี เช่น สีขาว เทา แดง เหลือง น้ำเงิน เขียว และม่วง เพื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใย *R. microporus* ด้วยวิธี dual culture plate บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน วัดบริเวณยับยั้งและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งตามวิธีการของ สิทธิศักดิ์ และ สมบัติ (2546) คัดเลือกแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *R. microporus* ที่ดีที่สุดจำนวน 1 สายพันธุ์เพื่อนำไปจำแนกชนิดด้วยวิธีการเทียบเคียงโดยใช้ partial 16S rDNA sequence analysis และเตรียมเป็นสูตรสำเร็จชนิดแกรนูลด้วยวิธี wet granulation จากนั้นนำสูตรสำเร็จที่ได้ไปประเมินประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเส้นใยเชื้อโรคด้วยวิธี mycelial growth inhibition test ทดสอบความสามารถในการละลายน้ำ และความเป็นกรดด่าง

ผลการทดลอง

เมื่อนำเชื้อ *Streptomyces* spp. จำนวน 258 ไอโซเลท มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *R. microporus* พบว่ามีเพียง 61 ไอโซเลทที่สามารถยับยั้งได้ และไอโซเลทมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ดีที่สุดคือ Strepto No.106 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 83.57 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปจำแนกชนิดเทียบเคียงโดย partial 16S rDNA sequence analysis พบว่าตรงกับ accession number AB184627 ซึ่งตรงกับเชื้อ *Streptomyces griseus* subsp. *formicus* strain: NBRC 14886 นำเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* ดังกล่าวมาเตรียมเป็นสูตรสำเร็จ สามารถผลิตสูตรสำเร็จชนิดแกรนูลได้ 4 สูตร ซึ่งแต่ละสูตรมีลักษณะเป็นแกรนูลสีเทาครีม (Figure 1) จากนั้นนำสูตรสำเร็จที่ได้มาประเมินระยะเวลาในการละลายน้ำพบว่าอยู่ในช่วง 6.11-7.16 นาที โดยสูตรที่ 1 ใช้เวลาในการละลายน้ำน้อยที่สุดคือ 6.11 นาที และสูตรที่ 4 ใช้เวลามากที่สุดคือ 7.16 นาที เมื่อนำสูตรสำเร็จมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างพบว่า ทั้ง 4 สูตร มีลักษณะเป็นกรดอ่อนคือมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.83-5.97 ส่วนการทดสอบสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *R. microporus* พบว่าสูตรสำเร็จทั้ง 4 สูตร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ดี โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 86.11-88.61 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับชุดควบคุมซึ่งใช้น้ำกลั่นเป็นสารทดสอบ (Table 1) ซึ่งสูตรที่ 3 สามารถยับยั้งได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 88.61 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2)

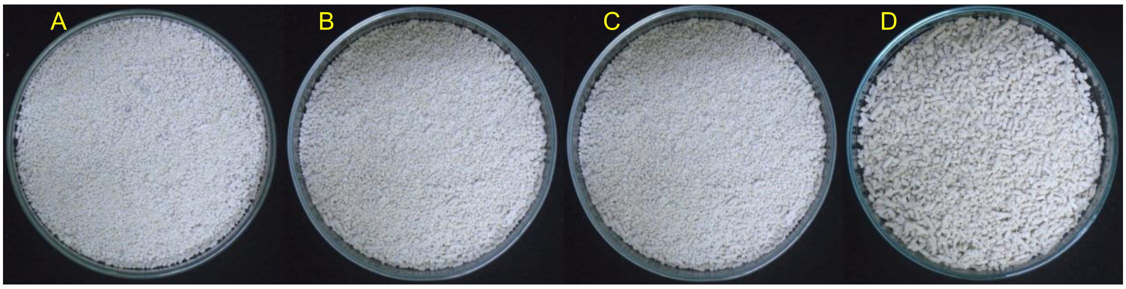


Figure 1 Granule formulations of *Streptomyces griseus* subsp. *formicus*: A: Formulation No.1, B: Formulation No. 2, C: Formulation No.3 and D: Formulation No.4.

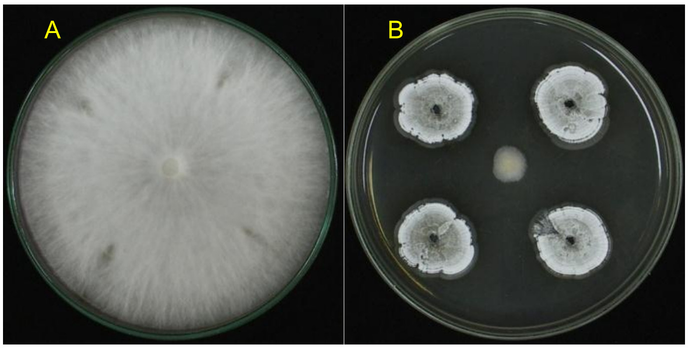


Figure 2 Effects of *Streptomyces* formulations on *Rigidoporus microporus*. A: control and B: *Streptomyces* formulation No.3

Table 1 Characteristic of *Streptomyces griseus* subsp. *formicus* granule formulations.

Granule formulations	Ability to dissolve in water (min)	pH	Percentage of mycelia inhibition
1	6.11±.07[a1]	5.97±0.05	86.95±0.56[b]
2	6.27±.03[b]	5.83±0.01	86.11±0.64[b]
3	6.44±.04[c]	5.91±0.02	88.61±0.56[a]
4	7.16±.03[d]	5.95±0.03	86.67±0.90[b]
Control (distilled water)	-	6.77±0.05	00.00±0.00[c]
CV	0.69	-	1.06

[1] Values are the mean of four replications ± SD. In a column, means followed by a common letter are not significantly different at *P* = 0.01 level by Duncan's Multiple Range Test

วิจารณ์ผล

การทดสอบความสามารถของเชื้อ *Streptomyces* spp. ที่คัดแยกได้จำนวน 258 ไอโซเลท มาทดสอบด้วยวิธี dual culture plate พบว่ามีจำนวน 61 ไอโซเลท ที่สามารถยับยังการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *R. microporus* ได้ โดยทำให้เกิดบริเวณยับยั้งระหว่างเชื้อ *Streptomyces* spp. กับเชื้อสาเหตุ ซึ่งการเกิดบริเวณยับยั้งอาจเนื่องจากเชื้อ *Streptomyces* spp. สร้างเอนไซม์ chitinase และ β-1,3-glucanase เพื่อย่อยสลายเส้นใยของเชื้อสาเหตุทำให้เซลล์ยุบตัว จนไม่สามารถเจริญต่อไปได้ (Prapagdee และคณะ, 2008)

การนำจุลินทรีย์ในรูปของเชื้อสดมาใช้ในการควบคุมโรคพืชมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความคงตัวของเชื้อ ความไม่สะดวกในการนำไปใช้ จึงต้องมีการพัฒนาสูตรสำเร็จให้อยู่ในรูปแบบที่มีความคงตัวสูงและสะดวกเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในสภาพสวนยางพารา โดยรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจคือสูตรสำเร็จชนิดแกรนูล ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีความคงตัวดี เพราะมีพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศน้อย ไม่จับตัวเป็นก้อนเหมือนสูตรสำเร็จแบบผง (อัจฉรา, 2536) ดังนั้นจึงนำ *S. griseus* subsp. *formicus* มาเตรียมเป็นสูตรสำเร็จรูปแบบแกรนูล และเมื่อทำการประเมินสูตรสำเร็จที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสูตรสำเร็จที่ผลิตได้มีความสามารถละลายน้ำได้ในช่วง 6.11-7.16 นาที มีค่าความเป็นกรดอ่อน (pH 5.83-5.97) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วานิด (2552) ที่นำ *Bacillus subtilis* มาพัฒนาเป็นสูตรสำเร็จชนิดแกรนูล โดยพบว่าระยะเวลาในการละลายน้ำของสูตรสำเร็จอยู่ในช่วง 5-18 นาที และมีค่าความเป็นกรดอ่อนถึงปานกลาง นอกจากนี้สูตรสำเร็จที่ผลิตได้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเส้นใยเชื้อรา *R. microporus* เท่ากับ 86.11-88.61 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทดสอบด้วยวิธี mycelial growth inhibition test ซึ่งจากการทดลองของ Sabaratman และ Traquair (2002) พบว่าสูตรสำเร็จชนิดแกรนูลของเชื้อ *Streptomyces* sp. Di-944 ที่ผลิตเพื่อใช้ในการควบคุมเชื้อ *Rhizoctonia solani* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทดสอบด้วยวิธี dilution spread plate จากเหตุผลข้างต้นจึงควรนำสูตรสำเร็จที่ผลิตได้ไปทดสอบการยับยั้งเชื้อโรครากขาวของยางพาราในเรือนทดลองว่าสามารถยับยั้งการเกิดโรคได้หรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาและปรับปรุงต่อไป

สรุปผล

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อ *Streptomyces griseus* subsp. *formicus* strain: NBRC 14886 และสูตรสำเร็จชนิดแกรนูลมีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อ *R. microporus* สาเหตุโรครากขาวของยางพารา ดังนั้นการทดลองต่อไปจะเป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้สูตรสำเร็จ *S. griseus* subsp. *formicus* strain: NBRC 14886 ในการควบควบคุมโรคในสภาพสวนยางพารา

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

วานิด รอดเนียม, 2552, การคัดเลือกและการพัฒนาสูตรสำเร็จเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* spp. เพื่อควบคุมโรคใบจุดที่เกิดจาก *Alternaria* spp. ในผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) ที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา.

สถาบันวิจัยยาง, 2553, ข้อมูลวิชาการยางพารา, เอกสารวิชาการ, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.

สิทธิศักดิ์ แสไพศาล และ สมบัติ ศรีชูวงศ์, 2546, การคัดเลือกเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดถั่วเหลืองเพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสของถั่วเหลือง, วารสารเกษตร, 19: 176-188.

อยุทธ์ นิสสภา และ เสมอใจ ชื่นจิตต์, 2554, การประเมินความสูญเสียทางเศรษฐกิจจากโรครากขาวในยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อุไร จันทรประทิน, 2540, โรครากขาว รากแดง และรากน้ำตาลของยางพารา, วารสารกสิกร, 70: 245-250.

อัจฉรา อุทิศวรรณกุล, 2536, รูปแบบเภสัชภัณฑ์, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

Guyot, A. and Flori, A., 2002, Comparative Study for Detecting *Rigidoporus lignosus* on Rubber Tree, Crop Protection, 21: 461-466.

Jayasuriya, E.K. and Thennakoon, I.B., 2007, Biological Control of *Rigidoporus microporus*, the Cause of White Root Disease in Rubber, Biological Sciences, 36: 9-16.

Prapagdee, B., Kuekulvong, C. and Mongkolsuk, S., 2008, Antifungal Potential of Extracellular Metabolites Produced by *Streptomyces hygroscopicus* Against Phytopathogenic Fungi, Biological Sciences, 4: 330-337.

Sabaratman, S. and Traquair, T.A., 2002, Formulation of a *Streptomyces* Biocontrol Agent for the Suppression of *Rhizoctonia* Damping-off in Tomato Transplants, Biological Control, 23: 245-253.

การพัฒนาสบู่ก้อนที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากดอกดาวเรือง

Development of Marigold Flower Extract Soap Bars

เปรมชัย เอี่ยมศิรินพกุล[1] จำรูญศรี พุ่มเพียน[2] ศรัณยา รพีอาภากุล[1] และ อรวรรณ นกสี[1]

Eamsirinopakhun, P.[1], Traithip, A.[2], Raphee-a-phakul, S.[1] and Noksri, O.[1]

Abstract

The objective of this research is to develop the soap formula containing marigold flower extract that showed antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The antimicrobial soap standard of the Thai Industrial Standard (TIS.29-2545) was used for quality control of the soap. Using agar diffusion method, the 95% ethanol crude extract, hexane, chloroform, ethyl acetate and water soluble fractions exhibited antibacterial activity against *S. aureus* with clear zone diameter of 16.15, 7.15, 11.00, 20.50 and 11.95 mm., respectively, and against *E. coli* with clear zone diameter of 8.65, 7.50, 8.35, 16.50 and 9.35 mm. respectively. Consequently, the ethyl acetate fraction, the highest antibacterial activity, was subjected to formulate soap. The ethyl acetate fraction was added into soap chip in the ratio range from 10:90, 20:80, 30:70 to 70:30. The results show that the lowest ratio between the extract and soap chip that pass TIS.29-2545 standard is 40:60.

Keywords: marigold, *Tagetes erecta*, TIS.29-2545, antimicrobial soap

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำสารสกัดดอกดาวเรือง (*Tagetes erecta*) ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* มาเตรียมเป็นสบู่ก้อน ตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ในหัวข้อสบู่ที่เติมสารระงับเชื้อ (มอก. 29-2545) การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดในการยับยั้งเชื้อด้วยวิธี agar diffusion พบว่าสารสกัดหยาบของดอกดาวเรืองด้วยสารละลาย 95% ethanol สารสกัดส่วนที่ละลายใน hexane, chloroform, ethyl acetate และน้ำ สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ clear zone เท่ากับ 16.15, 7.15, 11.00, 20.50 และ 11.95 มิลลิลิตรเมตร ตามลำดับ ในขณะที่เชื้อ *E. coli* ขนาดของ clear zone มีค่า 8.65, 7.50, 8.35, 16.50 และ 9.35 มิลลิลิตรเมตร ตามลำดับ ดังนั้นจึงนำสารสกัดส่วนที่ละลายใน ethyl acetate ซึ่งมีฤทธิ์สูงสุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิด มาเตรียมสบู่ก้อนโดยผสมกับ soap chip ในอัตราส่วนตั้งแต่ 10:90, 20:80, 30:70 จนถึงอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก และทำการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อพบว่าอัตราส่วนต่ำสุดที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับของ มอก. 29-2545 คือ การใช้สารสกัดร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก

คำสำคัญ: ดาวเรือง มอก.29-2545 สบู่ที่เติมสารระงับเชื้อ

คำนำ

ผิวหนังเป็นอวัยวะห่อหุ้มร่างกายที่ช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกโดยเฉพาะเชื้อโรค ซึ่งโดยปกติบนผิวหนังจะมีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ อาศัยอยู่ เช่น *Enterobacteriaceae*, *Candida* spp., *Staphylococcus aureus* และ *Streptococcus* spp. เป็นต้น ในช่วงที่ร่างกายอ่อนแอหรือเกิดบาดแผลที่บริเวณผิวหนัง เชื้อที่อาศัยอยู่บนผิวหนังเหล่านี้จึงสามารถที่จะเคลื่อนตัวผ่านชั้นผิวหนังเข้าสู่เนื้อเยื่อชั้นในไปยังกระแสเลือด และเกิดการแพร่กระจายของเชื้อไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายแล้วก่อให้เกิดโรคตามมา เช่น การเกิดตุ่มหนองที่ผิว โรคปอดบวม และการติดเชื้อที่กระดูกจาก *S. aureus* (Siriwong และ Chukeatirote, 2009) การทำความสะอาดผิวด้วยผลิตภัณฑ์ที่มีสารระงับเชื้อเป็นวิธีการพื้นฐานที่ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการติดเชื้อได้ สารระงับเชื้อที่นิยมใช้กันมักเป็นสารเคมี เช่น chlorhexidine, ethyl alcohol

[1] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 18/18 ถนนบางนา-ตราด กม.18 แขวงบางโฉลง เขตบางพลี สมุทรปราการ 10540

[1] Faculty of Pharmaceutical Sciences, Huachiew Chalermprakiet University, 18/18 Bangna-Trad k.m. 18, Bangplee district, Samut Prakarn 10540.

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 18/18 ถนนบางนา-ตราด กม.18 แขวงบางโฉลง เขตบางพลี สมุทรปราการ 10540

[2] Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, 18/18 Bangna-Trad k.m. 18, Bangplee district, Samut Prakarn 10540.

และ triclosan ซึ่งเป็นสารระงับเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการขจัดเชื้อได้กว้างครอบคลุมเชื้อหลายชนิด แต่มักก่อให้เกิดปัญหาการระคายเคืองที่บรเวณผิวหนังที่สัมผัสกับสารและเชื้ออาจเกิดการดื้อต่อสารระงับเชื้อได้ในระยะยาว (Kamat และคณะ, 2008) ดังนั้นพืชสมุนไพรซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของสารระงับเชื้อที่ถูกใช้มาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพื่อป้องกันผิวหนังจากการติดเชื้อ ดาวเรืองเป็นพืชในสกุล *targetes* ของวงศ์ asteraceae ส่วนดอกมีสารสำคัญในกลุ่ม flavonoids, terpenoids และ essential oils ซึ่งมีรายงานว่ามีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั้งกลุ่มแกรมบวกและลบ (Rondon และคณะ, 2006) งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเพื่อหาส่วนสกัดที่ได้จากการสกัดดอกดาวเรืองที่มีความสามารถในการระงับเชื้อแกรมบวกและแกรมลบได้สูงสุด แล้วนำส่วนสกัดนั้นมาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์สบู่ก้อนที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

อุปกรณ์และวิธีการ

นำดอกดาวเรืองที่ซื้อจากปากคลองตลาดในช่วงปี พ.ศ. 2555 มาทำความสะอาดและอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาบดเป็นผงหยาบ จากนั้นสกัดจนหมดจดโดยวิธีการหมักด้วยสารละลาย 95% ethanol กรองเก็บสารละลายและระเหย ethanol ออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความดัน 175 มิลลิบาร์ นำสารสกัดหยาบที่ได้มาสกัดแยกส่วนด้วยตัวทำละลาย hexane, chloroform, ethyl acetate และ water ตามลำดับ (Figure 1) ทดสอบประสิทธิภาพของส่วนสกัดที่เตรียมได้ในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* (ATCC 6538) และ *E. coli* (ATCC 8739) ด้วยวิธี agar diffusion เปรียบเทียบผลการยับยั้งเชื้อของส่วนสกัดแต่ละชนิดโดยดูจากค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ clear zone (ทดลอง 3 ซ้ำ) เตรียมสบู่ก้อนที่มีส่วนผสมของสารสกัดเพื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ ด้วยการนำสารสกัดที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดสูงสุดมาผสมกับ soap chip ในอัตราส่วน 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40 และ 70:30 โดยน้ำหนัก แล้วทำการอัดขึ้นรูปเป็นก้อนสบู่ นำไปทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธีการเดียวกับการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัด โดยใช้สารละลาย 4%sodium sterate เป็นตัวควบคุม โดยเกณฑ์การประเมินผลของสบู่ที่เติมสารระงับเชื้อตาม มอก.29-2545 ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ zone of inhibition ของสบู่ก้อนต้องมีค่ามากกว่าของตัวควบคุมตั้งแต่ 2.0 มิลลิเมตร ขึ้นไป (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.29-2545, 2012)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบผลการยับยั้งเชื้อจาก ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ zone of inhibition ของสารสกัดหยาบดอกดาวเรืองและส่วนสกัดต่างๆ พบว่าผลการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ส่วนสกัด ethyl acetate > สารสกัดหยาบ > ส่วนสกัดน้ำ > chloroform > hexane สำหรับผลการยับยั้งเชื้อ *E. coli* เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ส่วนสกัด ethyl acetate > น้ำ > สารสกัดหยาบ > ส่วนสกัด chloroform > hexane ส่วนสกัดที่สามารถยับยั้งเชื้อทั้งสองชนิดได้มากที่สุด คือ ส่วนสกัด ethyl acetate โดยมีค่าเท่ากับ 20.50 ± 0.81 มิลลิเมตร (*S. aureus*) และ 16.50 ± 0.67 มิลลิเมตร (*E. coli*) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Ibrahim และคณะ, 2012) และงานวิจัยของ (Madhavan และคณะ, 2011)โดยมีสารออกฤทธิ์สำคัญเป็น patulitrin ซึ่งเป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม flavonoids เมื่อนำส่วนสกัด ethyl acetate มาเตรียมเป็นสบู่ก้อนโดยผสมกับ soap chip ในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าสบู่ก้อนที่มีส่วนผสมของส่วนสกัด ethyl acetate ตั้งแต่ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และผ่านตามเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.29-2545 ในขณะที่เชื้อ *E. coli* ต้องใช้ส่วนผสมของส่วนสกัด ethyl acetate ตั้งแต่ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก จึงจะผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

สรุปผล

สารสกัดดอกดาวเรืองในส่วนที่เป็นส่วนสกัด ethyl acetate ให้ผลในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ได้สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนสกัดจากตัวทำละลายชนิดอื่น และเมื่อนำไปผสมกับ soap chip เพื่ออัดขึ้นรูปเป็นสบู่ก้อนอัตราส่วนระหว่างส่วนสกัด ethyl acetate ต่อ soap chip ตั้งแต่ 40:60 ถึง 70:30 โดยน้ำหนัก มีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ zone of inhibition มากกว่าของตัวควบคุมเกิน 2.0 มิลลิเมตร ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.29-2545 ในหัวข้อสบู่ที่เติมสารระงับเชื้อ

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.29-2545, สบู่ถูตัว [สืบค้น], http://opac.tistr.or.th/Multimedia/Standards/TIS/TIS_/ 29-2545.pdf [July 9, 2012].

Ibrahim, M. and Kiranmai, M., 2012, Antibacterial Potential of Different Extracts of *Tagetes erecta* Linn., International Journal of PharmTech Research, 2: 90-96.

Kamat, S.D., Joshi, M.G. and Kamat, D.V., 2008, Evaluation of Herbal Handwash Formulation, Natural Product Radiance, 7: 413-415.

Madhavan, S. and Rhama, S., 2011, Antibacterial Activity of the Flavonoid, Patulitrin Isolated from the Flowers of *Tagetes erecta* L., International Journal of PharmTech Research, 3: 1407-1409.

Rondon, M., Velasco, J., Hernandez, J., Pecheneda, M., Rojas, J., Morales, A., Carmona, J. and Diaz, T., 2006, Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil of *Targetes patula* l. (Asteraceae) Collected from the Venezuela Andes, Revista Latinoamericana de Quimica, 34: 32-35.

Siriwong, N. and Chukeatirote, E., 2009, Antibiotic Resistance in *Staphylococcus aureus* and Controlling, Songklanagarind Medical Journal, 27: 347-358.

Table 1 The antibacterial activities of marigold flower extracts

Extracts	Mean diameter of zone of inhibition (mm.) ± S.D.	
	Staphylococcus aureus	*Escherichia coli*
Crude extract	16.15 ± 0.74	8.65 ± 0.51
Hexane soluble fraction	7.15 ± 0.29	7.50 ± 0.34
Chloroform soluble fraction	11.00 ± 0.73	8.35 ± 0.54
Ethyl acetate soluble fraction	20.50 ± 0.81	16.50 ± 0.67
Water soluble fraction	11.95 ± 0.52	9.35 ± 0.84

Table 2 The antibacterial activities of antimicrobial soaps containing marigold flower ethyl acetate soluble fraction

The ratio between ethyl acetate soluble fraction and soap chip	The different value between diameters of zone of inhibition of antimicrobial soap and of 4%sodium steate (mm.)	
	Staphylococcus aureus	*Escherichia coli*
10 : 90	< 0	< 0
20 : 80	< 0	< 0
30 : 70	8.50*	< 0
40 : 60	7.00*	11.70*
50 : 50	10.70*	18.50*
60 : 40	12.50*	19.40*
70 : 30	10.20*	12.30*

* Meet the requirement of TIS.29-2545 (the different value more than 2.00 mm.)

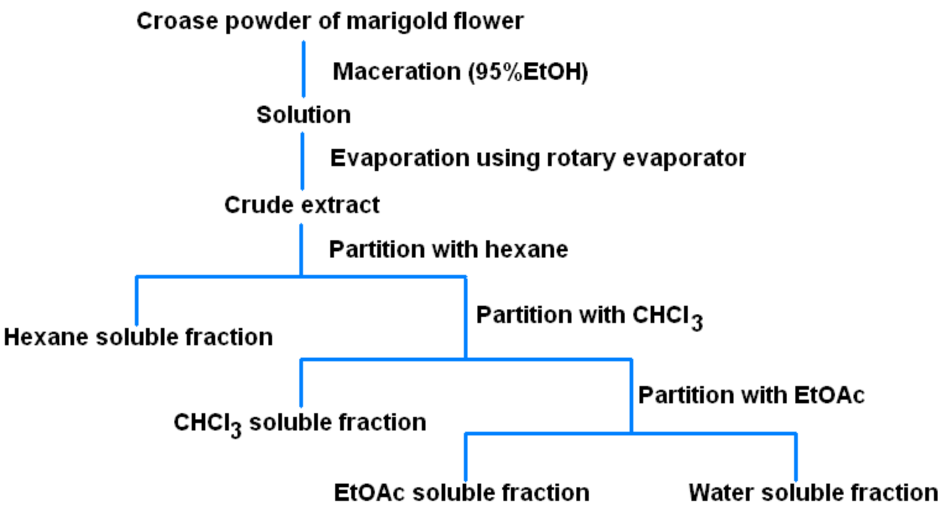


Figure 1 Diagram of extraction method

การพัฒนาสบู่ก้อนที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากดอกดาวเรือง

Development of Marigold Flower Extract Soap Bars

เปรมชัย เอี่ยมศิรินพกุล[1] จำรูญศรี พุ่มเพียน[2] ศรัณยา รพีอาภากุล[1] และ อรวรรณ นกสี[1]
Eamsirinopakhun, P.[1], Traithip, A.[2], Raphee-a-phakul, S.[1] and Noksri, O.[1]

Abstract

The objective of this research is to develop the soap formula containing marigold flower extract that showed antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The antimicrobial soap standard of the Thai Industrial Standard (TIS.29-2545) was used for quality control of the soap. Using agar diffusion method, the 95% ethanol crude extract, hexane, chloroform, ethyl acetate and water soluble fractions exhibited antibacterial activity against *S. aureus* with clear zone diameter of 16.15, 7.15, 11.00, 20.50 and 11.95 mm., respectively, and against *E. coli* with clear zone diameter of 8.65, 7.50, 8.35, 16.50 and 9.35 mm. respectively. Consequently, the ethyl acetate fraction, the highest antibacterial activity, was subjected to formulate soap. The ethyl acetate fraction was added into soap chip in the ratio range from 10:90, 20:80, 30:70 to 70:30. The results show that the lowest ratio between the extract and soap chip that pass TIS.29-2545 standard is 40:60.

Keywords: marigold, *Tagetes erecta*, TIS.29-2545, antimicrobial soap

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำสารสกัดดอกดาวเรือง (*Tagetes erecta*) ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* มาเตรียมเป็นสบู่ก้อน ตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ในหัวข้อสบู่ที่เติมสารระงับเชื้อ (มอก. 29-2545) การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดในการยับยั้งเชื้อด้วยวิธี agar diffusion พบว่าสารสกัดหยาบของดอกดาวเรืองด้วยสารละลาย 95% ethanol สารสกัดส่วนที่ละลายใน hexane, chloroform, ethyl acetate และน้ำ สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ clear zone เท่ากับ 16.15, 7.15, 11.00, 20.50 และ 11.95 มิลลิลิตรเมตร ตามลำดับ ในขณะที่เชื้อ *E. coli* ขนาดของ clear zone มีค่า 8.65, 7.50, 8.35, 16.50 และ 9.35 มิลลิลิตรเมตร ตามลำดับ ดังนั้นจึงนำสารสกัดส่วนที่ละลายใน ethyl acetate ซึ่งมีฤทธิ์สูงสุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิด มาเตรียมสบู่ก้อนโดยผสมกับ soap chip ในอัตราส่วนตั้งแต่ 10:90, 20:80, 30:70 จนถึงอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก และทำการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อพบว่าอัตราส่วนต่ำสุดที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับของ มอก. 29-2545 คือ การใช้สารสกัดร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก

คำสำคัญ: ดาวเรือง มอก.29-2545 สบู่ที่เติมสารระงับเชื้อ

คำนำ

ผิวหนังเป็นอวัยวะห่อหุ้มร่างกายที่ช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกโดยเฉพาะเชื้อโรค ซึ่งโดยปกติบนผิวหนังจะมีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ อาศัยอยู่ เช่น *Enterobacteriaceae*, *Candida* spp., *Staphylococcus aureus* และ *Streptococcus* spp. เป็นต้น ในช่วงที่ร่างกายอ่อนแอหรือเกิดบาดแผลที่บริเวณผิวหนัง เชื้อที่อาศัยอยู่บนผิวหนังเหล่านี้จึงสามารถที่จะเคลื่อนตัวผ่านชั้นผิวหนังเข้าสู่เนื้อเยื่อชั้นในไปยังกระแสเลือด และเกิดการแพร่กระจายของเชื้อไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายแล้วก่อให้เกิดโรคตามมา เช่น การเกิดตุ่มหนองที่ผิว โรคปอดบวม และการติดเชื้อที่กระดูกจาก *S. aureus*

[1] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 18/18 ถนนบางนา-ตราด กม.18 แขวงบางโฉลง เขตบางพลี สมุทรปราการ 10540
[1] Faculty of Pharmaceutical Sciences, Huachiew Chalermprakiet University, 18/18 Bangna-Trad k.m. 18, Bangplee district, Samut Prakarn 10540.
[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 18/18 ถนนบางนา-ตราด กม.18 แขวงบางโฉลง เขตบางพลี สมุทรปราการ 10540
[2] Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, 18/18 Bangna-Trad k.m. 18, Bangplee district, Samut Prakarn 10540.

(Siriwong และ Chukeatirote, 2009) การทำความสะอาดผิวด้วยผลิตภัณฑ์ที่มีสารระงับเชื้อเป็นวิธีการพื้นฐานที่ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการติดเชื้อได้ สารระงับเชื้อที่นิยมใช้กันมักเป็นสารเคมี เช่น chlorhexidine, ethyl alcohol และ triclosan ซึ่งเป็นสารระงับเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการขจัดเชื้อได้กว้างครอบคลุมเชื้อหลายชนิด แต่มักก่อให้เกิดปัญหาการระคายเคืองที่บรเวณผิวหนังที่สัมผัสกับสารและเชื้ออาจเกิดการดื้อต่อสารระงับเชื้อได้ในระยะยาว (Kamat และคณะ, 2008) ดังนั้นพืชสมุนไพรซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของสารระงับเชื้อที่ถูกใช้มาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพื่อป้องกันผิวหนังจากการติดเชื้อ ดาวเรืองเป็นพืชในสกุล *targetes* ของวงศ์ asteraceae ส่วนดอกมีสารสำคัญในกลุ่ม flavonoids, terpenoids และ essential oils ซึ่งมีรายงานว่ามีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั้งกลุ่มแกรมบวกและลบ (Rondon และคณะ, 2006) งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเพื่อหาส่วนสกัดที่ได้จากการสกัดดอกดาวเรืองที่มีความสามารถในการระงับเชื้อแกรมบวกและแกรมลบได้สูงสุด แล้วนำส่วนสกัดนั้นมาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์สบู่ก้อนที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

อุปกรณ์และวิธีการ

นำดอกดาวเรืองที่ซื้อจากปากคลองตลาดในช่วงปี พ.ศ. 2555 มาทำความสะอาดและอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาบดเป็นผงหยาบ จากนั้นสกัดจนหมดจดโดยวิธีการหมักด้วยสารละลาย 95% ethanol กรองเก็บสารละลายและระเหย ethanol ออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความดัน 175 มิลลิบาร์ นำสารสกัดหยาบที่ได้มาสกัดแยกส่วนด้วยตัวทำละลาย hexane, chloroform, ethyl acetate และ water ตามลำดับ (Figure 1) ทดสอบประสิทธิภาพของส่วนสกัดที่เตรียมได้ในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* (ATCC 6538) และ *E. coli* (ATCC 8739) ด้วยวิธี agar diffusion เปรียบเทียบผลการยับยั้งเชื้อของส่วนสกัดแต่ละชนิดโดยดูจากค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ clear zone (ทดลอง 3 ซ้ำ) เตรียมสบู่ก้อนที่มีส่วนผสมของสารสกัดเพื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ ด้วยการนำสารสกัดที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดสูงสุดมาผสมกับ soap chip ในอัตราส่วน 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40 และ 70:30 โดยน้ำหนัก แล้วทำการอัดขึ้นรูปเป็นก้อนสบู่ นำไปทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธีการเดียวกับการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัด โดยใช้สารละลาย 4%sodium sterate เป็นตัวควบคุม โดยเกณฑ์การประเมินผลของสบู่ที่เติมสารระงับเชื้อตาม มอก.29-2545 ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ zone of inhibition ของสบู่ก้อนต้องมีค่ามากกว่าของตัวควบคุมตั้งแต่ 2.0 มิลลิเมตร ขึ้นไป (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.29-2545, 2012)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบผลการยับยั้งเชื้อจาก ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ zone of inhibition ของสารสกัดหยาบดอกดาวเรืองและส่วนสกัดต่างๆ พบว่าผลการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ส่วนสกัด ethyl acetate > สารสกัดหยาบ > ส่วนสกัดน้ำ > chloroform > hexane สำหรับผลการยับยั้งเชื้อ *E. coli* เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ส่วนสกัด ethyl acetate > น้ำ > สารสกัดหยาบ > ส่วนสกัด chloroform > hexane ส่วนสกัดที่สามารถยับยั้งเชื้อทั้งสองชนิดได้มากที่สุด คือ ส่วนสกัด ethyl acetate โดยมีค่าเท่ากับ 20.50 ± 0.81 มิลลิเมตร (*S. aureus*) และ 16.50 ± 0.67 มิลลิเมตร (*E. coli*) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Ibrahim และคณะ, 2012) และงานวิจัยของ (Madhavan และคณะ, 2011)โดยมีสารออกฤทธิ์สำคัญเป็น patulitrin ซึ่งเป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม flavonoids เมื่อนำส่วนสกัด ethyl acetate มาเตรียมเป็นสบู่ก้อนโดยผสมกับ soap chip ในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าสบู่ก้อนที่มีส่วนผสมของส่วนสกัด ethyl acetate ตั้งแต่ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และผ่านตามเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.29-2545 ในขณะที่เชื้อ *E. coli* ต้องใช้ส่วนผสมของส่วนสกัด ethyl acetate ตั้งแต่ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก จึงจะผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

สรุปผล

สารสกัดดอกดาวเรืองในส่วนที่เป็นส่วนสกัด ethyl acetate ให้ผลในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ได้สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนสกัดจากตัวทำละลายชนิดอื่น และเมื่อนำไปผสมกับ soap chip เพื่ออัดขึ้นรูปเป็นสบู่ก้อน อัตราส่วน

ระหว่างส่วนสกัด ethyl acetate ต่อ soap chip ตั้งแต่ 40:60 ถึง 70:30 โดยน้ำหนัก มีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ zone of inhibition มากกว่าของตัวควบคุมเกิน 2.0 มิลลิเมตร ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.29-2545 ในหัวข้อสบู่ที่เติมสารระงับเชื้อ

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.29-2545, สบู่ถูตัว [สืบค้น], http://opac.tistr.or.th/Multimedia/Standards/TIS/TIS_/29-2545.pdf [July 9, 2012].

Ibrahim, M. and Kiranmai, M., 2012, Antibacterial Potential of Different Extracts of *Tagetes erecta* Linn., International Journal of PharmTech Research, 2: 90-96.

Kamat, S.D., Joshi, M.G. and Kamat, D.V., 2008, Evaluation of Herbal Handwash Formulation, Natural Product Radiance, 7: 413-415.

Madhavan, S. and Rhama, S., 2011, Antibacterial Activity of the Flavonoid, Patulitrin Isolated from the Flowers of *Tagetes erecta* L., International Journal of PharmTech Research, 3: 1407-1409.

Rondon, M., Velasco, J., Hernandez, J., Pecheneda, M., Rojas, J., Morales, A., Carmona, J. and Diaz, T., 2006, Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil of *Targetes patula* l. (Asteraceae) Collected from the Venezuela Andes, Revista Latinoamericana de Quimica, 34: 32-35.

Siriwong, N. and Chukeatirote, E., 2009, Antibiotic Resistance in *Staphylococcus aureus* and Controlling, Songklanagarind Medical Journal, 27: 347-358.

Table 1 The antibacterial activities of marigold flower extracts

Extracts	Mean diameter of zone of inhibition (mm.) ± S.D.	
	Staphylococcus aureus	*Escherichia coli*
Crude extract	16.15 ± 0.74	8.65 ± 0.51
Hexane soluble fraction	7.15 ± 0.29	7.50 ± 0.34
Chloroform soluble fraction	11.00 ± 0.73	8.35 ± 0.54
Ethyl acetate soluble fraction	20.50 ± 0.81	16.50 ± 0.67
Water soluble fraction	11.95 ± 0.52	9.35 ± 0.84

Table 2 The antibacterial activities of antimicrobial soaps containing marigold flower ethyl acetate soluble fraction

The ratio between ethyl acetate soluble fraction and soap chip	The different value between diameters of zone of inhibition of antimicrobial soap and of 4%sodium steate (mm.)	
	Staphylococcus aureus	*Escherichia coli*
10 : 90	< 0	< 0
20 : 80	< 0	< 0
30 : 70	8.50*	< 0
40 : 60	7.00*	11.70*
50 : 50	10.70*	18.50*
60 : 40	12.50*	19.40*
70 : 30	10.20*	12.30*

* Meet the requirement of TIS.29-2545 (the different value more than 2.00 mm.)

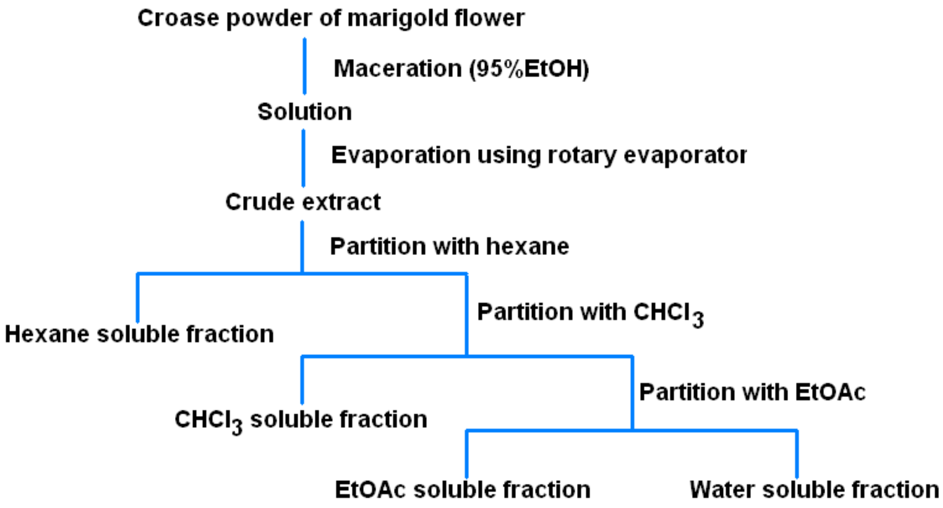


Figure 1 Diagram of extraction method

ผลของการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีต่อคุณลักษณะของเค้กไมโครเวฟ

Effect of Utilization of Purple Sweet Potato Flour as Wheat Flour Replacement on the Properties of Microwave Cake

ณัฏฐา สถิรรัตน์[1] จิณห์วรา เจริญพันธ์[1] และ อโนชา สุขสมบูรณ์[1]
Sattirarat, N.[1], Charoenphan, C.[1] and Suksomboon, A.[1]

Abstract

The objectives of this research were to determine the chemical properties and antioxidant activity of purple sweet potato flour and investigate the effect of utilization of purple sweet potato flour as wheat flour replacement on the properties of microwave cake. The results showed that purple sweet potato flour contained 2.00% protein, 3.06% ash, 0.75% crude fat, 3.03% crude fiber and 94.19% carbohydrate (% dry basis), 35.65 mg gallic acid/100 g of total phenolic content and 26.28 mg/ml of EC_{50}.The microwave cakes were prepared by using purple sweet potato as wheat flour replacement in the different ratio of purple sweet potato flour and wheat flour of 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0. The batter prepared from 0:100 of purple sweet potato flour and wheat flour showed the highest batter viscosity, but the 50:50 formula presented the lowest batter viscosity. The increasing of sweet potato flour substitution caused significantly ($p \leq 0.05$) cake volume decreased, L* decreased, a* increased, hardness increased and springiness decreased. The microwave cakes from sweet potato and wheat flour at ratio of 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0 received non significantly different ($p > 0.05$) of overall acceptance score of likeness compared with the microwave cake without purple sweet potato flour substitution (0:100).

Keywords: purple sweet potato, antioxidant, microwave cake

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของแป้งมันแป้งสีม่วง และศึกษาผลของการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อคุณลักษณะของเค้กไมโครเวฟ จากผลการทดลอง พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงปริมาณโปรตีน เถ้า ไขมัน เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 2.00, 3.06, 0.75, 3.03 และ 94.19 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 35.56 mg gallic acid/100 g และมีค่า EC_{50} เท่ากับ 26.28 mg/ml และเมื่อนำแป้งมันเทศสีม่วงไปทดแทนแป้งสาลีในส่วนผสมของเค้กไมโครเวฟ ในอัตราส่วนแป้งมันเทศสีม่วงต่อแป้งสาลี 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 และ 100:0 พบว่า แบตเตอร์ที่เตรียมจากแป้งมันเทศสีม่วงต่อแป้งสาลีในอัตราส่วน 0:100 มีความหนืดมากที่สุด ส่วนแบตเตอร์ที่เตรียมจากแป้งมันเทศสีม่วงต่อแป้งสาลีในอัตราส่วน 50:50 มีความหนืดต่ำที่สุด ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วง ทำให้เค้กไมโครเวฟมีปริมาตรลดลง มีค่า L* ลดลงแต่มีค่า a* เพิ่มขึ้น มีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น แต่มีค่าความยืดหยุ่นลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เค้กไมโครเวฟที่เตรียมจากแป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในทุกอัตราส่วน (25:75, 50:50, 75:25 และ 100:0) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมที่ไม่แตกต่างจากเค้กไมโครเวฟที่ไม่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลี (0:100) ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: มันเทศสีม่วง สารต้านอนุมูลอิสระ เค้กไมโครเวฟ

คำนำ

เค้กไมโครเวฟเป็นผลิตภัณฑ์แนวใหม่ เพื่อความสะดวกสบาย และรวดเร็ว องค์ประกอบส่วนใหญ่ของเค้กทำจากแป้งสาลี ซึ่งประเทศไทยต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ในขณะที่มันเทศเป็นพืชที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายภายในประเทศ โดยมันเทศสีม่วงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะสีม่วงของเนื้อมันเทศนั้น มีแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Saensuk, Muang, Chonburi, 20131

(Yang และ Gadi, 2008) จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำแป้งมันเทศสีม่วงมาเป็นส่วนผสมในเค้กทดแทนแป้งสาลี เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่สนใจอาหารสุขภาพ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของแป้งมันเทศสีม่วง รวมทั้งตรวจสอบผลของการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อคุณภาพของเค้กไมโครเวฟ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ** โดยนำมันเทศสีม่วงมาปอกเปลือก สไลด์เป็นแผ่นบางให้มีความหนา 1 มิลลิเมตร นำไปอบในเครื่องอบแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 5 ชั่วโมง โดยให้มีความชื้นประมาณ 6-7% จากนั้นนำไปบดในเครื่องบดของแห้ง แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช เก็บในถุงโพลีเอทิลีนที่อุณหภูมิ 10°C นำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน เส้นใยหยาบ คาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (1990) วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu Colorimetric Method ตามวิธีการของ (Yang และ Gadi 2008) วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) test เพื่อหาค่า EC_{50} ตามของ (Fan และคณะ, 2006)

2. **การตรวจสอบผลของการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของเค้กไมโครเวฟ** เตรียมผลิตภัณฑ์เค้กไมโครเวฟโดยแปรอัตราส่วนของแป้งมันเทศสีม่วงต่อแป้งสาลีเป็น 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 และ 100:0 จากสูตรมาตรฐาน (แป้งสาลี 100 กรัม น้ำตาลทราย 100 กรัม นมผง 6.5 กรัม เกลือ 2 กรัม ผงฟู 4 กรัม เนยละลาย 54 กรัม ไข่ไก่ 50 กรัม และน้ำ 58.5 กรัม) ตามสูตรที่ดัดแปลงจาก (อดิศักดิ์ และคณะ, 2539) โดยผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน วิเคราะห์ ความหนืดของแบตเตอร์โดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer จากนั้นนำแบตเตอร์น้ำหนัก 40 กรัม ลงในถ้วยกระดาษแล้วอบในเตาอบไมโครเวฟที่กำลังไฟ 800 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที วัดปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะของเค้กโดยการแทนที่เมล็ดงา วัดค่าสีของเนื้อเค้กโดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter lab) วัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyzer รายงานผลเป็นค่า Firmness และ Springiness และทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9 – point hedonic scale

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศสีม่วง พบว่า แป้งมันเทศสีม่วงประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมาคือ เถ้า เส้นใยหยาบ โปรตีน และไขมัน ตามลำดับ (Table 1) ทั้งนี้แป้งมันเทศสีม่วงมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 35 mg gallic acid/100g และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ คิดเป็นค่า EC_{50} เท่ากับ 26.28 mg/ml (Table 2) จากผลการวิจัย พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งมันเทศสีม่วงเป็น 0, 25 และ 50 ทำให้แบตเตอร์มีความหนืดลดลง (Table 3) เนื่องจากการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงทำให้ปริมาณโปรตีนกลูเตนซึ่งมีสมบัติในการดูดซับน้ำในส่วนผสมมีปริมาณลดลง จึงทำให้ความหนืดของแบตเตอร์ลดลง แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งมันเทศสีม่วงเป็น 75 และ 100 ทำให้ค่าความหนืดของแบตเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น (Table 3) ทั้งนี้เนื่องมาจาก ขั้นตอนการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วงต้องนำชิ้นมันเทศไปผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง อาจทำให้แป้งเกิดการเจลาทิไนซ์บางส่วน โดยแป้งพรีเจลาติไนซ์สามารถละลายได้ดีในน้ำเย็นหรือที่อุณหภูมิห้อง และให้ความหนืดได้ทันที (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) ดังนั้นการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงในระดับที่สูงมากในส่วนผสมจึงทำให้ความหนืดของแบตเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น จากผลการวิจัย พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศสีม่วงทำให้เค้กไมโครเวฟมีปริมาตรต่ำกว่าสูตรที่ใช้แป้งสาลีล้วน โดยเค้กจากแป้งมันเทศสีม่วงต่อแป้งสาลี 50:50 มีปริมาตรจำเพาะสูงที่สุดและไม่แตกต่างกับเค้กไมโครเวฟที่ใช้แป้งสาลีล้วน (Table 3) ทั้งนี้ (Takashima, 2005) รายงานว่าปริมาตรของเค้กมีความสัมพันธ์กับความหนืดของแบตเตอร์ โดยความหนืดของแบตเตอร์ควรมีค่าอยู่ในช่วง 100-300 Pa.sec หากค่าความหนืดของแบตเตอร์มีค่าต่ำหรือสูงกว่านี้จะทำให้เค้กมีปริมาตรต่ำ จึงอาจเป็นเหตุผลให้เค้กจากแป้งมันเทศสีม่วงต่อแป้งสาลี 50:50 มีปริมาตรสูงเนื่องจากมีค่าความหนืดเหมาะสม จากผลการทดลอง พบว่าเมื่ออัตราส่วนของแป้งมันเทศสีม่วงเพิ่มขึ้น ค่าความแน่นเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นและค่าความยืดหยุ่นลดลง เค้กไมโครเวฟที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงในอัตราส่วน 100 มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด และมีค่าความยืดหยุ่นต่ำที่สุด เนื่องจากแป้งมันเทศสีม่วงไม่มีกลูเตนเป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกับแป้งสาลี ซึ่งกลูเตนทำให้เค้กมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและยืดหยุ่น (อดิศักดิ์ และคณะ, 2539) จากผลการทดลอง พบว่า เมื่ออัตราส่วนของแป้งมันเทศสีม่วงเพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลง ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a*) เพิ่มขึ้น (Table 4) จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Table 5) พบว่า

เค้กทุกสูตรได้คะแนนการยอมรับในด้านกลิ่น ความนุ่ม และความชอบโดยรวมที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และพบว่า คะแนนการยอมรับด้านรสชาติของเค้กจากแป้งมันเทศสีม่วงต่อแป้งสาลีเป็น 0:100 25:75 50:50 และ 75:25 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จึงอาจกล่าวได้ว่าสามารถนำแป้งมันเทศสีม่วงมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในสูตรเค้กไมโครเวฟได้ถึง 75% ของน้ำหนักแป้ง โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบไม่แตกต่างจากสูตรที่ใช้แป้งสาลีล้วน

สรุปผล

แป้งมันเทศสีม่วงประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก และมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ การใช้แป้งมันเทศสีม่วงผสมกับแป้งสาลีมีผลต่อค่าความหนืดของแบตเตอร์ขึ้นอยู่กับปริมาณแป้งมันเทศที่ใช้ ทั้งนี้เมื่อผสมแป้งมันเทศสีม่วงมากขึ้นทำให้เค้กที่ได้มีปริมาตรลดลง มีเนื้อสัมผัสที่แน่นแข็งขึ้น และมีสีม่วงมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เราสามารถใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีได้ถึง 75% ของน้ำหนักแป้ง โดยที่ยังคงได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง (พิมพ์ครั้งที่ 3) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ ปาริชาติ จรุงจิตตานุสนธิ์ และ ศิวพร ศุภธาดาพงศ์, 2539, การใช้แป้งมันเทศทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการทำเค้ก (The use of sweet potato flour partially substituted of wheat flour for cake–making), วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 16(1): 65-71.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990, Official Method of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

Fan, L., Zhang, S., Yu, L. and Ma, L., 2006, Evaluation of Antioxidant Properties and Quality of Breads Contenting *Auricula polysaccharide* Flour, Food Chemistry, 101: 1158-1163.

Takashima, H., 2005, Sponge Cake Premix and Method of Manufacturing Sponge Cake by Using Said Premix, US patent No.6,88,448 B2.

Yang, J. and Gadi, R.L., 2008, Effect of Steaming and Dehydration on Anthocyanins, Antioxidant Activity, Total Phenols and Color Characteristics of Purple-fleshed Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas*), American Journal of Food Technology, 3(4): 224-234.

Table 1 Chemical compositions of purple sweet potato four

Sample	Moisture (%)	Ash (% db)	Protein (% db)	Crude fiber (% db)	Lipids (% db)	Carbohydrates (% db)
Purple sweet potato flour	4.97±0.05	3.06±0.02	2.00±0.01	3.03±0.84	0.75±0.59	94.19±0.35

Mean of duplicates

Table 2 Total phenolic content and antioxidant activity of purple sweet potato four

Sample	Total phenolic content (mg gallic acid/100g)	Antioxidant activity EC_{50} (mg/ml)
Purple sweet potato flour	35.56±9.46	26.28

Mean of duplicates

Table 3 Batter viscosity, specific volume, texture characteristics of microwave cake from different ratio of purple sweet potato flour: wheat flour

Purple sweet potato : wheat flour	Batter viscosity (Pa.sec)	Specific volume (cm^3/g)	Hardness (N)	Springiness (%)
0 : 100	271.93±5.69[a]	3.20±0.08[a]	2.00±0.07[b]	58.23±0.66[a]
25 : 75	131.10±1.28[c]	2.83±0.07[b]	1.96±0.15[b]	54.99±0.69[b]
50 : 50	99.98±0.03[e]	3.13±0.29[ab]	2.19±0.49[b]	54.43±0.89[b]
75 : 25	110.41±0.60[d]	2.37±0.03[c]	2.11±0.58[b]	47.37±0.38[c]
100 : 0	175.18±1.43[b]	2.50±0.11[c]	3.11±0.46[a]	45.28±0.65[d]

Mean of duplicates, [a,b,c,...] Values followed by different letters in each column are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 4 L*, a* and b* values of microwave cake from different ratio of purple sweet potato flour : wheat flour

Purple sweet potato : wheat flour	L*	a*	b*
0 : 100	73.01±1.61[a]	1.66±0.54[d]	24.02±1.33[a]
25 : 75	40.06±3.14[b]	6.54±0.13[c]	11.86±0.99[b]
50 : 50	30.39±2.32[c]	8.33±1.13[b]	10.72±0.76[c]
75 : 25	24.09±2.00[d]	9.75±0.76[a]	9.50±0.72[d]
100 : 0	19.70±1.30[e]	10.49±0.78[a]	7.84±0.38[e]

Mean of duplicates, [a,b,c,...] Values followed by different letters in each column are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 5 Sensory evaluation results of microwave cake from different ratio of purple sweet potato flour: wheat flour.

Purple sweet potato : wheat flour	Color	Odor [ns]	Taste	Softness [ns]	Overall acceptance [ns]
0:100	7.63±0.93[a]	6.87±1.11	7.07±1.06[a]	6.27±1.36	7.20±0.93
25:75	4.73±1.28[c]	6.30±1.08	6.80±1.05[a]	7.00±0.67	6.77±0.75
50:50	5.23±1.17[c]	6.23±1.28	6.53±1.16[ab]	6.70±0.80	6.80±0.97
75:25	6.50±0.90[b]	6.67±1.16	6.40±1.12[ab]	6.93±0.77	6.63±0.93
100: 0	7.13±1.45[ab]	6.67±1.33	6.03±1.50[b]	6.53±1.29	6.53±1.40

Mean of duplicates, [a,b,c,...] Values followed by different letters in each column are significantly different ($p \leq 0.05$).

[ns] Non significantly different ($p \geq 0.05$)

การศึกษาขั้นต้นการผลิตไวน์จากตะขบผสมน้ำอ้อย

Preliminary Study of Wine Making from Calabura Fruits Containing Sugarcane Juice

ชนินทร์ อัครปัญญาวิทย์[1] สถิตพงศ์ ผลาเกษ[1] และ อรสา สุริยาพันธ์[1]

Aukkarapanyawit, C.[1], Palaket, S.[1] and Suriyaphan, O.[1]

Abstract

The aim of this research was to determine effects of sugarcane juice (SJ, pH 5.03, 19.4°Brix, 0.15% TA) on wine production from wild calabura fruits (*Muntingia calabura* L.). The ripen calabura fruits were harvested in Saensook district and kept at -20°C until further used (within 3 months). Frozen calabura fruits were thawed at 4°C overnight prior to juice extraction. The skins of calabura fruits were removed during manually pressing crushed fruits to extract juice. The calabura juice (CJ, pH 5.89, 16.1°Brix, 0.10% TA) contained high amount of tiny seeds and fruit pulp. CJ was then mixed with SJ at 3 different ratios (100:0, 80:20 and 60:40 by wt.). In order to optimize fermentation, all mix juice was adjusted to 20°Brix and pH 3.3-3.4 by adding sucrose and 10% tartaric acid. KMS (150 ppm) was also added in juice to destroy wild microorganism. Pectinase (1000 ppm) was used to facilitate separation of calabura seeds from juice. After 24 hours aging at room temperature (30-35°C), all juice was filtered through sterile cheese clothes and inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* (TISTR 5918 Burgundy) to obtain initial load of 10^5-10^6 cells/mL. The wine fermentation was performed for 7 days at room temperature. Total soluble solid, alcohol content, and population of yeast of calabura wine with and without SJ were determined daily. The results indicated that the presence of SJ (up to 40%) did not demonstrated adverse effect on activities and growth of yeast during wine production from CJ. The final counts of yeast population in wine were 10^8-10^9 CFU/mL. The obtained calabura wine with and without SJ possessed light brown color with weak fruity note and contained 9.77-10.11% alcohol, 7.1-7.3°Brix, 0.66-0.72% TA and pH 3.44-3.52.

Keywords: calabura fruit, sugarcane juice, wine

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำอ้อยในการหมักไวน์จากผลตะขบคละพันธุ์ (*Muntingia calabura* L.) เก็บผลตะขบสุกในตำบลแสนสุข แช่แข็งที่ -20°C (ไม่เกิน 3 เดือน) คั้นน้ำตะขบจากผลตะขบที่ผ่านการคลายเย็น (4°C ,1 คืน) ด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบมือเพื่อแยกเปลือกออก ได้น้ำตะขบที่เป็นของเหลวผสมระหว่างน้ำ เนื้อ และเมล็ดขนาดเล็ก มี pH 5.89,16.1°Brix, และค่ากรด 0.15% น้ำอ้อยมี pH 5.03, 19.4°Brix, และค่ากรด 0.10% ผสมน้ำตะขบกับน้ำอ้อย 3 อัตราส่วน คือ 100:0, 80:20 และ 60:40 โดยน้ำหนักน้ำตะขบต่อน้ำอ้อย จากนั้นปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำเป็น 20°Brix และ pH เป็น 3.3-3.4 ด้วยน้ำตาลทรายและกรดทาร์ทาริกเข้มข้น 10% เติม KMS (150 ppm) เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตามธรรมชาติ และเติมเพคติเนส (1,000 ppm) เพื่อช่วยในการแยกเนื้อและเม็ดตะขบ เก็บน้ำผลไม้ที่อุณหภูมิห้อง (30-35°C) เป็นเวลา 24 ชม. กรองผ่านผ้าขาวบางที่ปลอดเชื้อเพื่อแยกเนื้อและเม็ดตะขบออก เติม *Saccharomyces cerevisiae* (TISTR 5918 Burgundy) ให้มีจำนวนยีสต์เริ่มต้น 10^5-10^6 cells/mL และหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน ตรวจสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาทุกวัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการผสมน้ำอ้อยในน้ำตะขบ(ในปริมาณถึง 40%) ไม่มีผลกระทบด้านลบต่อกิจกรรมและการเจริญของยีสต์ในระหว่างการหมักไวน์ โดยมีจำนวนเชื้อยีสต์อยู่ในช่วง 10^8-10^9 CFU/mL ไวน์ตะขบและไวน์ตะขบผสมน้ำอ้อยที่หมักได้มีสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นผลไม้อ่อนๆ ปริมาณแอลกอฮอล์ 9.77-10.11% ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7.1-7.3°Brix ค่ากรด 0.66-0.72% และ pH 3.44-3.52

คำสำคัญ: ผลตะขบ น้ำอ้อย ไวน์

[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

คำนำ

ตะขบ (*Muntingia calabura* L.) เป็นพืชที่พบได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคอีสานและภาคกลางตอนล่าง ผลตะขบเป็นผลไม้พื้นเมืองที่มีศักยภาพในการมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าเนื่องจากมีตลอดทั้งปี ผลตะขบมีระยะการเก็บเกี่ยวผลสั้นและเมื่อผลตะขบสุกแล้วการเน่าเสียเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ผลตะขบสุกมีกลิ่นรสหอมหวานเฉพาะตัวและมีปริมาณน้ำตาลสูง ทำให้มีความเหมาะสมเป็นวัตถุดิบในการผลิตไวน์ผลไม้ น้ำอ้อยเป็นน้ำผลไม้ที่มีราคาถูกและมีปริมาณน้ำตาลสูง การใช้น้ำอ้อยผสมน้ำตะขบคาดว่าสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตไวน์ตะขบได้ และเป็นแนวทางหนึ่งการเพิ่มมูลค่าของน้ำอ้อยให้สูงขึ้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือ ศึกษาผลของปริมาณน้ำอ้อยต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาในน้ำตะขบหมักระหว่างการหมักไวน์ที่อุณหภูมิห้อง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมกล้าเชื้อ

ล้างผลตะขบสุก ก่อนบีบแยกเปลือกตะขบออกด้วยเครื่องบีบน้ำผลไม้แบบมือ ได้เป็นของเหลวที่มีเนื้อและเมล็ดตะขบผสมอยู่ เติมไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP) 0.2 กรัมต่อกิโลกรัมของเหลว ปรับpHเป็น 3.3–3.4 ด้วยกรดทาร์ทาริกเข้มข้น 10% จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121°C นาน 15 นาที เมื่อเย็นตัวลง กรองเนื้อและเมล็ดตะขบออกด้วยผ้าขาวบางที่ปลอดเชื้อเขี่ยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (TISTR 5918 Burgundy) 5 โคโลนี ลงในน้ำตะขบ 500 กรัม วางขวดในเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้อง (30–35°C) ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ได้จำนวนเฉลี่ยยีสต์ 7-8 log CFU/mL

การเตรียมน้ำหมักจากผลตะขบ

ปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ให้ของน้ำตะขบ(ที่ปรับให้มีค่าพีเอช 3.3–3.4) เป็น 20°Brix ด้วยน้ำตาลทราย เพื่อให้ปริมาณแอลกอฮอล์ของไวน์ที่หมักได้อยู่ในช่วง 10-15% (v/v) เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (KMS) 150 ppm เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำตะขบ เติมเอนไซม์เพคติเนส 1,000 ppm เพื่อช่วยในการแยกเนื้อและเมล็ดตะขบออก (ศุภศิลป์ และคณะ, 2550) เก็บที่อุณหภูมิห้อง 1 คืน กรองเนื้อและเมล็ดตะขบออกด้วยผ้าขาวบางที่ปลอดเชื้อแล้ว ได้เป็นน้ำหมักบรรจุลงในฟลาสก์ที่ปลอดเชื้อขนาด 2 ลิตร

การเตรียมน้ำหมักจากน้ำตะขบผสมน้ำอ้อย

การเตรียมเหมือนวิธีการเตรียมน้ำหมักจากผลตะขบ แต่มีการเติมน้ำอ้อยลงไปในอัตราส่วนของเหลวผสมต่อน้ำอ้อย 80:20 และ 60:40 โดยน้ำหนัก ก่อนขั้นตอนการปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ 20°Brix

วิธีการหมัก

เติมกล้าเชื้อลงในน้ำหมัก ให้มีจำนวนยีสต์เริ่มต้น 5-6 log CFU/mL บ่มน้ำหมักที่อุณหภูมิห้อง (30-35°C) นาน 7 วัน เก็บตัวอย่างน้ำหมักทุกวัน วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%TSS) และ ค่า pH, วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (%TA) โดยการไทเทรตด้วย 0.1 N NaOH, วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ ด้วยเครื่องebulliometer และ ตรวจนับจำนวนประชากรยีสต์ด้วยการ spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด PDA

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

น้ำตะขบและน้ำอ้อยมีปริมาณกรดทั้งหมดใกล้เคียงกัน (0.10-0.15 g/100mL)(Table 1) ทั้งนี้น้ำตะขบมีสีน้ำตาลอ่อน น้ำอ้อยมีสีเหลืองทอง น้ำผลไม้ทั้งสองมีความเหมาะสมในการผลิตไวน์เนื่องจากมีน้ำตาลในปริมาณสูง (16.1-19.4°Brix) เมื่อเปรียบเทียบการหมักไวน์จากน้ำตะขบกับการหมักไวน์จากน้ำตะขบผสมน้ำอ้อยพบว่าในช่วงแรกของการหมัก (วันที่ 0-2) ไวน์ที่ทำจากน้ำตะขบผสมน้ำอ้อยมีการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยของปริมาณแอลกอฮอล์มากกว่าไวน์จากน้ำตะขบ 0.72% (v/v) (Table 2) และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำอ้อยขึ้นพบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้ก็มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (Table 3) โดยไวน์ที่ทำจากน้ำตะขบผสมน้ำอ้อยมีการลดลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากกว่าไวน์ที่ทำจากน้ำตะขบ 1.3°Brix แสดงให้เห็นว่ายีสต์สามารถนำน้ำตาลที่มีอยู่ในน้ำอ้อยไปใช้ได้เร็วกว่าน้ำตาลที่มีอยู่ในน้ำตะขบอย่างมีนัยสำคัญในวันที่หนึ่ง ($p<0.05$) หลังจากวันที่ 2 ของการหมัก ปริมาณแอลกอฮอล์ของไวน์

ทุกตัวอย่างมีแนวโน้มคงที่อยู่ที่ 9.12 ถึง 10.33% (v/v) และในวันสุดท้ายของการหมัก (วันที่ 7) ไวน์ที่ทำจากน้ำตะขบผสมน้ำอ้อยในอัตราส่วน 80:20 มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดคือ 10.11% (v/v) ทั้งนี้ ในการวิจัยครั้งนี้ไม่พบการลดลงของปริมาณแอลกอฮอล์ ($p<0.05$) และการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรด ที่เป็นแสดงของการเปลี่ยนแปลงที่ไม่พึงประสงค์

หลังจากใส่กล้าเชื้อยีสต์ที่อยู่ในระยะเจริญ (log phase) ลงไปในน้ำหมักให้ได้ 5-6 log CFU/mL พบว่าในวันที่ 0 น้ำหมักมีประชากรยีสต์เริ่มต้นที่ 6 log CFU/mL และเพิ่มขึ้น 1 ถึง 2 log CFU/mL ในวันที่ 1 (Table 4) เจริญ เจริญชัย (2553) รายงานว่ายีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* จะเจริญได้ดีในวันที่ 0-4 วันแรกของการหมัก และค่อยๆลดลงหลังวันที่ 4 โดยไวน์ตะขบที่มีส่วนผสมของน้ำอ้อยมีประชากรยีสต์เพิ่มขึ้นถึง 8 log CFU/mL ได้เร็วกว่าไวน์ที่ทำจากน้ำตะขบเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับการลดลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอลกอฮอล์ หลังจากที่เชื้อยีสต์เจริญจนมีประชากรถึง 8 log CFU/mL แล้วพบว่า ประชากรยีสต์ของทุกตัวอย่างเริ่มมีแนวโน้มคงที่อยู่ที่ 8 log CFU/mL แสดงให้เห็นว่าการเจริญของยีสต์อยู่ในระยะคงที่ (stationary phase) เนื่องจากการเจริญหรือการแบ่งเซลล์เริ่มลดลง ทำให้จำนวนเซลล์รวมค่อนข้างคงที่ เซลล์ยีสต์เริ่มตกตะกอนมากขึ้น และแอลกอฮอล์จะเพิ่มจนสูงสุด (โชคชัย และคณะ, 2546)

ไวน์ที่ทำจากน้ำตะขบและน้ำตะขบผสมน้ำอ้อยทุกอัตราส่วนมีค่า pH แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยค่า pH ลดลงอย่างรวดในวันที่ 1 เนื่องจากในช่วงแรกๆ ของการหมักเชื้อยีสต์มีการเจริญอย่างรวดเร็ว เป็นผลทำให้เกิดกรดอะซิติก, กรดแลคติก และกรดซักซินิก ที่เป็นผลพลอยได้จากการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ของยีสต์ (เทพอำนวย และ พุทธพล, 2553) หลังจากนั้นค่า pH ค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ณ วันที่ 7 ของการหมักไวน์พบว่าค่า pH ของไวน์ที่ทำจากน้ำตะขบและน้ำตะขบผสมน้ำอ้อยมีค่าสูงกว่าค่า pH เริ่มต้น ($p>0.05$) ค่า pH ของไวน์ที่ทำจากน้ำตะขบและน้ำตะขบผสมน้ำอ้อยอยู่ในช่วง 3.44 – 3.52 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของไวน์ที่ทำจากน้ำตะขบและน้ำตะขบผสมน้ำอ้อยอยู่ในช่วง 0.66 – 0.72 g citric acid/100mL

Table 1 Total soluble solid, pH and acidity of calabura juice and sugarcane juice

สมบัติทางเคมี	Mean±Standard deviation	
	Calabura juice	Sugarcane juice
Total soluble solid (°Brix)	16.1 ± 0.6	19.4 ± 1.8
pH	5.89 ± 0.18	5.03 ± 0.10
Titratable acidity (g citric acid/100ml)	0.15 ± 0.01	0.10 ± 0.08

Table 2 Alcohol content of calabura wine without and with sugarcane juice during fermentation at room temperature for 7 days

Fermentation Time (day)	Alcohol content (% v/v)		
	Calabura Juice: Sugarcane Juice		
	100 : 0	80 : 20	60 : 40
0	0.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{a}
1	5.08 ± 1.20^{a}	6.50 ± 2.08^{a}	6.85 ± 0.78^{a}
2	8.96 ± 0.88^{a}	9.24 ± 0.51^{a}	9.68 ± 0.41^{a}
3	9.52 ± 0.39^{a}	9.88 ± 0.38^{b}	9.12 ± 0.23^{a}
4	9.63 ± 0.70^{a}	10.17 ± 0.56^{a}	9.94 ± 0.25^{a}
5	9.73 ± 0.60^{a}	10.15 ± 0.40^{a}	9.81 ± 0.11^{a}
6	9.99 ± 0.56^{a}	10.33 ± 0.38^{a}	9.96 ± 0.71^{a}
7	9.77 ± 0.19^{a}	10.11 ± 0.26^{a}	9.78 ± 0.40^{a}

[a-b] Significant differences within values in the same row are indicated by different letter ($p<0.05$)

Table 3 Total soluble solid of calabura wine without and with sugarcane juice during fermentation at room temperature for 7 days

Fermentation Time (Day)	Total Soluble Solid (°Brix)		
	Calabura Juice: Sugarcane Juice		
	100 : 0	80 : 20	60 : 40
0	20.3 ± 0.3 [a]	20.3 ± 0.7 [a]	19.6 ± 0.6 [a]
1	13.6 ± 1.1 [a]	12.1 ± 2.1 [a,b]	10.3 ± 1.0 [b]
2	8.0 ± 1.3 [a]	7.9 ± 0.6 [a]	6.7 ± 0.3 [a]
3	7.2 ± 0.1 [a]	7.2 ± 0.0 [a]	6.6 ± 0.5 [a]
4	7.2 ± 0.1 [a]	7.1 ± 0.1 [a]	7.1 ± 0.1 [a]
5	7.2 ± 0.2 [a]	7.1 ± 0.1 [a]	7.1 ± 0.1 [a]
6	7.4 ± 0.1 [a]	7.3 ± 0.3 [a]	7.1 ± 0.1 [a]
7	7.3 ± 0.1 [a]	7.2 ± 0.3 [a]	7.1 ± 0.1 [a]

[a-b] Significant differences within values in the same row are indicated by different letter ($p<0.05$)

Table 4 Population of yeast of calabura wine without and with sugarcane juice during fermentation at room temperature for 7 days

Fermentation Time (Day)	Yeast count (log CFU/mL)		
	Calabura Juice: Sugarcane Juice		
	100 : 0	80 : 20	60 : 40
0	6.70	6.55	6.96
1	7.97	8.04	7.76
2	7.97	8.02	7.90
3	7.73	7.94	8.04
4	7.74	8.01	7.71
5	7.97	8.10	8.06
6	8.12	8.06	7.97
7	8.49	8.26	8.34

สรุปผล

การผสมน้ำอ้อยในน้ำตะขบ (ในปริมาณถึง 40%) ไม่มีผลกระทบด้านลบต่อกิจกรรมและการเจริญของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (TISTR 5918 Burgundy)ในระหว่างการหมักไวน์ที่อุณหภูมิห้อง โดยไวน์ที่ได้มีจำนวนเชื้อยีสต์อยู่ในช่วง 10^8-10^9 CFU/mL ไวน์ตะขบและไวน์ตะขบผสมน้ำอ้อยที่หมักได้มีสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นผลไม้อ่อนๆ มีปริมาณแอลกอฮอล์ 9.77-10.11% ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7.1-7.3°Brix ค่ากรด 0.66-0.72% และ pH 3.44-3.52

เอกสารอ้างอิง

เจริญ เจริญชัย, 2553, ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของยีสต์ [สืบค้น], http://surathai.wordpress.com/2010/06/12/factors/ [27/ May /12].

โชคชัย วนภู นันทกร บุญเกิด และ ลำไพร ดิษฐวิบูลย์, 2546, คนทำไวน์, สมบูรณ์ พริ้นติ้ง, นครราชสีมา.

เทพอำนวย ชื่นมุนีวงศ์ และ พุทธพล วสันตดิลก, 2533, การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์เชื้อเพลิง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเคมี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศุภศิลป์ มณีรัตน์ วาสนา มู่สา และ อรัญ หันพงศ์กิตติกูล, 2550, การเปรียบเทียบการทำไวน์ผลไม้ให้ใสโดยใช้เอนไซม์เพคติเนสกับวิธีอื่นๆ, สาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา, สถาบันวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

การศึกษาประสิทธิภาพของการย่อยมันเส้นด้วยสารเคมี

Comparatively Study of Cassava Chip Digestion by Chemical Reagents

ปริญญพันธุ์ เพชรจรัส[1] เมทินี วสุนธราวัฒน์[1] และ อรรจนา ด้วงแพง[1]

Phetcharat, P.[1], Wasoontharawat, M.[1] and Duangpaeng, A.[1]

Abstract

The study on optimal condition for cassava chip digestion by varying concentrations of sulfuric acid and sodium hydroxide 0-5% v/v and concentration of cassava chip 15-35% (w/v). Digestion methods were compared between cook and stirring at 98°C for 30 min and steaming with a pressure of 15 lb/in^2 at 121°C for 30 min. The results showed that the reducing sugar content increased when the concentration of cassava, sulfuric acid and sodium hydroxide increased. The digestion method of cook-stirring produced reducing sugar and higher than that was produced by steaming method. The concentration of cassava chip 15% w/v and sodium hydroxide 2% v/v and cook-stirring at 98°C for 30 min was the most optimal condition to digest cassava and produce the highest reducing sugar in 1,750 µg/ml.

Keywords: cassava chip, digestion

บทคัดย่อ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยมันเส้นด้วยกรดซัลฟูริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยการแปรผันความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0-5% (v/v) ความเข้มข้นของมันเส้น 15-35% (w/v) และทำการย่อยด้วยวิธีวิธีการต้มและกวนที่อุณหภูมิ 98°C เป็นเวลา 30 นาที และวิธีการนึ่งด้วยความดันไอน้ำที่ความดัน 15 lb/in^2 อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที พบว่า น้ำตาลรีดิวซ์มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของมันเส้น กรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ น้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากวิธีการต้มกวนมีปริมาณมากกว่าวิธีการนึ่งด้วยความดันไอน้ำ ส่วนสภาวะการย่อยมันเส้นที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำเชื่อมด้วยสารเคมี คือ การย่อยมันเส้น 15% (w/v) ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% (v/v) โดยวิธีการต้มและกวนซึ่งให้ค่าน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 1,750 µg/ml

คำสำคัญ: การย่อย มันเส้น

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นผลผลิตทางการเกษตรของไทยที่มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และยังนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล เนื่องจากมันสำปะหลังมีแป้งเป็นองค์ประกอบร้อยละ 56 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งแป้งจะถูกย่อยให้เป็นน้ำเชื่อมโดยใช้สารเคมีหรือเอนไซม์ จากนั้นหมักน้ำเชื่อมเป็นแอลกอฮอล์โดยอาศัยการทำงานของเซลล์ยีสต์ มีรายงานพบว่า เมื่อใช้กรดในการย่อย สามารถย่อยกากมันสำปะหลังได้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ 39.02% โดยน้ำหนัก (ชลดา, 2546) และเมื่อใช้เอนไซม์ในการย่อยกากมันสำปะหลัง พบว่า เมื่อย่อยกากมันสำปะหลัง 1 กรัม ด้วยเอนไซม์เพคตินเนสและกลูโคอะไมเลสสามารถผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ได้สูงสุด เท่ากับ 16.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (พรรณทิพย์, 2539) ดังนั้น การนำมันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเอทานอลจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้น การผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบทางการเกษตรของประเทศไทย เช่น อ้อยและมันสำปะหลัง ยังนับว่าเป็นการสร้างเสถียรภาพของราคาผลิตผลทางการเกษตรของประเทศ ซึ่งจะมีส่วนช่วยเสริมสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจให้กับเกษตรกรอีกด้วย (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2552) คณะผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยมันสำปะหลังเส้นด้วยสารเคมี เพื่อเป็นแนวทางในผลิตน้ำเชื่อมเพื่อเป็นวัตถุดิบในการหมักเอทานอลต่อไป

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

[1] Udon Thani Rajabhat University 64 Tahand Road, Tambon Makkhaeng, Muang District, Udon Thani 41000

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยมันเส้นด้วยกรดซัลฟิวริกโดยวิธีต้มและกวน

1.1 ศึกษาสภาวะการย่อยมันเส้นด้วยกรดซัลฟิวริกโดยวิธีต้มและกวน

ทำการย่อยมันเส้น 35 กรัม ด้วยกรดซัลฟิวริกปริมาตร 100 มล. โดยใช้ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5% โดยปริมาตร ตามลำดับ ทำการต้ม-กวน ที่อุณหภูมิ 98°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นใช้ผ้าขาวบางกรองเอาเฉพาะน้ำที่ย่อยได้ นำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ด้วยวิธี DNS

1.2 ศึกษาความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่เหมาะสมต่อการย่อยมันเส้นโดยวิธีต้มและกวน

ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 โดยใช้ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกเป็น 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1% โดยปริมาตร

1.3 ศึกษาความเข้มข้นของมันเส้นที่เหมาะสมต่อการย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกโดยวิธีต้ม-กวน

แปรผันน้ำหนักของมันเส้น โดยชั่งมันเส้นมา 15, 20, 25, 30 และ 35 กรัม ทำการย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.6% โดยปริมาตร แล้วทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1.2

2. การศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยมันเส้นด้วยกรดซัลฟิวริกโดยวิธีการนึ่งด้วยความดันไอน้ำ

2.1 ศึกษาสภาวะการย่อยมันเส้นด้วยกรดซัลฟิวริกโดยวิธีต้ม-กวน

ทำการย่อยมันเส้น 35 กรัม ด้วยกรดซัลฟิวริกปริมาตร 100 มล. โดยใช้ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5% โดยปริมาตร ตามลำดับ นำไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้นใช้ผ้าขาวบางกรองเอาเฉพาะน้ำที่ย่อยได้ นำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ด้วยวิธี DNS

2.2 ศึกษาความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่เหมาะสมต่อการย่อยมันเส้นด้วยวิธีการนึ่งด้วยความดันไอน้ำ

ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 4 โดยใช้ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกเป็น 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1% โดยปริมาตร

3. การศึกษาประสิทธิภาพในการการย่อยมันเส้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยวิธีการต้มและกวน

3.1 ศึกษาสภาวะการย่อยมันเส้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยวิธีการต้มและกวน

ทำการย่อยมันเส้น 35 กรัม ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาตร 100 มล. โดยใช้ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5% โดยปริมาตร ตามลำดับ ทำการต้ม-กวน ที่อุณหภูมิ 98°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นใช้ผ้าขาวบางกรองเอาเฉพาะน้ำที่ย่อยได้ นำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ด้วยวิธี DNS

3.2 ศึกษาความเข้มข้นของมันเส้นที่เหมาะสมต่อการย่อยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์โดย วิธีการต้มและกวน

ชั่งมันเส้นมา 15, 20, 25, 30 และ 35 กรัม ทำการย่อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 100 มล. ความเข้มข้น 0.6% โดยปริมาตร แล้วทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.1

4. การศึกษาความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อการย่อยมันเส้นโดยวิธีการนึ่งด้วยความดันไอน้ำ

ทำการย่อยมันเส้น 35 กรัม ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาตร 100 มล. โดยใช้ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5% โดยปริมาตร ตามลำดับ นำไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้นใช้ผ้าขาวบางกรองเอาเฉพาะน้ำที่ย่อยได้ นำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ด้วยวิธี DNS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยมันเส้นด้วยกรดซัลฟิวริก

จากการย่อยมันเส้นความเข้มข้น 35% น้ำหนักต่อปริมาตร ด้วยการแปรผันความเข้มกรดซัลฟิวริกให้มีระดับความเข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 2, 3, 4 และ 5% โดยปริมาตร ต้มและกวนที่อุณหภูมิ 98°C เป็นเวลา 30 นาที เมื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในน้ำเชื่อมด้วยวิธี DNS พบว่า ตัวอย่างน้ำเชื่อมมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 1,360, 1,470, 1,550, 1,560, 1,070, 300, 140, 130, 127 และ 100 μg/ml ตามลำดับความเข้มข้นของกรด (Figure 1) โดยความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่เหมาะสมต่อการย่อยมันเส้นด้วยวิธีการต้มและกวน คือ 0.6% โดยปริมาตร ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้สูงสุดเท่ากับ 1,560 μg/ml

ผลการศึกษาความเข้มข้นของมันเส้นที่เหมาะสมต่อการย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกโดยวิธีต้มและกวน พบว่า ความเข้มข้นของมันเส้นที่เหมาะสมต่อการย่อย คือ 35% น้ำหนักต่อปริมาตร โดยวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 1,610 μg/ml ในขณะที่ผลการย่อยมันเส้นด้วยกรดโดยวิธีการนึ่งด้วยความดันไอน้ำ พบว่า ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกที่เหมาะสมต่อการย่อยมันเส้นด้วยวิธีนี้ คือ 0.6% โดยปริมาตร สามารถวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้สูงสุด 1,380 μg/ml (Figure 1)

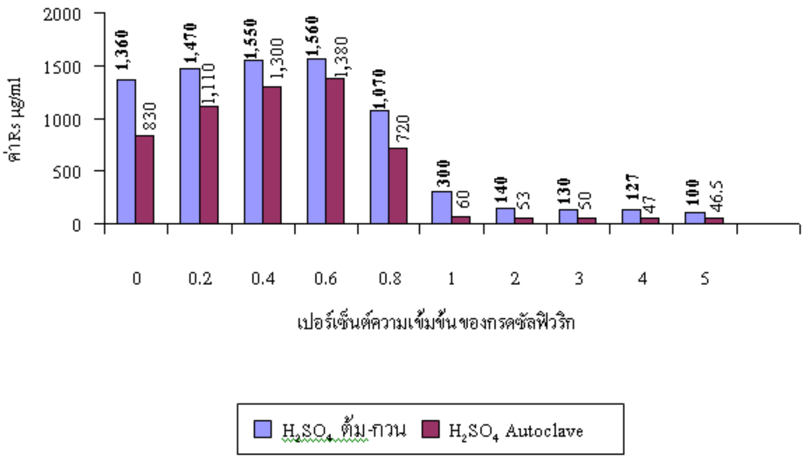


Figure 1 Efficiency of 35% w/v cassava chip digestion by sulfuric acid

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยมันเส้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

จากการย่อยมันเส้นความเข้มข้น 35% น้ำหนักต่อปริมาตร ด้วยการแปรผันความเข้มสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้มีระดับความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5% โดยปริมาตร ต้มและกวนที่อุณหภูมิ 98°C เป็นเวลา 30 นาที เมื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในน้ำเชื่อมด้วยวิธี DNS พบว่า ตัวอย่างน้ำเชื่อมมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 660, 1,370, 1,750, 1,540, 1,380 และ 1,375 μg/ml ตามลำดับความเข้มข้นของสารละลายต่าง (Figure 2) โดยความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมต่อการย่อยมันเส้นด้วยวิธีการต้มและกวน คือ 2% (v/v) ได้น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด 1,750 μg/ml (Figure 1)

ผลการศึกษาความเข้มข้นของมันเส้นที่เหมาะสมต่อการย่อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยวิธีต้มและกวน พบว่า ความเข้มข้นของมันเส้นความเข้มข้น 35% น้ำหนักต่อปริมาตร มีความเหมาะสมต่อการย่อยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% โดยปริมาตร มากที่สุด สามารถวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้สูงสุด 1,760 μg/ml ในขณะที่ผลการย่อยมันเส้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยวิธีการนึ่งด้วยความดันไอน้ำ พบว่า ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่เหมาะสมต่อการย่อยมันเส้นด้วยวิธีนี้ คือ 2% โดยปริมาตร สามารถวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้สูงสุด 1,660 μg/ml (Figure 2)

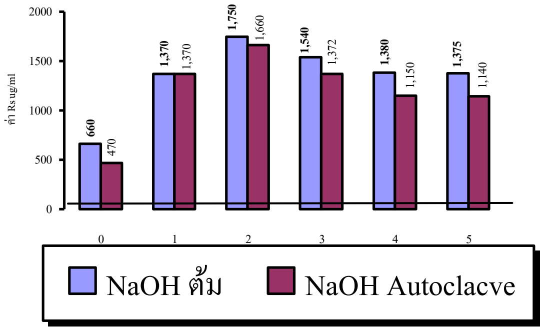


Figure 2 Efficiency of 35% w/v cassava chip digestion by sodium hydroxide

สรุปผล

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยแป้งในมันเส้นให้เป็นน้ำเชื่อมด้วยกรดซัลฟิวริกและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยวิธีการต้มและกวนที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 30 นาที และวิธีการนึ่งด้วยความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 30 นาที พบว่า การย่อยมันเส้นด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.6% โดยปริมาตร โดยวิธีการต้มและกวน โดยใช้ความเข้มข้นของมันเส้น 35% น้ำหนักต่อปริมาตร สามารถวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้สูงสุด 1,560 μg/ml ซึ่งสูงกว่าการย่อยมันเส้นด้วยกรดซัลฟิวริกโดยวิธีการการนึ่งด้วยความดันไอน้ำ สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยมันเส้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่า การใช้มันเส้น 35% น้ำหนักต่อปริมาตร แล้วนำมาย่อยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2% โดยปริมาตร ด้วยวิธีการต้มและกวนได้น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด 1,760 μg/ml ซึ่งสูงกว่าการย่อยมันเส้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยวิธีการนึ่งด้วยความดันไอน้ำ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิของหม้อนึ่งความดันไอที่สูงถึง 121°C และใช้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อาจยับยั้งความสามารถในการสลายโมเลกุลของแป้งให้เป็นน้ำตาล ในขณะที่การย่อยด้วยกรดทำให้องค์ประกอบในเม็ดแป้งมีขนาดโมเลกุลเล็กลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระยะเวลาในการย่อยนานขึ้น นอกจากนี้การย่อยแป้งด้วยกรดเป็นระยะเวลานานขึ้น ทำให้แป้งมันสำปะหลังมีค่ากำลังการพองตัวต่ำลง ในขณะที่มีความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น จึงมีผลต่อการเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้มากขึ้นด้วย (ปฐมา และคณะ, 2553)

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง ประจำปี 2552 [สืบค้น], http://boc.dip.go.th/download/report5.pdf?ml=5&mlt=system&tmpl=component [9/July /12].

ชลดา ซื่อสัตย์, 2547, การใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตเอทานอล, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42, สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

ปฐมา จาตกานนท์ รุ่งทิวา วันสุขศรี และ กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2553, อิทธิพลของการแช่และการย่อยด้วยกรดต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งมันสำปะหลัง, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, กรุงเทพฯ.

ผลของวิธีการหุงที่มีต่อสัณฐานวิทยาและสมบัติเชิงกายภาพของข้าวฮางในระหว่างการหุง

Effect of Cooking Methods on Morphological and Physical Properties of Hang Rice during Cooking

โสรยา เกิดพิบูลย์[1] ดาริกา เจริญดี[1] เณศรา จันต๊ะวงศ์[1] และ พนัชกร อัศวจิต[1]

Kerdpiboon, S.[1], Charoendee, D.[1], Chuntawong, N.[1] and Asawachit, P.[1]

Abstract

Hang rice is obtained by harvesting paddy during its immature stage prior to being subjected to aging, streaming, drying and partially polishing. Hang rice having high nutritional value, was selected due to its highly nutritious nature. The objective of this research was to study effects of cooking methods on morphology, elongation ratio in width and length and texture of Hang rice during cooking. Hang rice was cooked by streaming and boiling with Hang rice to water ratios of 1:1, 1:2 and 1:3 and cooking times of 0-50 mins. The results indicated that cooking methods and cooking times affected morphological and physical properties changes of cooked Hang rice. Hang rice cooked by streaming had morphological change and elongation ratio less than that of Hang rice cooked by boiling, while its hardness was higher than that of Hang rice cooked by boiling. Additionally, increased water ratio resulted in cooked Hang rice to absorb more water in its structure and hence increased morphological change, elongation ratio in width and length but resulted in cooked Hang rice with decreased hardness. Moreover, increased cooking time resulted in cooked Hang rice with increased morphological change, elongation ratio in width and length but resulted in cooked Hang rice with decreased hardness.

Keywords: cooking, elongation, hang rice, morphological property

บทคัดย่อ

ข้าวฮางเป็นข้าวเก็บเกี่ยวในขณะที่ยังไม่แก่จัด บ่มไว้เพื่อให้เปลือกข้าวอ่อนตัว นึ่ง และอบแห้ง ก่อนการนำมาขัดสีเพียงเพื่อให้เปลือกหุ้มเมล็ดข้าวหลุดออก ข้าวฮางจึงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีศักยภาพในการนำมาบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ งานวิจัยนี้ศึกษาผลของวิธีการและระยะเวลาการหุงข้าวฮางที่มีต่อสัณฐานวิทยา อัตราการยืดตัวและขยายตัว และลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวฮาง โดยนำข้าวฮางมาหุงโดยใช้ไอน้ำร้อน และใช้น้ำร้อนอัตราส่วนข้าวฮางต่อน้ำเป็น 1:1 1:2 และ 1:3 ระยะเวลาการหุง 0-50 นาที ผลการทดลองพบว่าวิธีการและระยะเวลาการหุงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยา และสมบัติเชิงกายภาพของข้าวฮางหุง โดยพบว่าการใช้ไอน้ำร้อนในการหุงส่งผลให้ข้าวฮางมีการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยา อัตราการยืด และอัตราการขยายที่ต่ำ แต่มีความแข็งสูง นอกจากนี้พบว่าการใช้ปริมาณน้ำในการหุงข้าวฮางที่มาก ข้าวมีการดูดซับน้ำไว้ภายในโครงสร้างได้มาก ส่งผลให้ข้าวฮางมีการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาที่มาก อัตราการยืดและอัตราการขยายที่สูง และมีความแข็งต่ำ ผลการทดลองยังพบว่าการเพิ่มระยะเวลาการหุงส่งผลให้เม็ดข้าวมีการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยา มีอัตราการยืด และอัตราการขยายเพิ่มขึ้น รวมทั้งข้าวมีความแข็งที่ลดลงตามลำดับ

คำสำคัญ: การหุง อัตราการยืดตัวของข้าวสุก ข้าวฮาง สัณฐานวิทยา

คำนำ

ข้าวจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 80 โปรตีนร้อยละ 7 ไขมันชนิดไม่อิ่มตัวร้อยละ 2 มีวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ที่จำเป็นต่อร่างกาย ด้วยกระแสความนิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ การบริโภคข้าวกล้อง ซึ่งเป็นข้าวที่ผ่านกระบวนการขัดสีครั้งเดียว เพียงเพื่อให้เปลือกเมล็ดข้าวหลุดออก (มกอช. 400-2546) ข้าวกล้องจึงมีสารอาหารที่มีประโยชน์แก่ร่างกายอยู่ในเมล็ดข้าว สารอาหารที่พบในกลุ่มข้าวกล้อง ได้แก่ แกมมา ออริซานอล อิโนซิทอล โทโคไตรอีนอล และกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (Kayahara และ Tukahara, 2000) นอกจากนี้ยังพบวิตามินบี 1 และฟอสฟอรัส เป็นต้น (Shoichi, 2004) ทั้งนี้ข้าวฮางหรือข้าวหอมทอง เป็นข้าวที่มีศักยภาพในการนำมาบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้เช่นกัน ข้าวฮางผลิตจากการเกี่ยวข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีระยะการสุกของเมล็ดข้าว

---

[1] คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพ 10520

[1] Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520

ประมาณร้อยละ 85 จากนั้นนำข้าวที่ผ่านการเก็บเกี่ยวมาบ่มไว้ 1-2 คืนเพื่อให้เปลือกข้าวอ่อนตัวก่อนการนำไปนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด ทำให้เย็นและนำผึ่งลมให้แห้งหรืออาจอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้ง ก่อนการสีในลักษณะเดียวกันกับข้าวกล้อง สายพันธุ์ข้าวที่นิยมนำมาผลิตข้าวฮาง ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียว กข 6 เป็นต้น

ข้าวฮางมีสีเหลืองทองและมีกลิ่นหอมของฟางข้าว การบริโภคข้าวฮางมีการผสมข้าวฮางกับข้าวขาวโดยปรับสัดส่วนระหว่างข้าวฮางกับข้าวขาวให้เหมาะตามความต้องการ หรือการบริโภคข้าวฮางเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามข้าวฮางมีลักษณะทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างจากข้าวขาวที่บริโภคโดยทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากข้าวฮางผ่านกระบวนการทำให้สุกโดยการนึ่ง เม็ดแป้งภายในข้าวเกิดการเจลาติไนเซชัน (Juliano, 1984) เมื่อนำข้าวฮางมาอบแห้ง ส่งผลให้แป้งภายในเม็ดข้าวเป็นลักษณะของแป้งพรีเจล (อรอนงค์, 2547; งามชื่น, 2536) ส่งผลให้ข้าวฮางหุงสุกมีลักษณะสัณฐานวิทยาและสมบัติเชิงกายภาพที่แตกต่างจากกรณีข้าวขาวหุงสุกโดยทั่วไป งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการหุงข้าวฮาง ได้แก่ การหุงโดยใช้ไอน้ำร้อนและการหุงโดยใช้น้ำร้อนที่มีอัตราส่วนข้าวฮางต่อน้ำต่างๆ เพื่อตรวจสอบสัณฐานวิทยา อัตราการยืดตัวของข้าวสุก อัตราการขยายปริมาตร และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมข้าวฮางและข้าวฮางหุงสุก

วัตถุดิบ ข้าวฮางที่ผลิตจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 (*Oryza sativa* L.) (เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2554) จากกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร บ้านนาบ่อ อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร ควบคุมความชื้นเริ่มต้นของข้าว 8-10% (wb) บรรจุสภาวะสุญญากาศในถุงลามิเนตโลเดนซิตี้โพลีเอทีลีน (LLDPE) ถุงละ 300 กรัม เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C จนกว่าจะนำไปใช้ (เก็บไว้ไม่เกิน 6 เดือน)

การเตรียมข้าวฮางหุงสุก: สภาวะที่ใช้ในการหุงข้าวฮางมีทั้งหมด 4 สภาวะ ได้แก่ การใช้น้ำร้อนที่อัตราส่วนข้าว: น้ำ 1:1 1:2 1:3 (w/v) และการใช้ไอน้ำร้อน ระยะเวลาในการหุง 0-50 นาที การหุงข้าวฮางโดยใช้น้ำร้อนดัดแปลงจากวิธีการของ Helland และคณะ (2002) โดยนำข้าวฮางต่อน้ำที่อัตราส่วนต่างๆ มาต้มในภาชนะปิดโดยการให้ความร้อนใน water bath ที่ 100°C ที่เวลาการหุงต่างๆ สำหรับการหุงโดยใช้ไอน้ำร้อนดัดแปลงจากวิธีการของ Juliano (1985) โดยนำ ข้าว:น้ำ อัตราส่วน 1:1.5 (w/v) ต้มในภาชนะปิดโดยการให้ความร้อนใน water bath ที่ 100°C นาน 10 นาที จากนั้นหุงโดยใช้ไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100°C เก็บตัวอย่างที่เวลาการหุงต่างๆ ข้าวฮางที่ผ่านการหุงแล้วนำบรรจุในกล่องพลาสติก และแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องทันทีเพื่อป้องกันการสุกเพิ่มขึ้นของข้าวฮาง

2. สัณฐานวิทยาของข้าวฮาง

การถ่ายภาพสัณฐานวิทยาของข้าวฮางที่เตรียมได้ในข้อ 1 สภาวะที่ใช้ในการถ่ายภาพตัวอย่าง ดัดแปลงจากวิธีการของดาริกา และโสรยา (2554) ถ่ายเป็นภาพ 24-bit RGB-color format เก็บภาพในนามสกุล BMP format ขนาดภาพ 250x500 pixel

3. อัตราการยืดตัว และอัตราการขยายตัวของข้าวสุก

วัดอัตราการยืดตัว และอัตราการขยายตัวของข้าวฮางที่ผ่านกระบวนการหุงตามข้อ 2 ดัดแปลงจากวิธีการของงามชื่น (2536) โดยการสุ่ม เม็ดข้าว 5 เม็ด ใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ วัดขนาดความกว้างและความยาวของข้าว คำนวณอัตราการยืดตัวของข้าวสุก ตามสมการที่ (1) และอัตราการขยายของข้าวสุก ดังสมการที่ (2)

$$\text{อัตราการยืดตัวของข้าวสุก} = \frac{\text{ความกว้างเฉลี่ยของข้าวสุก}}{\text{ความกว้างเฉลี่ยข้าวสาร}} \quad (1); \quad \text{อัตราการขยาย} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ย (ปรมาตรเฉลี่ย)ข้าวสุก}}{\text{ความยาวเฉลี่ย (ปรมาตรเฉลี่ย)ข้าวสาร}} \quad (2)$$

4. ลักษณะเนื้อสัมผัส

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวฮางดัดแปลงจากวิธีการของ Bryant และคณะ (2006) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) (TA-XT2i, USA) ทดสอบความแข็ง (Hardness) โดยเลือกเม็ดข้าวฮาง 15 เม็ด วางในระนาบเดียวกันใช้หัววัดชนิดทรงกระบอก (Cylinder) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร ความเร็วของหัววัดที่เคลื่อนที่ลงก่อนสัมผัสข้าวฮาง (Pre-Test Speed) 0.5 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วของหัววัดขณะที่เคลื่อนที่ลงในเนื้อข้าวฮาง (Test Speed) 0.5 มิลลิเมตร/วินาที และความเร็วของหัววัดเคลื่อนที่ขึ้นจากข้าวฮาง (Post-test Speed) 0.5 มิลลิเมตร/วินาที

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. สัณฐานวิทยา

สัณฐานวิทยาเป็นหนึ่งในปัจจัยคุณภาพที่ส่งผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ (Leelayuthsoontorn และ Thipayarat, 2006) ในกระบวนการหุงข้าวนั้น เมื่อแป้งที่อยู่ในเม็ดข้าวได้รับความร้อนจะทำให้เม็ดแป้งเกิดการบวมพอง

และเกิดเจลลาติไนเซชัน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของข้าวที่ผ่านกระบวนการหุง (Kaddus, 2002; Mei และคณะ, 1995) จาก Figure 1 พบว่าเมื่อระยะเวลาการหุงนานขึ้นข้าวฮางมีแนวโน้มการแตกของเม็ดข้าวที่ผ่านการหุงในทุกสภาวะที่สูงขึ้น การให้ความร้อนนานขึ้น ส่งผลให้โครงสร้างของเม็ดข้าวเกิดการคลายตัว ข้าวฮางมีการดูดน้ำที่ผิวมากขึ้นและเกิดการแตกของเม็ดข้าวเพิ่มสูงขึ้น ผลการทดลองสอดคล้องกับในกรณีการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำในการหุงข้าวฮาง ผลิตภัณฑ์มีการดูดน้ำของเม็ดข้าวที่สูงขึ้น ส่งผลให้มีแนวโน้มการแตกของเม็ดข้าวที่สูงขึ้น

2. อัตราการยืด และอัตราการขยายของข้าวสุก

จาก Figure 2 พบว่าข้าวฮางที่ผ่านการหุงมีอัตราการยืดระหว่าง 1-1.62 เท่า และมีอัตราการขยายระหว่าง 2-3.78 เท่า ขึ้นกับวิธีการหุง และระยะเวลาการหุง ผลการทดลองพบว่าการหุงข้าวฮางโดยใช้อัตราส่วนข้าวฮางต่อน้ำ 1:3 ส่งผลให้ข้าวฮางมีอัตราการยืดของข้าวสุกที่สูงกว่ากรณีอื่น สอดคล้องกับลักษณะสัณฐานวิทยาของข้าวฮาง สภาวะที่มีปริมาณของน้ำในการหุงที่สูงมีการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาที่สูง ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดาริกา และโสรยา (2554) ที่กล่าวว่าการเพิ่มสัดส่วนของน้ำในการหุงข้าวฮางส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนมีการดูดน้ำและเกิดการแตกของเม็ดข้าวสูง

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

วิธีการ และอุณหภูมิการหุงข้าวส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (Daomukda และคณะ, 2011; Leelayuthsoontorn และ Thipayarat, 2006) จากผลการทดลองใน Table 1 พบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำในการหุงและการเพิ่มเวลาการหุงส่งผลให้ข้าวฮางมีแนวโน้มของความแข็งที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณน้ำ และระยะเวลาการหุง ส่งผลให้โครงสร้างภายในเม็ดข้าวเกิดการคลายตัว มีความสามารถในการดูดน้ำไว้ภายในโครงสร้าง เม็ดข้าวจึงมีความแข็งลดลง สำหรับกรณีการหุงข้าวฮางโดยใช้ไอน้ำร้อนนั้น มีการนำข้าวไปต้มในน้ำร้อนนาน 10 นาที โครงสร้างภายในเม็ดข้าวมีการคลายตัวและมีการดูดน้ำไว้ภายใน จากนั้นนำข้าวฮางไปนึ่งโดยใช้ไอน้ำร้อนความแข็งของข้าวฮางที่เวลาการนึ่งตลอดช่วงเวลาการหุงจึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

สรุปผล

การใช้ไอน้ำร้อนในการหุงส่งผลให้ข้าวฮางมีการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยา อัตราการยืด และอัตราการขยายที่ต่ำแต่มีความแข็งสูง และการใช้สัดส่วนน้ำการหุงข้าวฮางที่น้อย ข้าวมีการดูดซับน้ำไว้ภายในโครงสร้างได้น้อย ข้าวฮางจึงมีการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาที่น้อย อัตราการยืดและอัตราการขยายที่ต่ำ และมีความแข็งสูง ผลการทดลองยังพบว่าการเพิ่มระยะเวลาการหุงส่งผลให้เม็ดข้าวมีการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยา มีอัตราการยืด และอัตราการขยายเพิ่มขึ้น รวมทั้งข้าวมีความแข็งที่ลดลงตามลำดับ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมูลนิธิโทเรเพื่อการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ประเทศไทย (Thailand Toray Science Foundation) และคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี, 2536, คุณภาพเมล็ดทางเคมี, การฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง, ฝ่ายฝึกอบรมสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ดาริกา เจริญดี และ โสรยา เกิดพิบูลย์, 2554, การเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาและสีของข้าวฮางใน ระหว่างกระบวนการหุง, การประชุมทางวิชาการประจำปี 2554 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่, ศูนย์การศึกษาและอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่, 1-2 ธันวาคม 2554.

มกอช. 4000- 2546, 2546, ข้าวหอมมะลิไทย, สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, ข้าว, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Bryant, R.J., Jones, G. and Grimm, C.C., 2006, Texture Profile and Volatile Compound Analyses of ‘Koshihikari’ and ‘Basmati’ Rice Prepared in Different Rice Cookers. B.R. Wells Rice Research Series 2006, Arkansas Agricultural Experiment Station Research Series, 550: 370-376.

Daomukda, N., Moongngarm, A., Payakapol, L. and Noisuwan, A., 2011, Effect of Cooking Methods on Physicochemical Properties of Brown Rice, 2nd International Conference on Environmental Science and Technology IPCBEE 6: (V1)1-4, IACSIT Press, Singapore.

Helland, M.H., Wicklund, T. and Narvhus, J.A., 2002, Effect of Germination Time on Alpha-amylase Production and Viscosity of Maize Porridge, Food Research International, 35: 315-321.

Juliano, 1985, Rice: Chemistry and Technology, 2nd ed. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota.

Juliano, B.O., 1984, Rice Starch: Production, Properties and Uses. In: Whistler, R.L., BeMiller, J.M., & Paschall, E.F. (Eds.), Starch: Chemistry and Technology, Academic Press, Inc., New York.

Kaddus M.M.A., 2002, Parboiling of Rice. Part II: Effect of Hot Soaking Time on The Degree of Starch Gelatinization, Food Science and Technology, 37: 539–545.

Kayahara, H. and Tsukahara, K., 2000, Flavor, Health and Nutritional Quality of Pre-germinated Brown Rice, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Hawai.

Leelayuthsoontorn, P. and Thipayarat, A., 2006, Textural and morphological changes of Jasmine rice under various elevated cooking conditions, Food Chemistry, 96: 606-613.

Mei, H., Ong, J. and Blanshard, M.V., 1995, The Significance of Starch Polymorphism in Commercially Produced Parboiled Rice, Starch – Stärke, 47(1): 7–13.

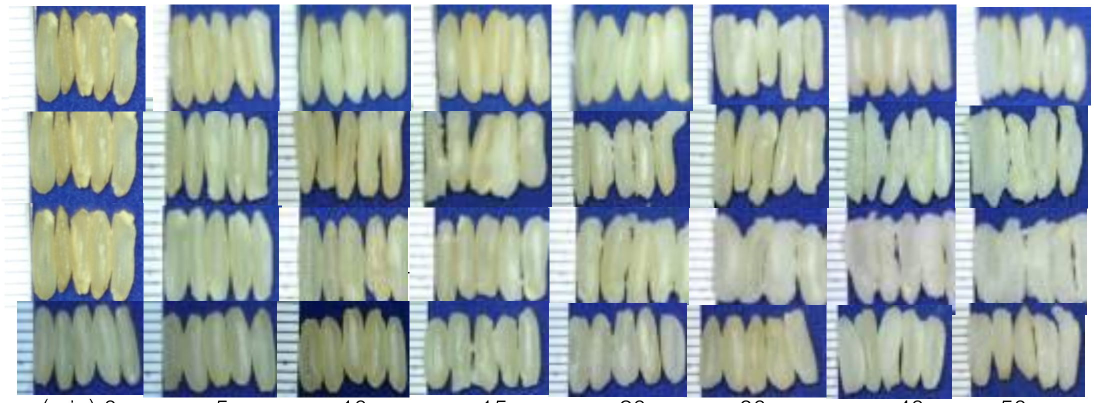
Shoichi, I., 2004, Marketing of Value-Added Rice Production in Japan: Germinated Brown Rice and Rice Bread, *In* Rice in global markets, UN Food in global Market, Italy.

a)

b)

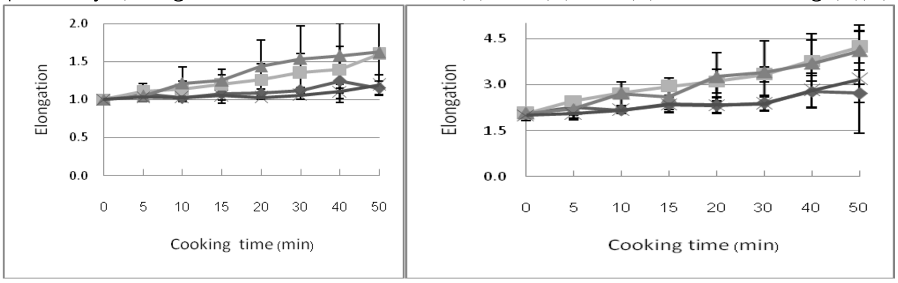
c)

d)



Cooking time (min) 0 5 10 15 20 30 40 50

Figure 1 Morphological change of Hang rice undergoing cooking times of 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40 and 50 min, respectively; (Hang rice to water ratio of 1:1 (a), 1:2 (b), 1:3 (c) and Streaming (d)) (1 mm/scale)



(a)Elongation ratio (length) (b)Elongation ratio (width)

Figure 2 Elongation ratios in length and width of Hang rice during cooking at different cooking methods

◆Hang rice to water ratio of 1:1 ■ Hang rice to water ratio of 1:2 ▲ Hang rice to water ratio of 1:3 X Streaming

Table 1 Hardness of cooked Hang rice with different Hang rice at cooking time

Cooking Time (min)	Hang rice to water of 1:1	Hang rice to water of 1:2	Hang rice to water of 1:3	Streaming^{ns}
0	17008.05± 8426.47^{Bd}	17008.05 ± 8426.47^{Bd}	17008.05 ± 8426.47^{Bc}	2849.77±3186.60^{A}
5	9556.86 ± 2036.41^{Bc}	13514.15 ± 1018.55^{Bd}	10042.38 ± 5458.07^{Bb}	2759.48±2197.88^{A}
10	7356.16 ± 1168.10^{Bcb}	8678.41 ± 4604.99^{Bc}	10160.71 ±2114.71^{Bc}	2128.17±1672.10^{A}
15^{NS}	3713.73 ± 4075.17^{ab}	7358.09 ± 3820.68^{bc}	8227.185 ±243050^{b}	6252.57±5058.47
20^{NS}	3905.07 ± 3011.21^{ab}	6053.36 ± 3020.00^{abc}	2347.03 ± 2552.32^{a}	5191.56±4792.88
30^{NS}	3020.63 ± 2381.77^{ab}	2591.76 ± 2092.95^{ab}	1664.96 ± 2191.01^{a}	3832.69±4443.25
40^{NS}	1911.49 ± 12183.71^{a}	2518.58 ± 1340.67^{ab}	1256.61 ± 1404.92^{a}	2558.78±2817.15
50	3044.04 ± 1593.69^{Abab}	1344.55 ± 1048.53^{Aa}	1159.02 ± 934.97^{Aa}	4067.86±3270.22^{B}

^{a,b,c,d} Means with different letters in the same column are significantly different ($P \leq 0.05$)

^{A,B} Means with different letters in the same row are significantly different ($P \leq 0.05$)

^{NS,ns} means non significantly different ($P \geq 0.05$)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กุนเชียงเสริมเห็ดหอม

The Development of Chinese Sausage by Enriched Shiitake Mushroom

วิชชุดา สังข์แก้ว[1] **และ ผาณิต รุจิรพิสิฐ**[1]
Sangkaeo, W.[1] and Rujirapisit, P.[1]

Abstract

This research aimed to developed Chinese sausage by enriched with Shiitake mushroom at different percentages (0, 5, 10 and 15% was used substitution pork meat in formula weight). The result showed that the amount of protein, fat, cutting force, lightness (L*) and redness (a*) of Chinese sausage were significantly decreased (P<0.05) as the level of shiitake mushroom increased, while the water activity showed no significantly (P>0.05). Sensory evaluation indicated that Chinese sausage added with 10% shiitake mushroom received the highest score of tenderness, flavor, texture and overall acceptability (P<0.05). After storage in vacuum polypropylene at 12°C for 4 weeks the result showed that high score in all sensory attributes and TBA value was lower than control. Total plate count, yeast and mold were less than standard of Thai Industrial Standards Institute (TISI).

Keywords: Chinese sausage, shiitake mushroom, sensory evaluation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กุนเชียงเสริมเห็ดหอม โดยเติมเห็ดหอมในปริมาณ 0 (สูตรควบคุม) 5 10 และ 15% (ทดแทนเนื้อหมูในน้ำหนักสูตร) ผลการทดลองพบว่า ทุกสูตรมีค่า Aw ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) เมื่อเติมเห็ดหอมในปริมาณที่มากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน ค่าแรงตัดขาด ค่า L* และค่า a* ลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม (P<0.05) โดยพบว่าสูตรที่เติมเห็ดหอม 10% ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด และเมื่อเก็บรักษาโดยบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนในภาวะสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส 4 สัปดาห์ พบว่ายังได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านสูง มีค่า TBA น้อยกว่าสูตรควบคุม และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในปริมาณที่ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกุนเชียงหมู

คำสำคัญ: กุนเชียง เห็ดหอม การทดสอบทางประสาทสัมผัส

คำนำ

เห็ดหอม (Shiitake Mushroom) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Lentinula edodes* มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ คือ ด้านบนเป็นหมวกรูปทรงกลม ผิวมีขนรวมกันเป็นเกล็ดหยาบๆ สีขาวกระจายอยู่ทั่วไป ผิวหมวกด้านบนสีน้ำตาล น้ำตาลปนแดง ครีบดอกเป็นแผ่นบางสีขาว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้ม ก้านดอกมีสีขาวหรือน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีขาว มีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว จึงได้ชื่อว่า เห็ดหอม มีรายงานว่า งานวิจัยหลายชิ้นในญี่ปุ่นพบว่าเห็ดหอมมีกรดอะมิโนที่ชื่อว่า อีริตาดีนีน (eritadenine) ช่วยให้ไตย่อยโคเลสเตอรอลได้ดียิ่งขึ้น ทำให้ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดลดลง และมีสารเลติแนน (lentinan) ที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเซลล์ระบบภูมิคุ้มกัน ให้มีประสิทธิภาพในการต่อสู้ยับยั้ง หรือป้องกันการเติบโตของเซลล์เนื้องอกต่างๆ (Chihara และคณะ,1987) คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดหอมแห้ง 100 กรัม มีใยอาหาร 37.7 กรัม (Wikipedia, 2012) โดยพบว่าเห็ดหอมมีปริมาณใยอาหารใกล้เคียงกับผักหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีเนื้อสัมผัสนุ่มและกลิ่นหอมเฉพาะตัว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการนำเห็ดหอมแห้งมาเสริมในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมู เพื่อเป็นการเพิ่มใยอาหารให้กับผลิตภัณฑ์กุนเชียงซึ่งเป็นอาหารที่มีโปรตีน และไขมันสูง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการเสริมเห็ดหอมที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์กุนเชียงและศึกษาอายุการเก็บของกุนเชียงเสริมเห็ดหอม

---

[1] **สาขาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดินแดง กรุงเทพฯ 10400**

[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Dindang Bankok 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเห็ดหอมแห้งมาล้างน้ำให้สะอาดและแช่น้ำนาน 1 ชั่วโมง บีบน้ำให้แห้งตัดส่วนที่เป็นก้านออก ใช้เฉพาะส่วนที่เป็นหมวก นำไปบดด้วยเครื่อง Food processor Panasonic รุ่น MK-5080M ความเร็ว 5 บดนาน 2 นาที จะได้เห็ดหอมบดละเอียด นำเห็ดหอมบดละเอียดมาทดแทนเนื้อหมูบางส่วนในสูตรกุนเชียงหมู (กลุ่มงานผลิตภัณฑ์สัตว์, 2537) โดยแปรปริมาณการทดแทนเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักเนื้อหมู ผสมส่วนผสมทั้งหมดแล้วบดด้วยเครื่องสับนวดรุ่น witten D-5810 นาน 1.5 นาที นำไปอัดไส้ด้วยไส้คอลลาเจน (Nitti casing No.15 mm. 35 m.) มัดเป็นท่อนโดยให้มีความยาวท่อนละ 7 นิ้ว นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง แล้วบรรจุในถุงโพลีโพรพีลีนในภาวะสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (12 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ประเมินผลการทดลองโดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกุนเชียงเสริมเห็ดหอมเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (กุนเชียงที่ไม่เสริมเห็ดหอม) โดยวิเคราะห์ปริมาณ ความชื้น โปรตีน ไขมันและ เถ้า ตามวิธีของ AOAC (1990) ประเมินคุณภาพของกุนเชียง โดยวัดค่า Aw ใช้เครื่องของ Aqua Lab Lite รุ่น AL1066 วัดค่าสีโดยเครื่อง Hunter Lab Digital Color Difference Meter รุ่น DP-9000 ค่าเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น texture LRX ของ LLOYE instrument วิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid ตามวิธีของ Tarlagid (1960) วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุนเชียง โดยวิธี 9-point hedonic scale ในด้าน ความนุ่ม ความแน่นเนื้อ สี รสชาติ กลิ่นรสและการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ทางเคมี (Table1) ทางกายภาพ (Table2) และทางประสาทสัมผัส (Table3) ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงเสริมเห็ดหอม ในปริมาณ 0 (สูตรควบคุม) 5, 10 และ 15% (ทดแทนเนื้อหมูในน้ำหนักสูตร) ผลการทดลองพบว่าเมื่อเติมเห็ดหอมในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น เถ้าและค่า Aw ($P>0.05$) เมื่อวัดลักษณะเนื้อของกุนเชียงที่เติมเห็ดหอม พบว่ามีค่าแรงตัดขาดลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($P<0.05$) และเมื่อเติมเห็ดหอมในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้กุนเชียงมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีแดง (a^*) ลดลง ($p<0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า สูตรที่เติมเห็ดหอม 10% ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด และเมื่อเก็บรักษาโดยบรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนภาวะสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส 4 สัปดาห์ พบว่ายังได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านสูงและมีค่า TBA เพิ่มขึ้นเล็กน้อยและมีค่าต่ำกว่าสูตรควบคุม (Figure1)

Table 1 Chemical composition of Chinese sausage with different levels of shiitake mushroom

Chemical composition	Shiitake mushroom (%)			
	Control (0%)	5%	10%	15%
Moisture(% wet basis)^{ns}	15.19	15.27	15.16	15.01
Protein(%wet basis)	24.39^{a}	21.54^{b}	19.95^{c}	20.54^{c}
Fat(%wet basis)	23.84^{a}	22.03^{ab}	21.92^{bc}	19.61^{c}
Ash(%wet basis)^{ns}	0.34	0.32	0.32	0.34

ns mean in the same row are not significant difference (p>0.05)

a,b,c Different superscripts in the same row indicated that means were significantly different (p>0.05)

Table 2 Aw value, cutting force and color value of Chinese sausage with different levels of shiitake mushroom

Properties	Shiitake mushroom (%)			
	Control (0%)	5%	10%	15%
Aw[ns]	0.81	0.80	0.81	0.79
Cutting force	57.32[a]	41.32[b]	36.99[b]	42.61[b]
L*	41.70[a]	38.33[b]	36.11[c]	33.11[d]
a*	12.00[a]	11,55[b]	10.96[c]	10.14[d]
b*	15.82[b]	17.16[a]	16.93[a]	16.92[a]

ns mean in the same row are not significant difference ($p>0.05$)

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

Table 3 Sensory scores of Chinese sausage with different levels of shiitake mushroom

Attributes	Shiitake mushroom (%)			
	Control (0%)	5%	10%	15%
Tenderness	6.00[b]	6.67a[b]	6.92[a]	6.88[a]
Flavor	6.71[a]	7.00[a]	7.00[a]	6.54[a]
Taste	7.29[ab]	7.21[ab]	7.38[ab]	6.71[b]
Texture	6.33[c]	6.71[bc]	7.33[a]	7.13[ab]
Appearance	7.75[a]	7.33[ab]	6.75[bc]	6.58[c]
Overall accepability[ns]	7.25	7.29	7.58	7.04

ns mean in the same row are not significant difference ($p>0.05$)

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

Table 4 Microbial count of Chinese sausage with different levels of shiitake mushroom storage at 12°C during 4 weeks

(Weeks)	Microbial Count	Shiitake mushroom (%)			
		Control (0%)	5%	10%	15%
0	TPC (CFU/g)	ND	ND	ND	ND
	Yeast-Mold (CFU/g)	ND	ND	ND	ND
1	TPC (CFU/g)	ND	ND	ND	ND
	Yeast-Mold (CFU/g)	ND	ND	ND	ND
2	TPC (CFU/g)	ND	ND	ND	ND
	Yeast-Mold (CFU/g)	ND	ND	ND	ND
3	TPC (CFU/g)	9	6.3	4	9
	Yeast-Mold (CFU/g)	1	1	5	5
4	TPC (CFU/g)	2.1	1.55	1.65	1.65
	Yeast-Mold (CFU/g)	1	2.5	4	5

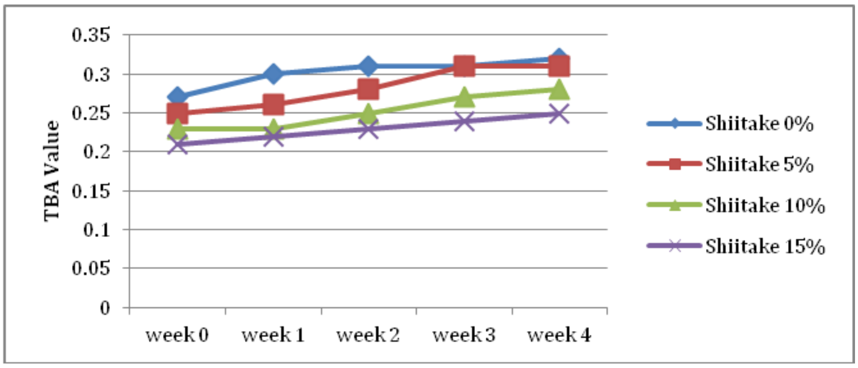


Figure 1 TBA value of Chinese sausage with different levels of shiitake storage at 12°C

สรุปผล

การเสริมเห็ดหอมลงในผลิตภัณฑ์กุนเชียง ทำให้กุนเชียงมีกลิ่นของเห็ดหอมซึ่งกุนเชียงสูตรปกติไม่มี โดยกุนเชียงที่เสริมเห็ดหอมในปริมาณ 10% ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านความนุ่ม กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด สามารถเก็บรักษาในถุงโพลีโพรพิลีนในภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ไว้ได้นานอย่างน้อย 4 สัปดาห์

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานผลิตภัณฑ์สัตว์, กองส่งเสริมการปศุสัตว์, 2537, เอกสารการแปรรูปเนื้อสัตว์, กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis 15th ed, Association of Official Analysis Chemists, Arlington, Virginia.

Chihara, G., Hamuro, J., Maeda, Y., Shiio, T., Suga, T., Takasuka, N. and Sasaki, T., 1987, Antitumor and Metastasis-inhibitory Activities of Lentinan as an Immunomodulator: an Overview, Cancer Detection and Prevention (Suppl), 1: 423-443.

Shiitake, R., 2001, Mushroom, [Online], Available: http://en.wikipedia.org.cfm [June 16, 2012].

สารต้านออกซิเดชั่นและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเนื้อลำไยที่ย่อยสลายด้วยเทคนิคเอนไซม์

Antioxidant Activity and Bioactive Compounds from Longan Pulp Extracted by Enzymatic Technique

บุศรา ฐิติรัตน์สกุล[1] และ ปราณี อ่านเปรื่อง[2]

Thitiratsakul, B.[1] and Anprung, P.[2]

Abstract

The objective of this study was to investigate bioactive compounds from longan pulp extracted by Pectinex® Ultra SP-L at various times. The results showed that enzyme concentration of 2.5% (v/w) effected to the highest level of hydrolysis percentages which were determined by the amount of reducing sugars released from longan pulp. While longan pulp was hydrolyzed with varying time at 0, 1, 2, 3, 4 and 5 hours, bioactive compounds from hydrolyzed longan pulp showed the tendency in the linear relationship (r^2>0.9) with degree of hydrolysis and hydrolysis time which increased gradually from 0 to 4 hours. It was found that the highest extraction yield of bioactive compounds was obtained from 4 hr extraction. The antioxidant activity values from this stage were 1.2 µg fresh mass/µg DPPH and 13.7 µM Trolox equivalent/g fresh mass when measured by DPPH and FRAP assay, respectively. Total phenolic contents of 83 mg gallic acid equivalents/g fresh mass and total flavonoids content of 56 mg catechin equivalents/g fresh mass were also derived. Moreover, the 4 hr-extraction period increased the soluble dietary fiber content of longan pulp when compared to non-enzymatic extraction.

Keywords: bioactive compounds, longan pulp, pectinase, enzymatic hydrolysis

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของไฮโดรไลเสทลำไยที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์เพกติเนสทางการค้าที่ระยะเวลาต่างๆ จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้ความเข้มข้นเอนไซม์เป็น 2.5% (v/w) จะส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การไฮโดรไลสิทของเนื้อลำไยซึ่งปลดปล่อยในรูปน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด และเมื่อแปรผันระยะเวลาการย่อยเป็น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง พบว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากไฮโดรไลเสทลำไยมีแนวโน้มเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (r^2> 0.9) กับระดับการย่อยสลายและระยะเวลาการย่อย ซึ่งมีทิศทางสูงขึ้นไปจนถึงที่เวลา 4 ชั่วโมง โดยที่ 4 ชั่วโมง เนื้อลำไยมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงกว่าที่ภาวะอื่นๆ มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นเท่ากับ 1.2 µg fresh mass/µg DPPH และ 13.7 µM Trolox equivalent/g fresh mass เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ FRAP ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 83 mg gallic acid equivalents/ g fresh mass และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในเนื้อลำไยเท่ากับ 56 mg catechin equivalents/ g fresh mass นอกจากนี้พบว่า เนื้อลำไยที่ย่อยเป็นเวลา 4 ชั่วโมงมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อลำไยที่ไม่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์

คำสำคัญ: สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เนื้อลำไย เพกติเนส การย่อยด้วยเอนไซม์

คำนำ

ลำไยเป็นผลไม้เขตร้อน ปลูกมากทางภาคเหนือของประเทศไทย อุดมไปด้วย คาร์โบไฮเดรท วิตามินซี แร่ธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่างๆ การได้มาซึ่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพนั้นสามารถทำได้หลายวิธี การใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัดเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ จากงานวิจัยของ Senklang และ Anprung (2009) ได้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการใช้เอนไซม์เพกติเนส ในการสกัดสารประกอบเชิงซ้อน Zn-Chlorophyll ในใบเตย พบว่าการใช้เอนไซม์ความเข้มข้น 2.3-2.5% (v/w) และบ่มเป็นระยะเวลา 240-260 นาที ที่อุณหภูมิ 35°C สามารถเพิ่ม Zn-Chlorophyll derivative และค่า antioxidant

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[1] Program in Biotechnology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[2] Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

เป็น 17.31 และ 1.92 เท่า เอนไซม์จึงเป็นตัวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายทำให้ได้มาซึ่งองค์ประกอบต่างๆที่อยู่ภายในผนังเซลล์ เช่น โพลีฟีนอล แอนโทไซยานิน เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้เอนไซม์ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเนื้อลำไย โดยศึกษาสภาวะที่ใช้เอนไซม์ในการย่อยสลายเนื้อลำไย และลักษณะ เฉพาะทางชีวภาพกายภาพของเนื้อลำไยก่อนและหลังการย่อย สมบัติการต้านออกซิเดชัน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมถึงปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ โดยนำเอาไปใช้เป็นสารปรุงแต่งอาหาร เป็นส่วนประกอบใน functional food ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้สกัดเข้มข้นใยอาหารสูง อีกทั้งเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยตีปั่นเนื้อลำไยสายพันธุ์อีดอ และให้ความร้อนด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 85ºC เป็นระยะเวลา 0, 1, 3, 5 และ 7 นาที นำมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) ในระบบ L^* a^* b^* และนำภาวะที่เลือกมาทดสอบแอคทิวิตีของเพอร์ออกซิเดส (Pearson, 1970) จากนั้นนำเนื้อลำไยมาย่อยสลายด้วยเพกติเนส (Pectinex® ultra SP-L) ที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5% (v/w) ระยะเวลาการย่อยเป็น 0.5, 1.0, 1.5, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 32.2±2°C และติดตามการทำงานของเอนไซม์โดยพิจารณาจากค่าน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้ ตามวิธีของ Nelson (1944) วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางชีวภาพและกายภาพของตัวอย่างลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการย่อยสลาย ด้วยเอนไซม์ โดยวัดสมบัติการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH ตามวิธีของ Maisuthisakul และคณะ (2007) และวิธี FRAP ตามวิธีของ Benzie และ Strain (1996) วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folon-Ciocalteau colorimetry ตามวิธีของ Waterhouse (2005) วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ ด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetry ตามวิธีของ Zhishen และคณะ (1999) วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber) ใยอาหารที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) โดยใช้วิธีมาตรฐานของ AOAC (1995)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เนื้อลำไยที่ผ่านการให้ความร้อนเพื่อควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ในระยะเวลา 1, 3 และ 5 นาที ผลค่าสีในระบบ L แสดงค่าสูงกว่าชุดควบคุม และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าลดลงในนาทีที่ 7 ในระบบ a พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นถึง นาทีที่ 5 และระบบ b มีค่าเพิ่มขึ้นถึงนาทีที่ 3 ดังนั้นจึงนำชุดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของเนื้อลำไยที่ให้ความร้อน ด้วยไอน้ำ ในภาวะที่ 1, 3 และ 5 นาที มาตรวจสอบแอกทิวิตีของเอนไซม์ peroxidase (POD) พบว่าการให้ความร้อนด้วยไอน้ำแก่เนื้อลำไยเป็นเวลา 5 นาที สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ POD และ PPO ได้อย่างสมบูรณ์ จึงนำภาวะนี้มาใช้ยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลของเนื้อลำไยเพื่อการทดลองต่อไป เมื่อศึกษาภาวะต่างๆในการย่อยเนื้อลำไยด้วยเพกติเนสพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ และระยะเวลาการย่อยทำให้ลำไยมีแนวโน้มให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น จนถึงชั่วโมงที่ 4 (Figure 1) โดยเอนไซม์เพคติเนสจะย่อยสลายสารเพคตินในเนื้อลำไยให้มีขนาดเล็กลง และตัดพันธะไกลโคซิลของพอลิเมอร์ในเนื้อลำไย โดยหลังจาก 4 ชั่วโมง ระดับน้ำตาลคงที่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากกราฟแสดงให้เห็นว่าการใช้เอนไซม์ย่อยเป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีแนวโน้มที่ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบระดับน้ำตาลที่ได้พบว่าเมื่อใช้เอนไซม์ความเข้มข้น 2.5% (v/w) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าสูงสุดทุกค่าในทุกช่วงเวลา ดังนั้นจึงเลือกใช้ภาวะความเข้มข้นเอนไซม์นี้และช่วงระยะเวลาการย่อย 0, 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ครอบคลุมในการศึกษาสมบัติทางชีวภาพกายภาพของเนื้อลำไยหลังการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ต่อไป

เมื่อวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางชีวภาพของเนื้อลำไยก่อนและหลังการย่อยสลายด้วยเอนไซม์เพกติเนส สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเนื้อลำไยมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาย่อยนานขึ้น (Table 1) ซึ่งที่เวลา 4 ชั่วโมงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีการปลดปล่อยออกมาได้มากที่สุด โดยมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นเท่ากับ 1.2 µg fresh mass/µg DPPH และ 13.7 µM Trolox equivalent/g fresh mass เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ FRAP ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 83 mg gallic acid equivalents/g fresh mass และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในเนื้อลำไยเท่ากับ 56 mg catechin equivalents/g fresh mass นอกจากนี้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ แสดงความความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับระดับการย่อยที่ (r^2>0.9) (Figure 2) พบว่าเมื่อระดับการย่อยสูงขึ้นส่งผลให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีการปลดปล่อยเพิ่มมากขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ในการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของเนื้อลำไย เพกตินในเนื้อลำไย เมื่อถูกย่อยด้วยเอนไซม์ Pectinex® Ultra SP-L เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ส่งผลให้สายเพกตินส่วนที่ไม่ละลายน้ำสั้นลงสามารถละลายน้ำได้มาก

ขึ้น หรืออยู่ในรูปที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงทำให้เนื้อลำไยมีปริมาณของใยอาหารที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับการลดลงของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Table 2) ดังนั้นจึงส่งผลให้ปริมาณใยอาหารทั้งหมดของตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากตัวอย่างที่ไม่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์

สรุปผล

สำหรับในการทดลองการควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาล พบว่าภาวะเหมาะสมที่สามารถยับยั้งแอคทิวิตีของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสได้คือการให้ความร้อนด้วยไอน้ำจนมีอุณหภูมิจุดกึ่งกลาง 85ºC เป็นเวลา 5 นาที นอกจากนี้ พบว่าเมื่อความเข้มข้นและเวลาที่ใช้ในการย่อยมากขึ้น เอนไซม์จะทำงานได้ดีขึ้น ซึ่งที่เวลา 4 ชั่วโมง และความเข้มข้นเอนไซม์ 2.5% (v/w) จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด ซึ่งน้ำตาลรีดิวซ์เป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์และระดับการย่อยเพกตินในผนังเซลล์พืช จึงส่งผลให้มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์สูงที่สุดเช่นกัน และพบว่ามีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อลำไยก่อนย่อยด้วยเอนไซม์ ทั้งนี้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเนื้อลำไยเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับการย่อย โดยมีความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง (R^2>0.9)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต ปีงบประมาณ 2555 จากบัณฑิตวิทยาลัย และโครงการนวัตกรรมเพื่อยกระดับคุณภาพและความปลอดภัยทางอาหารสู่โครงสร้างเศรษฐกิจยุคใหม่ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

A.O.A.C, 1995, Official Methods of Analysis of the AOAC International, Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power” the FRAP Assay, Analytical Biochemistry, 239: 70-76.

Maisuthisakul, P., Suttajit, M. and Pongsawatmanit, R., 2007, Assessment of Phenolic Content and Free Radical-scavenging Capacity of Some Thai Indigenous Plants, Food Chemistry, 100: 1409-1418.

Nelson, N., 1944, A Photometric Adaptation of the Somogyi Method for Determination of Glucose, Journal of Biological Chemistry, 153: 375-380.

Pearson, D., 1970, The Chemical Analysis of Food, 6 th edition, Chemical Publishing, New York.

Senklang, P. and Anrpung, P., 2009, Optimizing Enzymatic Extraction of Zn-chlorophyll Derivatives from Pandan Leaf Using Response Surface Methodology, Journal of Food Processing and Preservation, 34: 759-776.

Zhishen, J., Mengcheng, T. and Jianming, W., 1999, The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and Their Scavenging Effects on Superoxide Radicals, Food Chemistry, 64: 555-559.

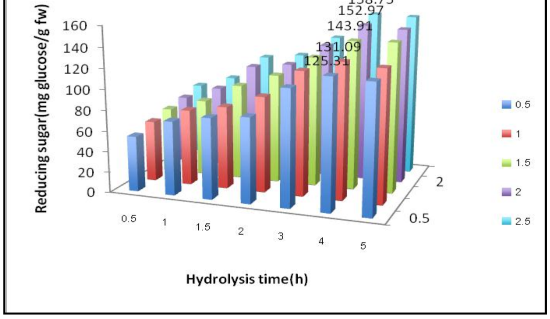


Figure 1 Amount of reducing sugars produced by enzyme hydrolysis of longan pulp at different time

Table 1 Biological properties of pectin from 0 to 4 hour-enzymatic extracted longan pulp

Bioactive compounds	Hydrolysis time (h)				
	0	1	2	3	4
<u>Antioxidant activities</u>					
DPPH (µg fresh mass/µg DPPH)	0.58	0.84	0.97	1.03	1.2
FRAP (µM TE/g fresh mass)	9.3	11.68	12.38	13.01	13.7
Total phenolic (mg GE/g fresh mass)	47	63.26	69.7	75	83
Total flavonoid (mg CE/g fresh mass)	29.8	42.3	46	49.8	56

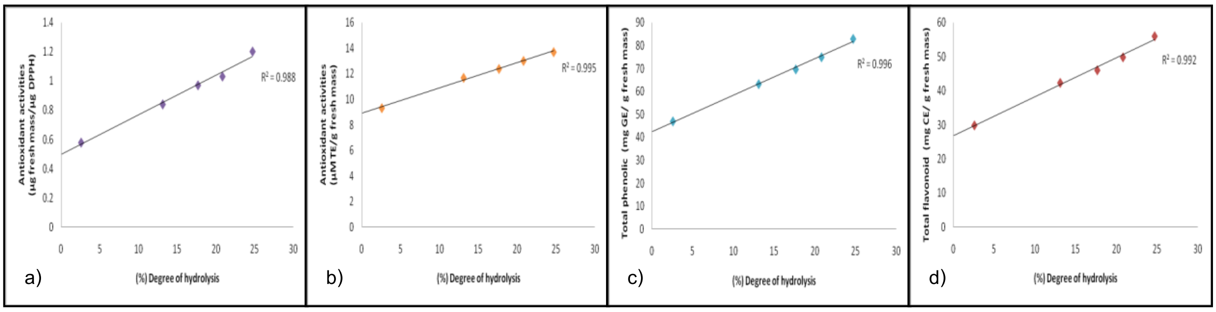


Figure 2 Bioactive compounds of longan pulp at different degree of hydrolysis
a) DPPH, b) FRAP, c) Total phenolic, and d) Total flavonoid

Table 2 Total dietary fiber, soluble and non soluble dietary fiber contents of longan pulp after extracted with 2.5% (v/w) pectinase for 4 hour

Total dietary fiber (g/ 100 g)	non-enzymatic treatment	4 hr-enzymatic treatment
Dietary fiber	0.575	0.577
Soluble dietary fiber	0.110	0.483
Non soluble dietary fiber	0.460	0.097

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 53-56 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 53-56 (2555)

ผลของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างและน้ำมันหอมระเหยบางชนิดต่อการตายและการพัฒนาของลูกน้ำยุงลายบ้าน

Effects of Thiam Seed Oil and some Essential Oils on Mortality and Development of *Aedes aegypti* (L.) Llarva

มัสรินทร์ วิวัฒน์[1] อรัญ งามผ่องใส[1] สนั่น ศุภธีรสกุล[2] และ ธีระพล ศรีชนะ[3]

Viwat, M.[1], Ngampongsai, A.[1], Subhadhirasakul, S.[2] and Srichana, T.[3]

Abstract

The objectives of this study were to investigate effects of thiam (*Azadirachta excelsa* Jack.) seed oils, citronella oil (*Cymbopogon nardus*) and eucalyptus oil (*Eucalyptus camaldalensis*) on mortality and growth of *Aedes aegypti* larvae. The 3rd- 4th instar larvae of *Ae. aegypti* were subjected to different concentrations of 0, 100, 300, 500, 800, 1,000, 1,500 and 2,000 ppm of the macerated and soxhlet-extracted thiam seed oils in a comparison with the citronella and eucalyptus oils at the same concentrations. A lethal concentration (LC_{50}) of all tested oils was calculated by using probit analysis at 24 hr. after treatment. Percentages of emerged adults developed from the treated larvae were recorded at 120 hr. after treatment. The results showed that the citronella oil was the most toxic to *Ae. aegypti* larvae, followed by the macerated thiam seed oil, the soxhlet-extracted thiam seed oil and the eucalyptus oil, with the LC_{50} values of 61.87, 348.01, 407.64 and 480.22 mg/l, respectively. All tested oils inhibited growth of larvae due to a 3-4 day delayed development to pupa and adult stages compared to control (water). In addition, the emergenced adult percentages markedly decreased in larvae treated with tested oils. The result showed that 1-5% after exposed to the citronella oil (100 ppm), the thiam seed oils (100-500 ppm) and the eucalyptus oil (500 ppm). In conclusion, citronella oil is a high potential to develop as a larvicide to control *Ae. aegypti* larvae in the future.

Keywords: thiam (*Azadirachta excelsa*) seed oil, maceration, soxhlet extraction

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) น้ำมันตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus*) และน้ำมันยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldalensis*) ต่อการตายและการพัฒนาของลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) โดยนำลูกน้ำวัยที่ 3-4 ทดสอบกับน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีแช่และวิธีซอกเลตที่ความเข้มข้น 0, 100, 300, 500, 800, 1,000, 1,500, และ 2,000 ppm เปรียบเทียบกับน้ำมันตะไคร้หอมและน้ำมันยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้นเดียวกัน คำนวณความเข้มข้นที่ทำให้ลูกน้ำตาย 50% (LC_{50}) ของน้ำมันที่ทดสอบที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยวิธีโปรบิทและเปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำที่ 120 ชั่วโมงหลังทดสอบ ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันตะไคร้หอมออกฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงลายบ้านได้ดีที่สุด รองลงมาคือน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ย น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีซอกเลตและน้ำมันยูคาลิปตัส ซึ่งมีค่า LC_{50} เท่ากับ 61.87, 348.01, 407.64 และ 480.22 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ น้ำมันทดสอบทุกชนิดยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุง เนื่องจากใช้ระยะเวลาพัฒนาเข้าสู่ระยะดักแด้และตัวเต็มวัยนานกว่าชุดควบคุม (น้ำเปล่า) 3-4 วัน นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำต่ำลงอย่างเด่นชัดเมื่อลูกน้ำได้รับน้ำมันทดสอบ โดยลูกน้ำกลายเป็นตัวเต็มวัยเพียง 1-5% เท่านั้น เมื่อได้รับน้ำมันตะไคร้หอม (100 ppm) น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง (100-500 ppm) และน้ำมันยูคาลิปตัส (500 ppm) ดังนั้นน้ำมันตะไคร้หอมมีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านในอนาคต

คำสำคัญ: น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง วิธีแช่ยุ่ย วิธีซอกเลต

[1] ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

[1] Department of Pest Management, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla 90112

[2] คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

[2] Faculty of Traditional Thai Medicine, Prince of Songkla University, Songkla 90112

[3] ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

[3] Departments of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University, Songkla 90112

คำนำ

ยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti* L.) มีความสำคัญทางด้านระบาดวิทยาของโรคที่มีแมลงเป็นพาหะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นแมลงพาหะหลักของโรคไข้เลือดออก (Dengue hemorrhagic fever, DHF) ซึ่งเกิดจากเชื้อไวรัสเด็งกี่ เป็นปัญหาสำคัญทางด้านสาธารณสุขของประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแปซิฟิกตะวันตก (ชิษณุ และคณะ, 2547) และยังเป็นพาหะนำโรคอื่นๆ เช่น โรคชิคุนกุนยาเกิดจากเชื้อไวรัสชิคุนกุนยาและโรคไข้เหลืองเกิดจากเชื้อไวรัสกลุ่มฟาวิไวรัส (Platt และคณะ, 1997; Harrington และคณะ, 2001) ในประเทศไทยมีรายงานว่าแต่ละปีพบผู้ป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกเป็นจำนวนมาก ในช่วงปี พ.ศ. 2550-2554 พบจำนวนผู้ป่วยสูงถึง 398,605 ราย เสียชีวิต 449 ราย โดยพบจำนวนผู้ป่วยสูงในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน (สำนักระบาดวิทยา, 2555) ยุงลายบ้านมีวงจรชีวิตค่อนข้างสั้น สามารถขยายพันธุ์ได้ตลอดทั้งปีและพบได้ทุกชุมชนทั่วประเทศ ประกอบกับมีศัตรูทางธรรมชาติน้อย ทำให้เพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว (จินดา, 2512) แม้ว่าในปัจจุบันกำลังมีการพัฒนาวัคซีนเพื่อป้องกันการติดเชื้อไวรัสเด็งกี่ แต่ก็ยังไม่มียาที่สามารถฆ่าเชื้อไวรัสเด็งกี่ได้ ดังนั้นวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดของโรคไข้เลือดออกในปัจจุบัน คือ การป้องกันไม่ให้เป็นโรคโดยการควบคุมยุงลายบ้านให้มีจำนวนลดลง การควบคุมโดยใช้สารเคมีได้รับความนิยมสูงเนื่องจากให้ผลรวดเร็ว แต่ควรตระหนักถึงประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการใช้ต่อคนและสัตว์ (Katz และคณะ, 2008) ดังนั้นปัจจุบันจึงมีการศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชควบคุมยุงลายมากยิ่งขึ้นเนื่องจากมีความปลอดภัยต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ประเทศไทยมีรายงานการศึกษาใช้สารสกัดจากพืชหลายชนิดมาใช้ควบคุมยุงลาย (Kaewnang และคณะ, 2001; Rongsriyam และคณะ, 2006; Lapcharoen และคณะ, 2005) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้างซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นในภาคใต้ของประเทศไทยนั้นจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างมีศักยภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดี (อรัญ และคณะ, 2552) ในขณะที่น้ำมันตะไคร้หอมและน้ำมันยูคาลิปตัสในปัจจุบันมีการนำมาใช้ในการไล่ยุงตัวเต็มวัย แต่ยังไม่ได้นำมาใช้ฆ่าลูกน้ำยุงลาย ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาเบื้องต้นการออกฤทธิ์ฆ่าและยับยั้งการเจริญเติบโตของยุงลายบ้านของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง น้ำมันตะไคร้หอม และน้ำมันยูคาลิปตัส เพื่อเป็นข้อมูล ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดสะเดาช้างที่เก็บจากศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน 2554 ไปตากแห้งและกะเทาะเปลือกหุ้มเมล็ดออก นำเนื้อในเมล็ด (seed kernel) ปั่นหยาบด้วยเครื่องปั่น (blender) แล้วนำไปสกัดน้ำมันด้วยวิธีการแช่ยุ่ย (marceration) และวิธีซอกเลต (soxhlet extraction) การสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ยนั้น นำเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างใส่ในขวดแก้วใสปากแคบเติมตัวทำละลาย *n*-hexane ให้ท่วม ปิดฝาขวดให้สนิทตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน กรองสารละลายที่ได้นำไปประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 60°C หลังจากนั้นนำไประเหยในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) เพื่อกำจัดตัวทำละลายที่อาจหลงเหลืออยู่ให้หมด ได้น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ยก่อนนำไปทดสอบต่อไป ส่วนการสกัดด้วยวิธีซอกเลตนั้น ใช้ตัวทำละลายเดียวกันสกัดเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายเช่นเดียวกันกับวิธีการข้างต้น ได้น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีซอกเลต นำน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างที่สกัดได้ทั้ง 2 วิธีดังกล่าวไปทดสอบความเป็นพิษฆ่าลูกน้ำยุงลายบ้านในรุ่น F2 วัยที่ 3-4 ซึ่งได้จากการเลี้ยงเพิ่มจำนวนในห้องปฏิบัติการ (อุณหภูมิเฉลี่ย 28.51±0.99°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80.37±4.41%) โดยทดลองในถ้วยทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร ลึก 6 เซนติเมตร ที่มีน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร และมีลูกน้ำยุงลายบ้าน 20 ตัว/ถ้วย โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างทดสอบเท่ากับ 0, 100, 300, 500, 800, 1,000, 1,500, และ 2,000 ppm แต่ละความเข้มข้นทดสอบ 5 ซ้ำ เปรียบเทียบกับผลการทดสอบของน้ำมันตะไคร้หอมและน้ำมันยูคาลิปตัสซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขององค์การเภสัชกรรมที่วางจำหน่ายในท้องตลาดที่ระดับความเข้มข้นและเวลาเดียวกัน บันทึกจำนวนลูกน้ำที่ตายเพื่อคำนวณหาความเข้มข้นที่ทำให้ลูกน้ำตาย 50% (LC_{50}) ที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยวิธีโปรบิท (probit analysis) พร้อมทั้งบันทึกจำนวนลูกน้ำที่พัฒนาเป็นระยะดักแด้และตัวเต็มวัยที่เวลา 120 ชั่วโมง เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของจำนวนการเข้าดักแด้และจำนวนตัวเต็มวัยของน้ำมันทดสอบชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบหลังทดสอบ 24 ชั่วโมงเมื่อนำจำนวนลูกน้ำที่ตายคำนวณค่า LC_{50} ด้วยวิธีโปรบิท พบว่าน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ย น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีซอกเลต น้ำมันยูคาลิปตัสและน้ำมันตะไคร้หอมการค้าเท่ากับ 348.01, 407.64, 480.22 และ 61.87 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำมันทดสอบที่ทำให้ลูกน้ำตาย 50% (LC_{50}) ของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างทั้งสองชนิดพบว่า สอดคล้องกับงานของ Kaewnang และคณะ (2001) ซึ่งรายงานว่าหลังการทดสอบ 24 ชั่วโมง ค่า LC_{50} ของน้ำมันเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างเท่ากับ 403.6 ppm (285.7-563.7 ppm) และพบว่าค่า LC_{50} ของน้ำมันตะไคร้หอมซึ่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการทดสอบดังกล่าวสูงกว่า ซึ่งทดสอบผลการฆ่าลูกน้ำยุงลายของน้ำมันตะไคร้หอมพบว่ามีค่า LC_{50} เท่ากับ 40.43 ppm (36.3-50.4 ppm) หลังการทดสอบ 120 ชั่วโมง พบว่าจำนวนลูกน้ำทั้งหมดที่รอดหลังการทดสอบด้วยน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างและน้ำมันตะไคร้หอมสามารถเข้าดักแด้ได้สูงสุดไม่เกิน 13% ส่วนน้ำมันยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้น 100 ppm มีการเข้าดักแด้สูงถึง 61% และต่ำสุดที่ความเข้มข้น 500 ppm มีการเข้าดักแด้ 15% นอกจากนั้นพบว่าน้ำมันทดสอบทุกชนิดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายบ้าน เนื่องจากผลการบันทึกพบระยะเวลาพัฒนาเข้าสู่ระยะดักแด้และตัวเต็มวัยนานกว่าชุดควบคุม (น้ำเปล่า) 3-4 วัน โดยลูกน้ำกลายเป็นตัวเต็มวัยเพียง 1-5% เท่านั้น เมื่อได้รับน้ำมันตะไคร้หอมที่ความเข้มข้น 100 ppm น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างที่ความเข้มข้น 100 ถึง 500 ppm และน้ำมันยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้น 500 ppm (Table 2)

Table 1 LC_{50} and percent mortality of *Aedes aegypti* larvae after exposure to various concentrations of thiam seed oils, citronella oil and eucalyptus oil at 24 hours

Oils	LC_{50} (mg/l)	95% Fiducial limit	
		Lower	Upper
Macerated Thiam seed oils	348.01	229.40	468.99
Soxhlet-extracted Thiam seed oils	407.64	286.85	533.23
Citronella oil	61.87	7.14	112.29
Eucalyptus oil	480.22	402.12	554.48

Table 2 Percent pupation and emerged adult survived from *Aedes aegypti* larvae after exposure to various concentrations of thiam seed oils, citronella oil and eucalyptus oil at 120 hours

Concentration (ppm)	Percent of pupation and adult (% Mean±SEM) [1]							
	Macerated thiam seed oil		Soxhlet-extracted Thiam seed oil		Citronella oil		Eucalyptus oil	
	Pupation	Adult	Pupation	Adult	Pupation	Adult	Pupation	Adult
0	90.0±5.0a	78.0±4.4a	86.0±4.1a	77.0±5.7a	91.0±6.5a	76.0±5.4a	87.0±7.5a	81.0±5.4a
100	13.0±2.7b	5.0±3.5b	10.0±6.1bc	3.0±2.7b	7.0±4.4b	2.0±2.7b	61.0±7.4b	31.0±10.2b
300	9.0±4.1c	2.0±2.7bc	13.0±5.7b	4.0±4.1b	0.0±0.0c	0.0±0.0b	52.0±6.7c	27.0±5.7b
500	3.0±4.4d	1.0±2.2c	7.6±5.1c	2.0±2.7b	0.0±0.0c	0.0±0.0b	15.0±3.5c	2.0±2.7c
800	1.0±2.2d	0.0±0.0c	1.0±2.2d	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0c
1000	0.0±0.0d	0.0±0.0c	0.0±0.0d	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0c
1500	0.0±0.0d	0.0±0.0c	0.0±0.0d	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0c
2000	0.0±0.0d	0.0±0.0c	0.0±0.0d	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0c

[1] Means with different superscripts within the same column are significantly different at P<0.05 by DMRT

สรุปผล

จากการศึกษาผลการฆ่าลูกน้ำยุงลายบ้านของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง น้ำมันตะไคร้หอมและน้ำมันยูคาลิปตัส ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันพบว่า น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ยและน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีซอกเลตที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1000 ppm น้ำมันตะไคร้หอมที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 500 ppm และน้ำมันยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1000 ppm สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้ใกล้เคียงหรือเท่ากับ 100% นอกจากนั้นพบว่าน้ำมันทดสอบทุกชนิดสามารถยับยั้ง

การเจริญเติบโตกลายเป็นตัวเต็มวัยได้ แต่น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างและน้ำมันตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพดีกว่าน้ำมันยูคาลิปตัสอยู่มากในระดับความเข้มข้นเดียวกัน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นแนวทางเพื่อการพัฒนาน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง น้ำมันตะไคร้หอมและน้ำมัน ยูคาลิปตัสเป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

จินดา อุทัยศิลป์, 2555, การป้องกันและกำจัดยุง, วารสารกสิกร, 42: 499-511.

ชิษณุ พันธุ์เจริญ ดารินทร์ ซอโสตถิกุล อภิชัย คงพัฒนะโยธิน อุษา ทิสยากร และ วันล่า กุลวิชิต, 2547, โรคติดเชื้อไวรัสเด็งกี่, องค์ความรู้ใหม่และแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง, จุฬาลงกรณ์เวชสาร, 48(4): 253-267.

สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, สรุปสถานการณ์ไข้เลือกออกประจำปี [สืบค้น], http://www.boe.moph.go.th/boedb/surdata/disease.php?dcontent=old&ds=26 [28/ June /2555].

อรัญ งามผ่องใส สนั่น ศุภธีรสกุล และ ธีระพล ศรีชนะ, 2552, การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างเพื่อควบคุมยุงลายบ้าน, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 94 หน้า.

Harrington, R., Fleming, R. and Woiwood, I.P., 2001, Climate Change Impacts on Insect Management and Conservation in Temperate Regions, Agricultural and Forest Entomology, 3: 233-240.

Kaewnang O.E., Ngampongsai, A., Subhadhirasakul, S. and Srichana, T., 2011, Toxicity of Fixed Oil and Crude Extract from Sa-dao-thiam, *Azadirachta excelsa* (Jack) Seed Kernel to *Aedes aegypti* (L.), The Songklanakarin Journal of Science and Technology, 33: 43-49.

Katz, T.M., Miller, J.H. and Hebert, A.A., 2008, Insect Repellents: Historical Perspective and New Developments, Journal of the American Academy of Dermatology, 58: 865-871.

Lapcharoen, P., Apiwathnasorn, C., Komalamisra, N., Dekumyoy, P., Palakul, K. and Rongsriyam, Y., 2005, Three Indigenous Thai Medicinal Plants for Control of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*, The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health, 36(4): 167-175.

Platt, K.B., Linthicum, K.J., Myint, K.S., Innis, B.L., Lerdthusnee, K. and Vaughan, D.W., 1997, Impact of Dengue Virus Infection on Feeding Behavior of *Aedes aegypti*, The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 57: 119–125.

Rongsriyam, Y., Trongtokit, Y., Komalamisra, N., Sinchaipanich, N., Apiwathnasorn, C. and Mitrejet, A., 2006, Formulation of Tablets from the Crude Extract of *Rhinacanthus nasutus* (Thai local plant) Against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* Larvae: a Preliminary Study, The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health, 37: 265-271.

ผลของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างและน้ำมันหอมระเหยบางชนิดต่อการตายและการพัฒนาของลูกน้ำยุงลายบ้าน

Effects of Thiam Seed Oil and some Essential Oils on Mortality and Development of *Aedes aegypti* (L.) Llarva

มัสรินทร์ วิวัฒน์[1] **อรัญ งามผ่องใส**[1] **สนั่น ศุภธีรสกุล**[2] **และ ธีระพล ศรีชนะ**[3]

Viwat, M.[1], Ngampongsai, A.[1], Subhadhirasakul, S.[2] and Srichana, T.[3]

Abstract

The objectives of this study were to investigate effects of thiam (*Azadirachta excelsa* Jack.) seed oils, citronella oil (*Cymbopogon nardus*) and eucalyptus oil (*Eucalyptus camaldalensis*) on mortality and growth of *Aedes aegypti* larvae. The 3rd- 4th instar larvae of *Ae. aegypti* were subjected to different concentrations of 0, 100, 300, 500, 800, 1,000, 1,500 and 2,000 ppm of the macerated and soxhlet-extracted thiam seed oils in a comparison with the citronella and eucalyptus oils at the same concentrations. A lethal concentration (LC_{50}) of all tested oils was calculated by using probit analysis at 24 hr. after treatment. Percentages of emerged adults developed from the treated larvae were recorded at 120 hr. after treatment. The results showed that the citronella oil was the most toxic to *Ae. aegypti* larvae, followed by the macerated thiam seed oil, the soxhlet-extracted thiam seed oil and the eucalyptus oil, with the LC_{50} values of 61.87, 348.01, 407.64 and 480.22 mg/l, respectively. All tested oils inhibited growth of larvae due to a 3-4 day delayed development to pupa and adult stages compared to control (water). In addition, the emergenced adult percentages markedly decreased in larvae treated with tested oils. The result showed that 1-5% after exposed to the citronella oil (100 ppm), the thiam seed oils (100-500 ppm) and the eucalyptus oil (500 ppm). In conclusion, citronella oil is a high potential to develop as a larvicide to control *Ae. aegypti* larvae in the future.

Keywords: thiam (*Azadirachta excelsa*) seed oil, maceration, soxhlet extraction

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง (*Azadirachta excelsa* Jack.) น้ำมันตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus*) และน้ำมันยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldalensis*) ต่อการตายและการพัฒนาของลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) โดยนำลูกน้ำวัยที่ 3-4 ทดสอบกับน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีแช่และวิธีซอกเลตที่ความเข้มข้น 0, 100, 300, 500, 800, 1,000, 1,500, และ 2,000 ppm เปรียบเทียบกับน้ำมันตะไคร้หอมและน้ำมันยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้นเดียวกัน คำนวณความเข้มข้นที่ทำให้ลูกน้ำตาย 50% (LC_{50}) ของน้ำมันที่ทดสอบที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยวิธีโปรบิทและเปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำที่ 120 ชั่วโมงหลังทดสอบ ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันตะไคร้หอมออกฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงลายบ้านได้ดีที่สุด รองลงมาคือน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ย น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีซอกเลตและน้ำมันยูคาลิปตัส ซึ่งมีค่า LC_{50} เท่ากับ 61.87, 348.01, 407.64 และ 480.22 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ น้ำมันทดสอบทุกชนิดยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุง เนื่องจากใช้ระยะเวลาพัฒนาเข้าสู่ระยะดักแด้และตัวเต็มวัยนานกว่าชุดควบคุม (น้ำเปล่า) 3-4 วัน นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำต่ำลงอย่างเด่นชัด เมื่อลูกน้ำได้รับน้ำมันทดสอบ โดยลูกน้ำกลายเป็นตัวเต็มวัยเพียง 1-5% เท่านั้น เมื่อได้รับน้ำมันตะไคร้หอม (100 ppm) น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง (100-500 ppm) และน้ำมันยูคาลิปตัส (500 ppm) ดังนั้นน้ำมันตะไคร้หอมมีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านในอนาคต

คำสำคัญ: น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง วิธีแช่ยุ่ย วิธีซอกเลต

คำนำ

[1] ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

[1] Department of Pest Management, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla 90112

[2] คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

[2] Faculty of Traditional Thai Medicine, Prince of Songkla University, Songkla 90112

[3] ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

[3] Departments of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Prince of Songkla University, Songkla 90112

ยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti* L.) มีความสำคัญทางด้านระบาดวิทยาของโรคที่มีแมลงเป็นพาหะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นแมลงพาหะหลักของโรคไข้เลือดออก (Dengue hemorrhagic fever, DHF) ซึ่งเกิดจากเชื้อไวรัสเด็งกี่ เป็นปัญหาสำคัญทางด้านสาธารณสุขของประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแปซิฟิกตะวันตก (ชิษณุ และคณะ, 2547) และยังเป็นพาหะนำโรคอื่นๆ เช่น โรคชิคุนกุนยาเกิดจากเชื้อไวรัสชิคุนกุนยาและโรคไข้เหลืองเกิดจากเชื้อไวรัสกลุ่มฟาวิไวรัส (Platt และคณะ, 1997; Harrington และคณะ, 2001) ในประเทศไทยมีรายงานว่าแต่ละปีพบผู้ป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกเป็นจำนวนมาก ในช่วงปี พ.ศ. 2550-2554 พบจำนวนผู้ป่วยสูงถึง 398,605 ราย เสียชีวิต 449 ราย โดยพบจำนวนผู้ป่วยสูงในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน (สำนักระบาดวิทยา, 2555) ยุงลายบ้านมีวงจรชีวิตค่อนข้างสั้น สามารถขยายพันธุ์ได้ตลอดทั้งปีและพบได้ทุกชุมชนทั่วประเทศ ประกอบกับมีศัตรูทางธรรมชาติน้อย ทำให้เพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว (จินดา, 2512) แม้ว่าในปัจจุบันกำลังมีการพัฒนาวัคซีนเพื่อป้องกันการติดเชื้อไวรัสเด็งกี่ แต่ก็ยังไม่มียาที่สามารถฆ่าเชื้อไวรัสเด็งกี่ได้ ดังนั้นวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดของโรคไข้เลือดออกในปัจจุบัน คือ การป้องกันไม่ให้เป็นโรคโดยการควบคุมยุงลายบ้านให้มีจำนวนลดลง การควบคุมโดยใช้สารเคมีได้รับความนิยมสูงเนื่องจากให้ผลรวดเร็ว แต่ควรตระหนักถึงประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการใช้ต่อคนและสัตว์ (Katz และคณะ, 2008) ดังนั้นปัจจุบันจึงมีการศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชควบคุมยุงลายมากยิ่งขึ้นเนื่องจากมีความปลอดภัยต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ประเทศไทยมีรายงานการศึกษาใช้สารสกัดจากพืชหลายชนิดมาใช้ควบคุมยุงลาย (Kaewnang และคณะ, 2001; Rongsriyam และคณะ, 2006; Lapcharoen และคณะ, 2005) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารสกัดจากเมล็ดสะเดาช้างซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นในภาคใต้ของประเทศไทยนั้นจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างมีศักยภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดี (อรัญ และคณะ, 2552) ในขณะที่น้ำมันตะไคร้หอมและน้ำมันยูคาลิปตัสในปัจจุบันมีการนำมาใช้ในการไล่ยุงตัวเต็มวัย แต่ยังไม่ได้นำมาใช้ฆ่าลูกน้ำยุงลาย ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาเบื้องต้นการออกฤทธิ์ฆ่าและยับยั้งการเจริญเติบโตของยุงลายบ้านของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง น้ำมันตะไคร้หอม และน้ำมันยูคาลิปตัส เพื่อเป็นข้อมูล ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดสะเดาช้างที่เก็บจากศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน 2554 ไปตากแห้งและกะเทาะเปลือกหุ้มเมล็ดออก นำเนื้อในเมล็ด (seed kernel) ปั่นหยาบด้วยเครื่องปั่น (blender) แล้วนำไปสกัดน้ำมันด้วยวิธีการแช่ยุ่ย (marceration) และวิธีซอกเลต (soxhlet extraction) การสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ยนั้น นำเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างใส่ในขวดแก้วใสปากแคบเติมตัวทำละลาย *n*-hexane ให้ท่วม ปิดฝาขวดให้สนิทตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน กรองสารละลายที่ได้นำไปประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 60°C หลังจากนั้นนำไประเหยในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) เพื่อกำจัดตัวทำละลายที่อาจหลงเหลืออยู่ให้หมด ได้น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ยก่อนนำไปทดสอบต่อไป ส่วนการสกัดด้วยวิธีซอกเลตนั้น ใช้ตัวทำละลายเดียวกันสกัดเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายเช่นเดียวกันกับวิธีการข้างต้น ได้น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีซอกเลต นำน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างที่สกัดได้ทั้ง 2 วิธีดังกล่าวไปทดสอบความเป็นพิษฆ่าลูกน้ำยุงลายบ้านในรุ่น F2 วัยที่ 3-4 ซึ่งได้จากการเลี้ยงเพิ่มจำนวนในห้องปฏิบัติการ (อุณหภูมิเฉลี่ย 28.51±0.99°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80.37±4.41%) โดยทดลองในถ้วยทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร ลึก 6 เซนติเมตร ที่มีน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร และมีลูกน้ำยุงลายบ้าน 20 ตัว/ถ้วย โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างทดสอบเท่ากับ 0, 100, 300, 500, 800, 1,000, 1,500, และ 2,000 ppm แต่ละความเข้มข้นทดสอบ 5 ซ้ำ เปรียบเทียบกับผลการทดสอบของน้ำมันตะไคร้หอมและน้ำมันยูคาลิปตัสซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขององค์การเภสัชกรรมที่วางจำหน่ายในท้องตลาดที่ระดับความเข้มข้นและเวลาเดียวกัน บันทึกจำนวนลูกน้ำที่ตายเพื่อคำนวณหาความเข้มข้นที่ทำให้ลูกน้ำตาย 50% (LC_{50}) ที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยวิธีโปรบิท (probit analysis) พร้อมทั้งบันทึกจำนวนลูกน้ำที่พัฒนาเป็นระยะดักแด้และตัวเต็มวัยที่เวลา 120 ชั่วโมง เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของจำนวนการเข้าดักแด้และจำนวนตัวเต็มวัยของน้ำมันทดสอบชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบหลังทดสอบ 24 ชั่วโมงเมื่อนำจำนวนลูกน้ำที่ตายคำนวณค่า LC_{50} ด้วยวิธีโปรบิท พบว่าน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ย น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีซอกเลต น้ำมันยูคาลิปตัสและน้ำมันตะไคร้หอมการค้าเท่ากับ 348.01, 407.64, 480.22 และ 61.87 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำมัน

ทดสอบที่ทำให้ลูกน้ำตาย 50% (LC_{50}) ของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างทั้งสองชนิดพบว่า สอดคล้องกับงานของ Kaewnang และคณะ (2001) ซึ่งรายงานว่าหลังการทดสอบ 24 ชั่วโมง ค่า LC_{50} ของน้ำมันเนื้อในเมล็ดสะเดาช้างเท่ากับ 403.6 ppm (285.7-563.7 ppm) และพบว่าค่า LC_{50} ของน้ำมันตะไคร้หอมซึ่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการทดสอบดังกล่าวสูงกว่า ซึ่งทดสอบผลการฆ่าลูกน้ำยุงลายของน้ำมันตะไคร้หอมพบว่ามีค่า LC_{50} เท่ากับ 40.43 ppm (36.3-50.4 ppm) หลังการทดสอบ 120 ชั่วโมง พบว่าจำนวนลูกน้ำทั้งหมดที่รอดหลังการทดสอบด้วยน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างและน้ำมันตะไคร้หอมสามารถเข้าดักแด้ได้สูงสุดไม่เกิน 13% ส่วนน้ำมันยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้น 100 ppm มีการเข้าดักแด้สูงถึง 61% และต่ำสุดที่ความเข้มข้น 500 ppm มีการเข้าดักแด้ 15% นอกจากนั้นพบว่าน้ำมันทดสอบทุกชนิดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายบ้าน เนื่องจากผลการบันทึกพบระยะเวลาพัฒนาเข้าสู่ระยะดักแด้และตัวเต็มวัยนานกว่าชุดควบคุม (น้ำเปล่า) 3-4 วัน โดยลูกน้ำกลายเป็นตัวเต็มวัยเพียง 1-5% เท่านั้น เมื่อได้รับน้ำมันตะไคร้หอมที่ความเข้มข้น 100 ppm น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างที่ความเข้มข้น 100 ถึง 500 ppm และน้ำมันยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้น 500 ppm (Table 2)

Table 1 LC_{50} and percent mortality of *Aedes aegypti* larvae after exposure to various concentrations of thiam seed oils, citronella oil and eucalyptus oil at 24 hours

Oils	LC_{50} (mg/l)	95% Fiducial limit	
		Lower	Upper
Macerated Thiam seed oils	348.01	229.40	468.99
Soxhlet-extracted Thiam seed oils	407.64	286.85	533.23
Citronella oil	61.87	7.14	112.29
Eucalyptus oil	480.22	402.12	554.48

Table 2 Percent pupation and emerged adult survived from *Aedes aegypti* larvae after exposure to various concentrations of thiam seed oils, citronella oil and eucalyptus oil at 120 hours

Concentration (ppm)	Percent of pupation and adult (% Mean±SEM)[1]							
	Macerated thiam seed oil		Soxhlet-extracted Thiam seed oil		Citronella oil		Eucalyptus oil	
	Pupation	Adult	Pupation	Adult	Pupation	Adult	Pupation	Adult
0	90.0±5.0a	78.0±4.4a	86.0±4.1a	77.0±5.7a	91.0±6.5a	76.0±5.4a	87.0±7.5a	81.0±5.4a
100	13.0±2.7b	5.0±3.5b	10.0±6.1bc	3.0±2.7b	7.0±4.4b	2.0±2.7b	61.0±7.4b	31.0±10.2b
300	9.0±4.1c	2.0±2.7bc	13.0±5.7b	4.0±4.1b	0.0±0.0c	0.0±0.0b	52.0±6.7c	27.0±5.7b
500	3.0±4.4d	1.0±2.2c	7.6±5.1c	2.0±2.7b	0.0±0.0c	0.0±0.0b	15.0±3.5c	2.0±2.7c
800	1.0±2.2d	0.0±0.0c	1.0±2.2d	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0c
1000	0.0±0.0d	0.0±0.0c	0.0±0.0d	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0c
1500	0.0±0.0d	0.0±0.0c	0.0±0.0d	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0c
2000	0.0±0.0d	0.0±0.0c	0.0±0.0d	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0b	0.0±0.0c	0.0±0.0c

[1] Means with different superscripts within the same column are significantly different at $P<0.05$ by DMRT

สรุปผล

จากการศึกษาผลการฆ่าลูกน้ำยุงลายบ้านของน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง น้ำมันตะไคร้หอมและน้ำมันยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้นแตกต่างกันพบว่า น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีแช่ยุ่ยและน้ำมันเมล็ดสะเดาช้างสกัดด้วยวิธีซอกเลตที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1000 ppm น้ำมันตะไคร้หอมที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 500 ppm และน้ำมันยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1000 ppm สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้ใกล้เคียงหรือเท่ากับ 100% นอกจากนั้นพบว่าน้ำมันทดสอบทุกชนิดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตกลายเป็นตัวเต็มวัยได้ แต่น้ำมันเมล็ดสะเดาช้างและน้ำมันตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพดีกว่าน้ำมันยูคาลิปตัสอยู่มากในระดับความเข้มข้นเดียวกัน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นแนวทางเพื่อการพัฒนาน้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง น้ำมันตะไคร้หอมและน้ำมัน ยูคาลิปตัสเป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

จินดา อุทัยศิลป์, 2555, การป้องกันและกำจัดยุง, วารสารกสิกร, 42: 499-511.

ชิษณุ พันธุ์เจริญ ดารินทร์ ซอโสตถิกุล อภิชัย คงพัฒนะโยธิน อุษา ทิสยากร และ วันล่า กุลวิชิต, 2547, โรคติดเชื้อไวรัสเด็งกี่, องค์ความรู้ใหม่และแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง, จุฬาลงกรณ์เวชสาร, 48(4): 253-267.

สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, สรุปสถานการณ์ไข้เลือกออกประจำปี [สืบค้น], http://www.boe.moph.go.th/boedb/surdata/disease.php?dcontent=old&ds=26 [28/ June /2555].

อรัญ งามผ่องใส สนั่น ศุภธีรสกุล และ ธีระพล ศรีชนะ, 2552, การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันและสารสกัดหยาบเมล็ดสะเดาช้างเพื่อควบคุมยุงลายบ้าน, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 94 หน้า.

Harrington, R., Fleming, R. and Woiwood, I.P., 2001, Climate Change Impacts on Insect Management and Conservation in Temperate Regions, Agricultural and Forest Entomology, 3: 233-240.

Kaewnang O.E., Ngampongsai, A., Subhadhirasakul, S. and Srichana, T., 2011, Toxicity of Fixed Oil and Crude Extract from Sa-dao-thiam*, Azadirachta excelsa* (Jack) Seed Kernel to *Aedes aegypti* (L.), The Songklanakarin Journal of Science and Technology, 33: 43-49.

Katz, T.M., Miller, J.H. and Hebert, A.A., 2008, Insect Repellents: Historical Perspective and New Developments, Journal of the American Academy of Dermatology, 58: 865-871.

Lapcharoen, P., Apiwathnasorn, C., Komalamisra, N., Dekumyoy, P., Palakul, K. and Rongsriyam, Y., 2005, Three Indigenous Thai Medicinal Plants for Control of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*, The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*,* 36(4): 167-175.

Platt, K.B., Linthicum, K.J., Myint, K.S., Innis, B.L., Lerdthusnee, K. and Vaughan, D.W., 1997, Impact of Dengue Virus Infection on Feeding Behavior of *Aedes aegypti*, The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 57: 119–125.

Rongsriyam, Y., Trongtokit, Y., Komalamisra, N., Sinchaipanich, N., Apiwathnasorn, C. and Mitrejet, A., 2006, Formulation of Tablets from the Crude Extract of *Rhinacanthus nasutus* (Thai local plant) Against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* Larvae: a Preliminary Study, The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*,* 37: 265-271.

ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ

The Effect of Temperature on Biogas Production

อัจฉรา พิเลิศ[1] รัตนชัย ไพรินทร์[2] โกวิท ยอดมงคล[1] ธีระธนธร นนทะภา[1] ภัทราวดี ศรีปัญญา[1] และ กาญจนา สุริยนต์[1]

Pilert, A.[1], Pairintra, R.[2], Yodmokon, K.[1], Nantapa, T.[1], Sripunya, P.[1] and Suriyon, K.[1]

Abstract

Thailand is an agriculture country which has many kind of biomass. For the renewable energy, the residue or by product from biomass can be used in thermal energy conversion such as in pyrolysis or gasification. In the other hand it can be used in biological conversion such as biogas production. This process is low cost for renewable energy production. The main parameters which have influence on biogas production are pH, temperature, retention time, C/N ratio of raw material and so forth. The main objective of this research is to investigate the effect of temperature on biogas production. The raw materials are algae, residue from beer production, cow dung. Algae and residue from beer production were mixed with cow dung with the ratio of 1:1, 1:2 and 1:3 and put into 3 liter container at normal temperature of 34°C and at the controlled temperature of 37°C. The composition of biogas were analysied by GC. At the normal temperature, the results showed the methane from algae which mixed with cow feces obtained was 71% at pH of 7.7 for 29 days. At the controlled temperature, the composition of methane was 72% at pH of 7.9 for 25 days. For the residue from beer production mixed with cow dung, at the normal temperature, the methane composition was 62% at pH of 7.7 for 29 days. At the controlled temperature, the composition of methane was 67% at pH of 7.6 for 21 days. By increasing temperature gave a higher methane yield by 3% and 16% respectively. BOD and COD from both conditions were higher than the standard of Thai ministry of manufacture. But it can be re-used in the next biogas production process. The residue from biogas production can be used as a fertilizer. It is suitable of almost plant, because it has no weed or any seed, and contains a lot of nutrient.

Keywords: biogas, renewable energy, temperature, methane yield

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีชีวมวลอยู่เป็นจำนวนมาก ในแง่ของพลังงานทดแทนแล้ว การนำพลังงานจากชีวมวลที่เหลือทิ้งไปใช้ให้เกิดประโยชน์นั้นมีอยู่หลายวิธี ทั้งการใช้กระบวนการทางความร้อนเช่นกระบวนการ pyrolysis หรือกระบวนการ gasification กระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อนเช่นกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่มีอยู่ในชีวมวลที่เหลือทิ้งได้เป็นอย่างดี และมีต้นทุนในการผลิตพลังงานต่อหน่วยค่อนข้างต่ำ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตแก๊สชีวภาพมีอยู่หลายปัจจัยด้วยกันเช่นค่า pH เริ่มต้น อุณหภูมิ ระยะเวลาในการหมัก อัตราส่วน C/N ที่มีอยู่ในวัตถุดิบ ฯลฯ ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเรื่องอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ วัตถุดิบที่ใช้ประกอบไปด้วย สาหร่ายหางกระรอกผสมกับมูลโค และ กากเบียร์สดผสมกับมูลโคในอัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3 โดยนำไปหมักในถังหมักขนาด 3 ลิตร ที่อุณหภูมิห้องปกติ (34°C) และอุณหภูมิควบคุมที่ 37°C นำแก๊สที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบด้วยเครื่อง GC และตรวจวัดค่า BOD, COD จากน้ำในถังหมัก ผลจากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิปกติ สาหร่ายหางกระรอกผสมกับมูลโค สามารถผลิตมีเทนได้ 71% ค่า pH เท่ากับ 7.7 ระยะเวลาที่สามารถผลิตแก๊ส 29 วัน ที่อุณหภูมิควบคุมสามารถผลิตมีเทนได้ 72% ค่า pH เท่ากับ 7.9 ระยะเวลาที่สามารถผลิตแก๊ส 25 วัน ส่วนกากเบียร์สดที่ผสมกับมูลโคที่อุณหภูมิปกติสามารถผลิตมีเทนได้ 62% ค่า pH เท่ากับ 7.7 ระยะเวลาที่สามารถผลิตแก๊ส 29 วัน ที่อุณหภูมิควบคุมสามารถผลิตมีเทนได้ 67% ค่า pH เท่ากับ 7.6 ระยะเวลาที่สามารถผลิตแก๊ส 21 วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอุณหภูมิสามารถช่วยเพิ่ม Yield ในการผลิตแก๊สชีวภาพได้ดีขึ้น 3% และ 16% ตามลำดับ ผลการตรวจวิเคราะห์ค่า BOD, COD ยังสูงกว่ามาตรฐานน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม แต่สามารถนำน้ำเสียเหล่านั้นไปใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตแก๊สชีวภาพในกระบวนการต่อไปได้เป็นอย่างดี อีกทั้งเศษชีวมวลที่เหลือจากการหมักยังสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยให้แก่พืชได้เป็นอย่างดี เพราะปราศจากเมล็ดพืชที่ตกค้าง และมีสารอาหารที่ดีกว่ามูลสัตว์

คำสำคัญ: แก๊สชีวภาพ พลังงานทดแทน อุณหภูมิ Yield ของ มีเทน

[1] สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยนครพนม จ.นครพนม 48000

[1] Research and Development Institute, Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom 48000

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 เทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

คำนำ

ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศไทยประกอบอาชีพเกษตรกรรมและทำการปศุสัตว์ควบคู่กันไป จึงมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ไม่ใช้ และของเสียจากมูลสัตว์ที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ ดังนั้นจึงมีปริมาณวัตถุดิบที่มีศักยภาพเพียงพอสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน เพื่อเป็นการกระจายความเสี่ยงของการใช้พลังงาน พลังงานทดแทนมีด้วยกันหลายประเภท เช่น พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล พลังงานความร้อนใต้ภิภพ เป็นต้น พลังงานแก๊สชีวภาพ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553) เป็นพลังงานทดแทนที่ประเทศไทยมีศักยภาพและมีอุณหภูมิอากาศร้อนชื้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อปัจจัยการผลิตแก๊สชีวภาพ ด้านอุณหภูมิ โดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีเพิ่มอุณหภูมิกับถังหมักแก๊สชีวภาพ ดังนั้นงานวิจัยจึงมุ่งเน้นศึกษาเรื่องอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อได้ข้อมูลที่จะสนับสนุนการเพิ่มปริมาณแก๊สชีวภาพ และนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศของประเทศไทย ซึ่งจะเป็นการช่วยตอบสนองนโยบายการใช้พลังงานทดแทนของกระทรวงพลังงานและช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนออกสู่บรรยากาศ

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ ได้ศึกษาผลการทดลองการผลิตแก๊สชีวภาพจากสาหร่ายหางกระรอกผสมกับมูลโค (ชัยธร, 2553) และ การผลิตแก๊สชีวภาพกากเบียร์สดผสมกับมูลโค (วีระยุทธ, 2552) ที่อัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3 ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ใช้ถังหมักขนาด 3 ลิตร แบ่งการทดลองออกเป็นสองชุดการทดลอง คือ ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 37°C และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมปกติที่ 34°C ทำการหมักแบบเติมวัตถุดิบครั้งเดียว ทำการเก็บผลวัดค่าpH ระยะเวลาในการหมัก ปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้น รวมทั้งตรวจวัดค่า BOD, COD จากน้ำในถังหมัก

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ศึกษา ผลของอุณหภูมิต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ จากมูลโคผสมกับสาหร่ายหางกระรอก และมูลโคผสมกับกากเบียร์สด ทำการทดลองแบบควบคุมอุณหภูมิ (37°C) และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมปกติ (34°C) (Table 1)

Table 1 Effect of temperature on methane content, calorific value, pH and methane production time

Temperature	Material	Methane content (%)	Calorific value (KJ/m^3)	pH	Methane production time (day)
34°C	hydrilla + cow dung	71	44,730	7.7	29
	beer residue + cow dung	62	39,060	7.7	29
37°C	hydrilla + cow dung	72	45,360	7.9	25
	beer residue + cow dung	67	42,210	7.6	21

การผลิตแก๊สชีวภาพที่อัตราส่วน 1:3 มีความเหมาะสมสุด ด้วยวัตถุดิบ สาหร่ายหางกระรอกผสมกับมูลโค ทำการทดลองอุณหภูมิปกติ (34°C) ได้ปริมาณมีเทน 71% ค่าความร้อน (Speece และ Ken, 1970) 44,730 กิโลจูล/ลูกบาศก์เมตร ค่า pH 7.7 ใช้ระยะเวลาในการผลิตแก๊สชีวภาพ 29 วัน และใช้วัตถุดิบเช่นเดียวกัน แต่ควบคุมอุณหภูมิ (37°C) ผลการทดลองได้ปริมาณมีเทน 72% ค่าความร้อน 45,360 กิโลจูล/ลูกบาศก์เมตร ค่าpH 7.9 ระยะเวลาผลิตแก๊สชีวภาพ 25 วัน ส่วนอีกชุดการทดลองใช้วัตถุดิบต่างกัน คือกากเบียร์สดผสมกับมูลโค ทำการทดลองที่อุณหภูมิปกติ (34°C) ได้ปริมาณมีเทน 62% ค่าความร้อน 39,060 กิโลจูล/ลูกบาศก์เมตร ค่า pH 7.7 ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ 29 วัน ส่วนการควบคุมอุณหภูมิ ได้ปริมาณมีเทน 67% ค่าความร้อน 42,210 กิโลจูล/ลูกบาศก์เมตร ค่า pH 7.6 ระยะเวลาที่ผลิตแก๊สชีวภาพ 21 วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอุณหภูมิมีผลต่อการผลิตแก๊สชีวภาพเฉลี่ย 3% เมื่อใช้สาหร่ายหางกระรอกผสมกับมูลโคเป็นวัตถุดิบ เมื่อคิดที่ระยะเวลาในการหมัก 25 วันเท่ากัน และเพิ่มขึ้น 16% เมื่อใช้กากเบียร์สดผสมกับมูลโค เมื่อคิดที่ระยะเวลาในการหมัก 21 วันเท่ากัน ส่วนค่า pH ที่วัดได้ถือเป็นค่า pH ที่ค่อนข้างเหมาะสมต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ ซึ่งไม่ควรต่ำกว่า 6.5 ค่า COD และ BOD ก่อนหมักและหลังหมัก การผลิตแก๊สชีวภาพจากสาหร่ายหางกระรอกผสมกับมูลโคและกากเบียร์สดผสมกับมูลโค (Table 2)

Table 2 COD and BOD content before and after biogas production

Temperature	Material	ratio	COD(mg/L)		BOD(mg/L)		ΔCOD(mg/L)	ΔBOD(mg/L)
			before	after	before	after	(%)	(%)
34°C	hydrilla+ cow dung	1:3	78,410	36,640	8,000	5,500	53	31
	beer residue+ cow dung	1:3	34,808	28,083	11,000	7,500	19.3	31.8
37°C	hydrilla+ cow dung	1:3	78,410	35,821	8,000	5,241	54.31	34.48
	beer residue+ cow dung	1:3	34,808	25,134	11,000	7,000	27.8	36.3

จากผลการทดลอง การวิเคราะห์หาค่า ความสกปรกของน้ำในถังหมัก พบว่า ค่า COD และ BOD ที่ได้จากกระบวนการหมักแก๊สชีวภาพ อยู่ในเกณฑ์สูงกว่ามาตรฐานน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม จึงไม่สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ แต่น้ำหมักสามารถนำไปใช้เป็นหัวเชื้อในการหมักแก๊สชีวภาพครั้งต่อไป และกากที่ได้จากการหมักสามรถนำไปเป็นปุ๋ยชีวภาพได้อย่างดี พลังงานความร้อนที่ได้สามารถนำไปใช้ในเชื้อเพลิงทดแทนพลังงานไฟฟ้า หรือน้ำมันได้เป็นอย่างดี สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งแบบการเผาไหม้โดยตรง และใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน

สรุปผล

จากผลการทดลองการผลิตแก๊สชีวภาพจากสาหร่ายหางกระรอกผสมกับมูลโค (ชัยธร, 2553) และ การผลิตแก๊สชีวภาพกากเบียร์สดผสมกับมูลโค ปัจจัยการเพิ่มอุณหภูมิมีส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาณมีเทน (อัจฉรา, 2554; Boe และคณะ, 2008) (Table 3) แต่ในทางปฏิบัติ การนำแก๊สชีวภาพไปใช้ประโยชน์การหมักที่อุณหภูมิปกติมีความเหมาะสมกว่า เนื่องจากปริมาณมีเทนและค่าความร้อนโดยเฉลี่ย เกิน 60% สามารถติดไฟได้ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงาน ขณะเดียวกันระยะเวลาในการผลิตแก๊สได้นานกว่า และไม่ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายที่จะนำเทคโนโลยีมาเพิ่มอุณหภูมิให้กับถังหมัก

Table 3 Effect of temperature on methane content, calorific value, pH and methane production time

Temperature	Methane content (%)	Calorific value (KJ/m^3)	pH	Methane production time (day)
34 C	66.5%	41,893	7.7	29
37 C	69.5%	43,785	7.75	23

ดังนั้นประเทศไทยมีภูมิอากาศร้อนชื้นอุณหภูมิเฉลี่ย (30-35°C) จึงเป็นปัจจัยส่งผลดี ถึงความเหมาะสมต่อการผลิตแก๊สชีวภาพโดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีอย่างอื่นเข้ามาช่วยต่อระบบถังหมักแก๊ส ขณะเดียวกันยังได้ปุ๋ยหมักคุณภาพดี พร้อมทั้งมีศักยภาพด้านวัตถุดิบของเสีย วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ที่จะช่วยตอบสนองนโยบายด้านพลังงานทดแทนเป็นอย่างดี โดยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ในทางปฏิบัติ ถังหมักผลิตแก๊สชีวภาพควรติดตั้งบริเวณกลางแจ้ง เพื่อให้อุณหภูมิในถังหมักเพิ่มขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งความร้อนจากภายนอกเข้าช่วย
2. ควรศึกษาถึงการกวนผสมเพื่อเพิ่ม และเร่งการผลิตแก๊สชีวภาพ
3. ควรศึกษาประโยชน์ ความเหมาะสม ของแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ ไปใช้กับการเผาไหม้โดยตรงเช่นการนำไปใช้ในการอบแห้งแผ่นยางพารา
4. หมั่นดูแลรักษาระบบถังหมักไม่ให้เกิดรอยรั่ว เพราะจะส่งผลต่อคุณภาพ และการผลิตแก๊สชีวภาพ รวมทั้งการนำกากที่เหลือจากการหมักไปใช้ประโยชน์ในการเป็นปุ๋ยบำรุงพืชต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553, คู่มือการปฏิบัติงานการผลิตและใช้แก๊สชีวภาพอย่างปลอดภัยสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและขยะชุมชน, สำนักวิจัย ค้นคว้าพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 1-4.

ชัยธร เกิดลำเจียก, 2553, การผลิตแก๊สชีวภาพความชื้นต่ำจากกากเบียร์สด, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 8-48.

วีระยุทธ ทองหนู, 2552, การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลโคหมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอกเพื่อใช้เป็นพลังงานเสริมในการอบลดความชื้นแผ่นยางพาราดิบ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 15-113.

อัจฉรา พิเลิศ, 2554, การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างและน้ำเสียจากการผลิตกระดาษสามูลช้างร่วมกับฟางข้าว, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 120 หน้า.

Boe, K., Karakashev, D., Trably, E. and Angelidaki, I., 2008, Effect of Post-Digestion Temperature on Serial CSTR Biogas Reactor Performance, Water Research, 43: 669-676.

Speece, R.E. and Ken, J.A., 1970, The Effect of Short-term Temperature Variations on Methane Production, Journal of the Water Pollution Control Federation, 42(11): 1190-1197.

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดนาโนและไมโครร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค

The Application of Air Micro-and Nano-bubbles in Combination with Sodium Hypochlorite to Inactivate Total Bacteria and Improve the Quality of Fresh-cut Lettuce

ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,2] นพรัตน์ ทัดมาลา[1] และ วาริช ศรีละออง[1]
Pongprasert, N.[1,2], Tatmala, N.[1] and Srilaong, V.[1]

Abstract

This research aims to study the effects of air micro- and nano- bubbles technology (Air-MNBs) on inhibition of total bacteria and improve the quality of fresh-cut lettuce. The results showed that using of Air -MNBs was more effective to inactivate total bacteria than that of 100 ppm sodium hypochlorite (NaOCl) but using of Air-MNBs in combination with 50 ppm showed the most effective. In addtions, Air-MNBs can maintained the quality of fresh-cut lettuce during storage, fresh-cut lettuce washed with Air-MNBs showed a lower incidence of browning symptom and lower amount of total phenolic compounds comparison to control. Air-MNBs also maintained the amount of vitamin C and antioxidant capacity. These results indicated that Air -MNBs may use as an alternative non-chemical method to inactivate total bacteria and improve the quality of fresh cut produce. However, the further research must be needed.

Keywords: fresh-cut lettuce, air micro- and nano- bubbles, total bacteria

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาการผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตลอดจนการรักษาคุณภาพในผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค ผลการทดลองพบว่าการใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ดีกว่าการล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปครอไรท์ความเข้มข้น 100 ppm และยังพบว่าประสิทธิภาพของการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 50 ppm นอกจากนี้การใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนยังสามารถช่วยรักษาคุณภาพของผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา โดยสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด ลดปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ตลอดจนสามารถช่วยชะลอการสูญเสียปริมาณวิตามินซี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้สูงที่จะนำเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดการใช้สารเคมีมาใช้ในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าที่เดิมใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ โดยควรจะมีศึกษาในเชิงลึกต่อไป

คำสำคัญ: ผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน จุลินทรีย์ปนเปื้อนทั้งหมด

คำนำ

ในปัจจุบันนี้ผู้บริโภคได้ให้ความนิยมผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งในทางการค้านั้นจะใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ในการทำความสะอาดเพื่อป้องกันอันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค อย่างไรก็ตามสารอินทรีย์บางชนิดสามารถทำปฏิกิริยากับคลอรีน ก่อให้เกิดสารประกอบคลอรีนที่เป็นพิษและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นศึกษาถึง

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถ.เทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8 Tienthale Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2] สำนักงานส่งเสริมและสนับสนุนการบูรณาการการเรียนรู้ร่วมกับการทำงาน สถาบันการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถ.ประชาอุทิศ บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
[2] Promoting and Supporting Office for Work-integrated Learning, Learning Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru Bangkok 10140

วิธีการใหม่ในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์โดยไม่ใช้สารเคมีที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคนั้นจึงเป็นสิ่งที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหารในปัจจุบัน ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน (Micro- and Nano-bubbles, MNBs) มาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในงานหลายด้าน เช่น การบำบัดน้ำเสีย การเกษตร ด้านสุขภาพ หรือแม้แต่ในกระบวนการผลิตอาหารและเครื่องดื่มที่ต้องการทำให้เกิดโฟม หรือเครื่องดื่มน้ำอัดลม เป็นต้น MNBs เป็นฟองก๊าซขนาดเล็ก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 10 ถึง 200 นาโนเมตร คุณสมบัติเด่นของ MNBs คือมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงและมีความคงตัวอยู่ได้นานในตัวกลางที่เป็นของเหลว ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของก๊าซในของเหลว นอกจากนี้ในขณะที่ MNB เกิดการยุบตัวจะทำให้เกิดออนุมูลอิสระที่มีสาเหตุมากจากความหนาแน่นของไอออนที่บริเวณรอยต่อของก๊าซและของเหลวก่อนที่จะเกิดการยุบตัว (Eriksson และ Ljunggren, 1999) ยังมีรายงานว่าการใช้ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโครและนาโนสามารถช่วยจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในต้นหอม ซึ่งฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่นิยมใช้เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในปัจจุบัน นอกจากนี้การใช้ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโครยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื่อ *E. coli* ได้อีกเช่นเดียวกัน (Kobayashi และคณะ 2009a; Kobayashi, 2009b) อย่างไรก็ตามกลไกและบทบาทของ MNBs ในการยั้งยั้งเชื้อจุลินทรีย์นั้นยังไม่เป็นที่แน่ชัด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไรท์ต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตลอดจนการรักษาคุณภาพในผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้ผักสลัดกรีนโอ๊คที่ทำการปลูกด้วยระบบไฮโดรโปรนิกส์จากฟาร์มที่ปลูกในกรุงเทพมหานคร เมื่อมาถึงยังห้องปฏิบัติการ ทำการคัดเลือกผักที่มีขนาดโตเต็มที่ ลำต้นสมบูรณ์ปราศจากโรคและแมลง หลังจากนั้นทำการแยกลำต้นออกจากวัสดุปลูกและทำการตัดแต่งและหั่นเป็นชิ้นขนาดพอดีคำเพื่อที่จะใช้ในการทดลองต่อไป

นำผักสลัดที่เตรียมไว้มาผ่านการล้างด้วยวิธีต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็น 4 ทรีทเมนต์ๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 1 ถุง บรรจุถุงละ 200 กรัม โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ดังนี้คือ

ทรีทเมนต์ที่ 1 ล้างด้วยน้ำธรรมดา เป็นเวลา 5 นาที (ชุดความคุม)

ทรีทเมนต์ที่ 2 ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลา 5 นาที

ทรีทเมนต์ที่ 3 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน เป็นเวลา 5 นาที

ทรีทเมนต์ที่ 4 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 5 นาที

หลังจากนั้นนำผักสลัดที่ล้างด้วยวิธีต่างๆ มาผ่านเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อทำสะเด็ดน้ำ และบรรจุในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (Active Packaging) ถุงละ 200 กรัม ทำการปิดผนึกด้วยความร้อน และนำไปทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 8 วัน โดยทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทุกๆ 2 วัน ดังนี้ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด คะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัด การเปลี่ยนแปลงสี (Hue angle) ความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไรท์ต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตลอดจนการรักษาคุณภาพในผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าการใช้ ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน นั้นมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนทั้งหมดของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค จาก Figure 1 แสดงให้เห็นว่าทันทีภายหลังจากการล้างด้วยวิธีต่างๆ สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ต่ำกว่าผักกาดหอมที่ล้างด้วยน้ำธรรมดา (ชุดควบคุม) ถึง 2 log CFU/g แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป ในชุดควบคุมนั้นมีแนวโน้มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ผักกาดหอมที่ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 50 ppm มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำที่สุด โดยเฉพาะในวันที่ 6 และ 8 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีทางการค้าที่ใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 100 ppm เพียงอย่างเดียว กลไกของฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนในการเข้าทำลายเชื้อจุลินทรีย์นั้นอาจเป็นผลมาจากสารอนุมูลอิสระประเภท $^{\bullet}OH$ ที่เกิดขึ้นเมื่อฟองอากาศเกิดการยุบตัว โดยเมื่อการยุบตัว

ของฟองก๊าซเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะส่งผลให้เกิดความร้อนสูงขึ้นอย่างมากภายในฟองอากาศที่เกิดเกิดการยุบตัว เนื่องจากเกิดสภาวะ adiabatic compression และ pyrolytic decomposition เกิดขึ้นภายในฟองอากาศในขณะยุบตัวทำให้เกิดอนุมูลอิสระประเภท •OH ที่บริเวณรอยต่อของก๊าซและของเหลวขึ้น (Kimura และ Ando, 2002)

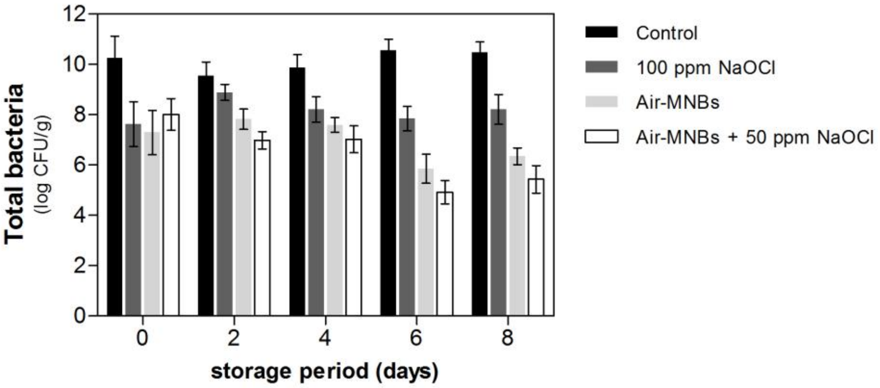


Figure 1 Total bacteria of the fresh-cut lettuce washed with various techniques then stored at 4ºC for 8 days.

นอกจากฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนจะมีประสิทธิภาพช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคแล้วยังมีผลรักษาคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษาด้วยอีกเช่นกัน จากผลการทดลองใน Figure 2A พบว่าฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักกาดหอมในระหว่างเก็บรักษาได้ ซึ่งสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นเป็นผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบฟีนอล ได้สารประกอบ O-quinone และเกิดปฏิกิริยาพอลีเมอไรซ์จนได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาลในที่สุด (Martinez และ Whitaker, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าผักกาดหอมที่ทำการล้างด้วยฟองอากาศขนาดนาโนเพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์มีแนวโน้มของปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 2B)

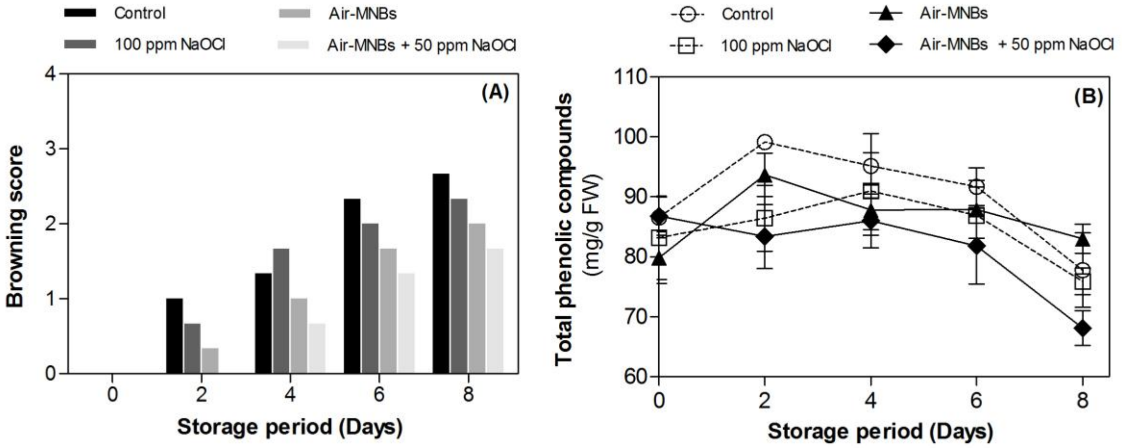


Figure 2 Browning scores (A) and total phenolic compounds (B) of the fresh-cut lettuce washed with various techniques then stored at 4ºC for 8 days.

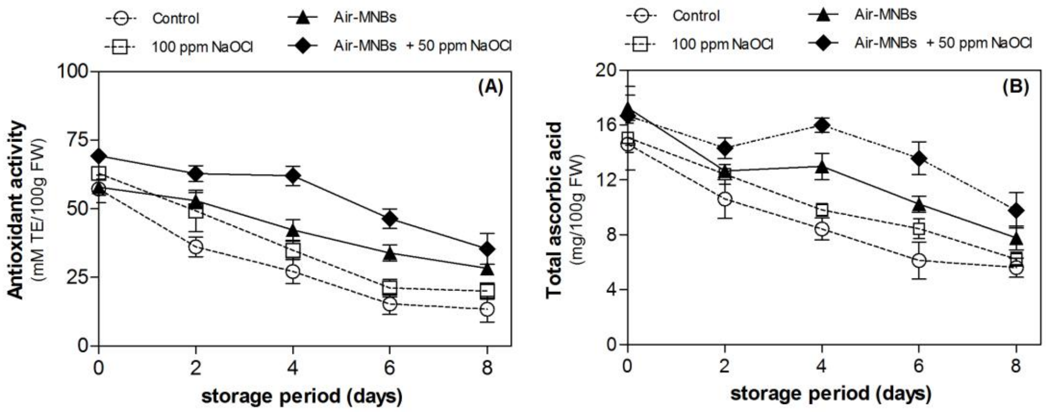


Figure 3 Antioxidant activity (A) and total ascorbic acid (B) of the fresh-cut lettuce washed with various techniques then stored at 4°C for 8 days.

ในระหว่างการเก็บรักษานั้นผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคมีการสูญเสียความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระ และปริมาณวิตามินซีอย่างต่อเนื่องตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure 3A และ 3B) แต่จากผลการทดลองพบว่าการใช้ฟองอากาศขนาดนาโนและไมโครเพียงอย่างเดียวหรือ ร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์นั้นสามารถรักษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณวิตามินซีที่พบว่ามีปริมาณของวิตามินสีมากกว่าในชุดทดลองที่มีการใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน

สรุปผล

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้สูงที่จะนำเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดการใช้สารเคมีมาใช้ในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าที่เดิมใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ หรืออาจใช้ร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้สารเคมีในกระบวนการ นอกจากนี้การใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนยังสามารถช่วยรักษาคุณภาพและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและระยะเวลาในการวางจำหน่ายของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคได้อีกเช่นกัน โดยควรจะมีศึกษาถึงบทบาทและกลไกของฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ตลอดจนคุณภาพในเชิงลึกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Eriksson, J.C. and Ljunggren, S., 1999, On the Mechanically Unstable Free Energy Minimum of a Gas Bubble which is Submerged in Water and Adheres to a Hydrophobic Wall, Colloid and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects, 159: 159–163.

Kimura, T. and Ando, T., 2002, Physical Control of Chemical Reaction by Ultrasonic Waves, Ultrasonic Technology, 14: 7–8.

Kobayashi, F., Ikeura, H., Tamaki, M. and Hayata, Y., 2009a, Application of CO_2 Micro- and Nano-Bubbles at Lower Pressure and Room Temperature to Inactivate Microorganisms in Cut Wakegi (*Allium wakegi* Araki), Acta Horiculturae, 875: 417-424.

Kobayashi, F., Hayata, Y., Ikeura, Y., Tamaki, M., Muto, N. and Osajima, Y., 2009b, Inactivation of Escherichia coli by CO_2 Microbubbles at a Lower Pressure and Near Room Temperature, American Society of Agricultural Engineers, 52: 1621-1626.

Martinez, M.V. and Whitaker, R.J., 1995, The Biochemistry and Control of Enzymatic Browning, Trends in Food Science and Technology, 6: 195-200.

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดนาโนและไมโครร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค

The Application of Air Micro-and Nano-bubbles in Combination with Sodium Hypochlorite to Inactivate Total Bacteria and Improve the Quality of Fresh-cut Lettuce

ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,2] นพรัตน์ ทัดมาลา[1] และ วาริช ศรีละออง[1]
Pongprasert, N.[1,2], Tatmala, N.[1] and Srilaong, V.[1]

Abstract

This research aims to study the effects of air micro- and nano- bubbles technology (Air-MNBs) on inhibition of total bacteria and improve the quality of fresh-cut lettuce. The results showed that using of Air -MNBs was more effective to inactivate total bacteria than that of 100 ppm sodium hypochlorite (NaOCl) but using of Air-MNBs in combination with 50 ppm showed the most effective. In addtions, Air-MNBs can maintained the quality of fresh-cut lettuce during storage, fresh-cut lettuce washed with Air-MNBs showed a lower incidence of browning symptom and lower amount of total phenolic compounds comparison to control. Air-MNBs also maintained the amount of vitamin C and antioxidant capacity. These results indicated that Air -MNBs may use as an alternative non-chemical method to inactivate total bacteria and improve the quality of fresh cut produce. However, the further research must be needed.

Keywords: fresh-cut lettuce, air micro- and nano- bubbles, total bacteria

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาการผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตลอดจนการรักษาคุณภาพในผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค ผลการทดลองพบว่าการใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ดีกว่าการล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปครอไรท์ความเข้มข้น 100 ppm และยังพบว่าประสิทธิภาพของการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 50 ppm นอกจากนี้การใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนยังสามารถช่วยรักษาคุณภาพของผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา โดยสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด ลดปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ตลอดจนสามารถช่วยชะลอการสูญเสียปริมาณวิตามินซี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้สูงที่จะนำเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดการใช้สารเคมีมาใช้ในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าที่เดิมใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ โดยควรจะมีศึกษาในเชิงลึกต่อไป

คำสำคัญ: ผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน จุลินทรีย์ปนเปื้อนทั้งหมด

คำนำ

ในปัจจุบันนี้ผู้บริโภคได้ให้ความนิยมผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งในทางการค้านั้นจะใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ในการทำความสะอาดเพื่อป้องกันอันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค อย่างไรก็ตามสารอินทรีย์บางชนิดสามารถทำปฏิกิริยากับคลอรีน ก่อให้เกิดสารประกอบคลอรีนที่เป็นพิษและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นศึกษาถึง

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถ.เทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

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

[2] สำนักงานส่งเสริมและสนับสนุนการบูรณาการการเรียนรู้ร่วมกับการทำงาน สถาบันการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถ.ประชาอุทิศ บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[2] Promoting and Supporting Office for Work-integrated Learning, Learning Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru Bangkok 10140

วิธีการใหม่ในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์โดยไม่ใช้สารเคมีที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคนั้นจึงเป็นสิ่งที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหารในปัจจุบัน ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน (Micro- and Nano-bubbles, MNBs) มาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในงานหลายด้าน เช่น การบำบัดน้ำเสีย การเกษตร ด้านสุขภาพ หรือแม้แต่ในกระบวนการผลิตอาหารและเครื่องดื่มที่ต้องการทำให้เกิดโฟม หรือเครื่องดื่มน้ำอัดลม เป็นต้น MNBs เป็นฟองก๊าซขนาดเล็ก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 10 ถึง 200 นาโนเมตร คุณสมบัติเด่นของ MNBs คือมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงและมีความคงตัวอยู่ได้นานในตัวกลางที่เป็นของเหลว ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของก๊าซในของเหลว นอกจากนี้ในขณะที่ MNB เกิดการยุบตัวจะทำให้เกิดออนุมูลอิสระที่มีสาเหตุมากจากความหนาแน่นของไอออนที่บริเวณรอยต่อของก๊าซและของเหลวก่อนที่จะเกิดการยุบตัว (Eriksson และ Ljunggren, 1999) ยังมีรายงานว่าการใช้ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโครและนาโนสามารถช่วยจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในต้นหอม ซึ่งฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่นิยมใช้เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในปัจจุบัน นอกจากนี้การใช้ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโครยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื่อ *E. coli* ได้อีกเช่นเดียวกัน (Kobayashi และคณะ 2009a; Kobayashi, 2009b) อย่างไรก็ตามกลไกและบทบาทของ MNBs ในการยั้งยั้งเชื้อจุลินทรีย์นั้นยังไม่เป็นที่แน่ชัด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไรท์ต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตลอดจนการรักษาคุณภาพในผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้ผักสลัดกรีนโอ๊คที่ทำการปลูกด้วยระบบไฮโดรโปรนิกส์จากฟาร์มที่ปลูกในกรุงเทพมหานคร เมื่อมาถึงยังห้องปฏิบัติการ ทำการคัดเลือกผักที่มีขนาดโตเต็มที่ ลำต้นสมบูรณ์ปราศจากโรคและแมลง หลังจากนั้นทำการแยกลำต้นออกจากวัสดุปลูกและทำการตัดแต่งและหั่นเป็นชิ้นขนาดพอดีคำเพื่อที่จะใช้ในการทดลองต่อไป

นำผักสลัดที่เตรียมไว้มาผ่านการล้างด้วยวิธีต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็น 4 ทรีทเมนต์ๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 1 ถุง บรรจุถุงละ 200 กรัม โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ดังนี้คือ

ทรีทเมนต์ที่ 1 ล้างด้วยน้ำธรรมดา เป็นเวลา 5 นาที (ชุดความคุม)

ทรีทเมนต์ที่ 2 ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลา 5 นาที

ทรีทเมนต์ที่ 3 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน เป็นเวลา 5 นาที

ทรีทเมนต์ที่ 4 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 5 นาที

หลังจากนั้นนำผักสลัดที่ล้างด้วยวิธีต่างๆ มาผ่านเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อทำสะเด็ดน้ำ และบรรจุในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (Active Packaging) ถุงละ 200 กรัม ทำการปิดผนึกด้วยความร้อน และนำไปทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 8 วัน โดยทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทุกๆ 2 วัน ดังนี้ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด คะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัด การเปลี่ยนแปลงสี (Hue angle) ความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไรท์ต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตลอดจนการรักษาคุณภาพในผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าการใช้ ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน นั้นมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนทั้งหมดของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค จาก Figure 1 แสดงให้เห็นว่าทันทีภายหลังจากการล้างด้วยวิธีต่างๆ สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ต่ำกว่าผักกาดหอมที่ล้างด้วยน้ำธรรมดา (ชุดควบคุม) ถึง 2 log CFU/g แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป ในชุดควบคุมนั้นมีแนวโน้มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ผักกาดหอมที่ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 50 ppm มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำที่สุด โดยเฉพาะในวันที่ 6 และ 8 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีทางการค้าที่ใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 100 ppm เพียงอย่างเดียว กลไกของฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนในการเข้าทำลายเชื้อจุลินทรีย์นั้นอาจเป็นผลมาจากสารอนุมูลอิสระประเภท $^{\bullet}OH$ ที่เกิดขึ้นเมื่อฟองอากาศเกิดการยุบตัว โดยเมื่อการยุบตัว

ของฟองก๊าซเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะส่งผลให้เกิดความร้อนสูงขึ้นอย่างมากภายในฟองอากาศที่เกิดเกิดการยุบตัว เนื่องจากเกิดสภาวะ adiabatic compression และ pyrolytic decomposition เกิดขึ้นภายในฟองอากาศในขณะยุบตัวทำให้เกิดอนุมูลอิสระประเภท •OH ที่บริเวณรอยต่อของก๊าซและของเหลวขึ้น (Kimura และ Ando, 2002)

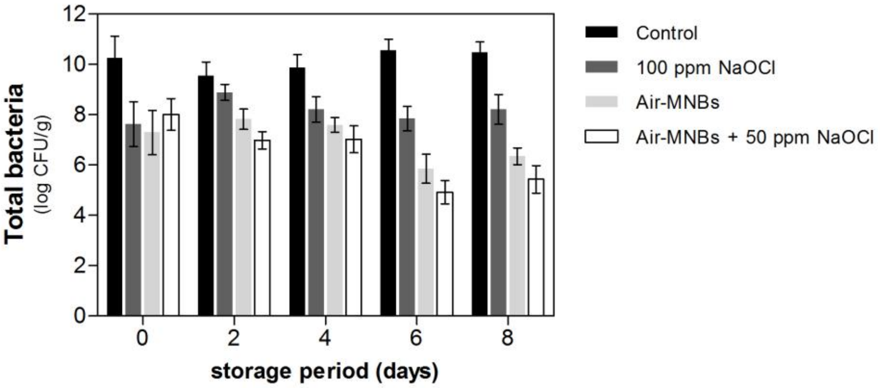


Figure 1 Total bacteria of the fresh-cut lettuce washed with various techniques then stored at 4ºC for 8 days.

นอกจากฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนจะมีประสิทธิภาพช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคแล้วยังมีผลรักษาคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษาด้วยอีกเช่นกัน จากผลการทดลองใน Figure 2A พบว่าฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักกาดหอมในระหว่างเก็บรักษาได้ ซึ่งสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นเป็นผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบฟีนอล ได้สารประกอบ O-quinone และเกิดปฏิกิริยาพอลีเมอไรซ์จนได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาลในที่สุด (Martinez และ Whitaker, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าผักกาดหอมที่ทำการล้างด้วยฟองอากาศขนาดนาโนเพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์มีแนวโน้มของปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 2B)

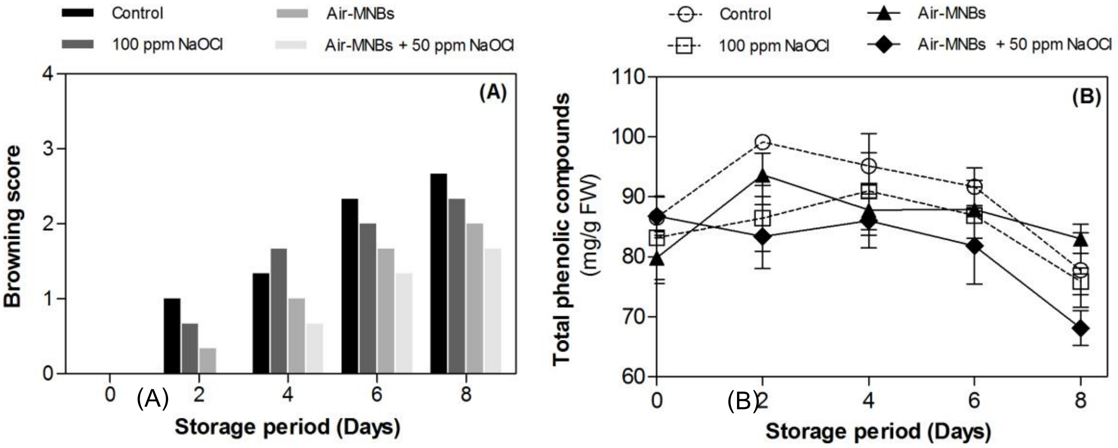


Figure 2 Browning scores (A) and total phenolic compounds (B) of the fresh-cut lettuce washed with various techniques then stored at 4ºC for 8 days.

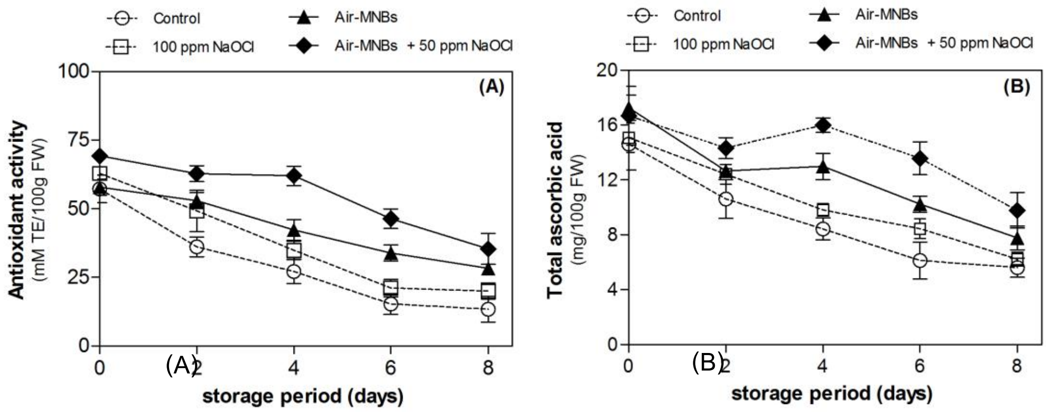


Figure 3 Antioxidant activity (A) and total ascorbic acid (B) of the fresh-cut lettuce washed with various techniques then stored at 4ºC for 8 days.

ในระหว่างการเก็บรักษานั้นผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคมีการสูญเสียความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระ และปริมาณวิตามินซีอย่างต่อเนื่องตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure 3A และ 3B) แต่จากผลการทดลองพบว่าการใช้ฟองอากาศขนาดนาโนและไมโครเพียงอย่างเดียวหรือ ร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์นั้นสามารถรักษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณวิตามินซีที่พบว่ามีปริมาณของวิตามินสีมากกว่าในชุดทดลองที่มีการใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน

สรุปผล

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้สูงที่จะนำเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดการใช้สารเคมีมาใช้ในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าที่เดิมใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ หรืออาจใช้ร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้สารเคมีในกระบวนการ นอกจากนี้การใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนยังสามารถช่วยรักษาคุณภาพและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและระยะเวลาในการวางจำหน่ายของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคได้อีกเช่นกัน โดยควรจะมีศึกษาถึงบทบาทและกลไกของฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ตลอดจนคุณภาพในเชิงลึกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Eriksson, J.C. and Ljunggren, S., 1999, On the Mechanically Unstable Free Energy Minimum of a Gas Bubble which is Submerged in Water and Adheres to a Hydrophobic Wall, Colloid and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects, 159: 159–163.

Kimura, T. and Ando, T., 2002, Physical Control of Chemical Reaction by Ultrasonic Waves, Ultrasonic Technology, 14: 7–8.

Kobayashi, F., Ikeura, H., Tamaki, M. and Hayata, Y., 2009a, Application of CO_2 Micro- and Nano-Bubbles at Lower Pressure and Room Temperature to Inactivate Microorganisms in Cut Wakegi (*Allium wakegi* Araki), Acta Horiculturae, 875: 417-424.

Kobayashi, F., Hayata, Y., Ikeura, Y., Tamaki, M., Muto, N. and Osajima, Y., 2009b, Inactivation of Escherichia coli by CO_2 Microbubbles at a Lower Pressure and Near Room Temperature, American Society of Agricultural Engineers, 52: 1621-1626.

Martinez, M.V. and Whitaker, R.J., 1995, The Biochemistry and Control of Enzymatic Browning, Trends in Food Science and Technology, 6: 195-200.

ผลการใช้น้ำส้มควันไม้มะขามต่อจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียในหญ้าหมัก

Effect of Tamarind Wood Vinegar on Amounts of Lactic Acid Bacteria in Silage

อรรถพล ตันไสว[1] พนอม ศรีวัฒนสมบัติ[2] พิราวรรณ จันประตูมอญ[2] เกศินี สายสุวรรณ[2] ลักษณ์ฐดา พรมขำ[2] จำเนียน เป็กเครือ[2] และ ณิฐิมา เฉลิมแสน[2]

Tansawai, U.[1], Sriwattanasombat, P. [2], Chanpratumon, P. [2], Saisuwan, K. [2], Promkam, L. [2], Pegkrual, J. [2] and Chalermsan, N. [2]

Abstract

This research studied the effect of the use of tamarind wood vinegar at various concentrations on the growth of lactic acid bacteria in silage. Wood vinegar produced from the rest of the trimming tamarind trees. The experiment was conducted 4×4 factorial in completely randomized design (CRD) with 2 factors. One factor was four different concentrations of tamarind wood vinegar added to silage: 0 percent (control), 1, 2 and 3 percent and the other factor was four different fermentation time of ensiling: 7, 14, 21 and 28 days. The results shown that silage added 3 percent tamarind wood vinegar had higher lactic acid bacteria population than the control silage (0 percent tamarind wood vinegar addition) ($P \leq 0.05$). Moreover, 14, 21 and 28 days fermented silage added 3 percent tamarind wood vinegar had higher lactic acid bacteria population than the fermented silage added 1 and 2 percent tamarind wood vinegar. Results of this study indicated that addition of 3 percent tamarind wood vinegar to silage had the most positive effect by increasing the population of lactic acid bacteria in silage that enhance benefit of its fermentation.

Keywords: tamarind wood vinegar, lactic acid bacteria, silage

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลการใช้น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไม้มะขามเหลือจากการตัดแต่งกิ่งที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเพิ่มจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียในหญ้าหมัก โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วยปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้มะขามระยะพักตัว 3 เดือน ที่ใช้ในการหมักหญ้า 4 ระดับ ได้แก่ ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มควบคุม) ระดับ 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาในการหมักหญ้า 4 ระดับ ได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน ผลการทดลอง พบว่า การใช้น้ำส้มควันไม้มะขามที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียมากกว่าตัวอย่างควบคุม (ความเข้มข้น 0 เปอร์เซ็นต์) ในทุกระยะเวลาที่ใช้ในการหมักหญ้า ($P \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มควันไม้มะขามที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ตั้งแต่วันที่ 14, 21 และ 28 ของการหมักหญ้าที่ใช้น้ำส้มควันไม้มะขามความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียมากกว่าทั้งสองระดับความเข้มข้น ($P \leq 0.05$) แสดงว่า การเสริมน้ำส้มควันไม้มะขามในหญ้าหมักที่ความเข้มข้น 3% ช่วยเพิ่มจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการหมักหญ้าได้

คำสำคัญ: น้ำส้มควันไม้มะขาม แลคติกแอซิดแบคทีเรีย หญ้าหมัก

[1] **สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 52 หมู่ 7 ต.บ้านกร่าง อ.เมือง จ. พิษณุโลก 65000**

[1] Department of Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology, Lanna, Phitsanulok Campus 52 Moo 7 Bankrang Muang Phitsanulok 65000

[2] **สาขาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 52 หมู่ 7 ต.บ้านกร่าง อ.เมือง จ. พิษณุโลก 65000**

[2] Department of Animal Science and Fishery, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology, Lanna, Phitsanulok Campus 52 Moo 7 Bankrang Muang Phitsanulok 65000

คำนำ

หญ้าหมักหรือพืชหมัก (silage) หมายถึง พืชอาหารสัตว์ต่างๆ เช่น หญ้า ข้าวโพด หรือถั่ว เป็นต้น ที่นำมาหมักในสภาวะไร้อากาศ เมื่อเกิดกระบวนการหมักแล้ว จะสามารถอยู่ได้นานโดยคุณค่าทางอาหารไม่เปลี่ยนแปลง โดยส่วนใหญ่นิยมนำหญ้ามาเป็นส่วนประกอบหลักในการหมัก เนื่องจากหาได้ง่าย และต้นทุนการผลิตต่ำ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการหมัก คือ แลคติกแอซิดแบคทีเรีย (สายัณห์, 2540) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างกรดแลคติกในหญ้าหมักและทำให้ค่าพีเอชของหญ้าหมักลดลงถึง 4 การที่พีเอชมีค่าเป็นกรดส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อการหมักลดลง เช่น Clostridia หรือแบคทีเรียในวงศ์ Enterobacteriaceae ราและยีสต์บางกลุ่ม เนื่องจากจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะทำให้ค่าพีเอชของหญ้าหมักสูงขึ้น จากการสร้างสารเอมีน แอมโมเนีย กรดไขมัน รวมทั้งลดคุณค่าทางโภชนะของหญ้าหมัก (McDonald, 1981; Pasebani และคณะ, 2010) ดังนั้นจึงมีการเติมแลคติกแอซิดแบคทีเรียลงไปในหญ้าหมัก เพื่อเร่งกระบวนการหมักให้เกิดเร็วขึ้น เช่น Burrenok และคณะ (2005) ได้ทำการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำผลไม้หมักจากเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียในหญ้ากินีหมักจะช่วยเพิ่มการหมักหญ้ากินีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

น้ำส้มควันไม้ (wood vinegar) ได้มาจากการควบแน่นของก๊าซที่ได้จากการเผาถ่านในสภาพอับอากาศ ความร้อนที่ได้จากกระบวนการเผาไม้เพื่อไล่ความชื้นที่อยู่ในเนื้อไม้ในเตา จนทำให้ไม้กลายเป็นถ่าน เรียกว่า คาร์บอนไนเซชั่น ซึ่งช่วงอุณหภูมิในเตาประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส ส่งผลให้สารต่างๆ ในเนื้อไม้เกิดสารประกอบใหม่มากมาย เมื่อทำให้เกิดการควบแน่นจะได้ของเหลวสีน้ำตาลอ่อนปนแดง มีกลิ่นควันไฟ มีค่าพีเอชประมาณ 2.8-3.7 ค่าความถ่วงจำเพาะไม่น้อยกว่า 1.005 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก. -ธ.ก.ส., 2551) ส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้มีหลายชนิด มีน้ำเป็นองค์ประกอบมากที่สุด ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ สารเคมีที่พบในน้ำส้มควันไม้มีมากกว่า 200 ชนิด เช่น สารกลุ่มกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กรดโพรพาโนอิก เป็นต้น สารกลุ่มฟีนอล สารกลุ่มคาร์บอนิล สารกลุ่มแอลกอฮอล์ เป็นต้น (Ku และ Mun, 2006) น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาไม้ต่างชนิดกัน จะส่งผลให้ชนิดและปริมาณของสารเคมีในน้ำส้มควันไม้แตกต่างกันไปด้วย เช่น น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส มีความเป็นกรดต่ำ และมีเมธานอลสูงกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้สะเดา หรือน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาไม้ยางพารา พบสารเคมีประมาณ 100 ชนิด ได้แก่ น้ำ กรดอะซิติก อะซีโตน เอธานอล ครีซอล เป็นต้น

การเติมเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียในหญ้าหมักโดยตรง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดกระบวนการหมักหญ้าได้เร็ว เพื่อลดการสูญเสียทางโภชนะ แต่อย่างไรก็ตามค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญของแลคติกแอซิดแบคทีเรียมีค่าเป็นกรด จึงมักมีการเติมสารเพื่อปรับค่าพีเอชในหญ้าหมักให้เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลการเสริมน้ำส้มควันไม้มะขามระยะพักตัว 3 เดือนในหญ้าหมัก ในการช่วยเพิ่มจำนวนแลคติกแอซิดแบคทีเรียในหญ้าหมัก โดยไม่ต้องเสริมสารชนิดอื่นๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (4x4 Factorial in CRD) แบ่งปัจจัยในการศึกษาทั้งหมด 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้มะขามที่ใช้ในการหมักหญ้า 4 ระดับ ได้แก่ 0 (กลุ่มควบคุม), 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และระยะเวลาที่ใช้ในการหมักหญ้า 4 ระดับ ได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน ทำการตัดหญ้าขนและสับให้มีขนาดที่เหมาะสม นำมาผสมกับน้ำส้มควันไม้มะขามที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ทำการหมักภายในถุงพลาสติกโดยบรรจุหญ้าขนให้แน่น มัดปากถุงพลาสติก บรรจุลงในถังพลาสติกและปิดฝาถัง เมื่อหมักได้ครบตามระยะเวลาที่ต้องการ เก็บตัวอย่างหญ้าหมักจากทุกบริเวณของถุงที่ใช้ในการหมัก นำมาสับให้ละเอียดและคลุกเป็นตัวอย่างเดียวกัน ส่วนหนึ่งนำไปวัดค่าพีเอช และส่วนหนึ่งนำไปชั่งจำนวน 25 กรัม ผสมกับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) สารละลายเปปโตน 225 มิลลิลิตร ทำการเจือจางตัวอย่างจนถึงระดับ 10^{-6} (serial dilution) ดูดสารละลายตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร มาเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar ที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนต 1 เปอร์เซ็นต์ บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ภายใน anaerobic jar นับจำนวนโคโลนีแลคติกแอซิดแบคทีเรีย ที่มีลักษณะเป็นโคโลนีเดี่ยวและมีบริเวณใสรอบโคโลนี (clear zone) (ดัดแปลงวิธีการจาก สมใจ และคณะ, 2550) คำนวณจำนวนเชื้อเป็นค่า Log_{10}CFU/g เปรียบเทียบค่าพีเอชและจำนวนแลคติกแอซิดแบคทีเรียในแต่ละตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 และ 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการใช้น้ำส้มควันไม้มะขามต่อจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียในหญ้าหมัก เมื่อเปรียบเทียบการเสริมด้วยน้ำส้มควันไม้มะขามที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันต่อระยะเวลาของการหมักหญ้า พบว่า จำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียไม่มีความแตกต่างกันในทุกช่วงระยะเวลาของการหมัก (P>0.05) ยกเว้นระดับการเสริมน้ำส้มควันไม้มะขามที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างของจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียในระยะเวลาของการหมักหญ้าวันที่ 7 และ 21 (9.00 และ 8.04 Log_{10} CFU/g ตามลำดับ) (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้มะขามที่แตกต่างกัน พบว่า ในทุกระยะเวลาของหมักหญ้าที่เสริมน้ำส้มควันไม้มะขามเข้มข้น 0 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียน้อยกว่าเชื้อที่แยกได้จากหญ้าหมักที่เสริมด้วยน้ำส้มควันไม้มะขามความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะเดียวกันที่ระดับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้มะขาม 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่พบในหญ้าหมักวันที่ 7 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่อย่างไรก็ตามจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่พบในหญ้าหมักตั้งแต่วันที่ 14, 21 และ 28 จากการเสริมด้วยน้ำส้มควันไม้มะขามที่ความเข้มข้น 3% มีจำนวนเชื้อมากกว่าการเสริมที่ระดับ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$) สำหรับหญ้าหมักที่มีการเสริมด้วยน้ำส้มควันไม้มะขาม พบว่า ในวันที่ 7 มีปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียสูงที่สุด เมื่อเปรียบกับอายุหญ้าหมักในช่วงอื่นๆ

แลคติกแอซิดแบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการหมักหญ้า โดยผลิตกรดแลคติกในหญ้าหมักผ่านการใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่มีอยู่หญ้า ผลลัพธ์ของการผลิตกรดแลคติกจะส่งให้ค่าพีเอชของหญ้าหมักลดลง ทำให้ยับยั้งการเจริญจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นประโยชน์ เช่น *Clostridium* sp. ที่ทำให้หญ้าหมักเกิดการเน่าเสีย เป็นต้น ผลการวิจัยของ Frank และคณะ (2001) พบว่า จากการเสริมเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียลงไปในหญ้าไรย์หมัก สามารถลดจำนวนเชื้อราและยีสต์ได้มากกว่าหญ้าไรย์หมักที่ไม่มีการเสริมเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย ดังนั้น จึงนิยมเติมแลคติกแอซิดแบคทีเรียลงไปในหญ้าเพื่อให้สามารถเกิดกระบวนการหมักและสร้างกรดแลคติกได้เร็ว ลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนะ อย่างไรก็ตามแลคติกแอซิดแบคทีเรียเป็นแบคทีเรียที่ชอบอยู่ในสภาวะเป็นกรด การใช้น้ำส้มควันไม้มะขามจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการเป็นสารเสริมในหญ้าหมักเพื่อช่วยการเจริญของเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 2.8-3.7 จะช่วยปรับพีเอชในหญ้าหมักให้เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อ ส่งผลให้เชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่ปนมากับหญ้าตามธรรมชาติสามารถเจริญได้ดีโดยไม่ต้องเติมเชื้อลงไปเพิ่ม สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ ยกตัวอย่าง เช่น หญ้าหมักอายุ 7 วัน พบว่า หญ้าหมักที่เสริมด้วยน้ำส้มควันไม้มะขามระดับความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.30, 5.36, 5.52 และ 4.94 ตามลำดับ (Table 2) และมีจำนวนแลคติกแอซิดแบคทีเรียเท่ากับ 8.54, 9.00, 9.26 และ 9.61 Log_{10} CFU/g ตามลำดับ

Table 1 Amounts of lactic acid bacteria in silage (Log_{10} CFU/g)

Concentrations of tamarind wood vinegar addition (%)	Time of ensiling (days) 7	14	21	28
0	8.54^{bc}	8.19^{bc}	8.20^{bc}	8.88^{b}
1	9.00^{ab}	8.46^{bc}	8.04^{c}	8.65^{bc}
2	9.26^{ab}	8.63^{bc}	8.70^{bc}	8.84^{b}
3	9.61^{a}	9.42^{a}	9.33^{a}	9.31^{a}

^{a,b,c} Significance difference within values in the same column and row are indicated by different letter ($P \leq 0.05$)

Table 2 pH of silages from different concentrations of tamarind wood vinegar addition and time of ensiling

Concentrations of tamarind wood vinegar addition (%)	Time of ensiling (days)			
	7	14	21	28
0	7.30^{a}	5.01^{d}	4.73^{e}	4.66^{ef}
1	5.36^{ab}	4.94^{d}	4.61^{f}	4.48^{g}
2	5.52^{b}	4.75^{e}	4.61^{f}	4.46^{g}
3	4.94^{d}	4.99^{d}	4.50^{f}	4.47^{g}

^{a,b,c} Significance difference within values in the same column and row are indicated by different letter ($P \leq 0.01$)

สรุปผล

การเสริมน้ำส้มควันไม้มะขามในหญ้าหมักที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ช่วยเพิ่มจำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นเป็นประโยชน์ในกระบวนการหมักหญ้าได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่มีการเสริมน้ำส้มควันไม้มะขาม (0 เปอร์เซ็นต์) ในทุกระยะเวลาของการหมักหญ้า และดีกว่ากลุ่มที่มีการเสริมน้ำส้มควันไม้มะขามที่ระดับ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่วันที่ 14, 21 และ 28 ของการหมักหญ้า

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2554 ภายใต้โครงการวิจัยชุดการผลิตและการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มควันไม้มะขาม

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก.-ธ.ก.ส., น้ำส้มควันไม้ดิบ [สืบค้น], http://mkbiomassandcharcoal.igetweb.com/index.php?mo=3&art=144589 [30/ September /08]

สายัณห์ ทัดศรี, 2540, พืชอาหารสัตว์เขตร้อน, การผลิตและการจัดการ, โรงพิมพ์ลินคอร์น, กรุงเทพฯ, 376 หน้า.

สมใจ ศิริโภค ประวัติ อังประภาพรชัย ขจีนาฏ โพธิเวชกุล และ อรอนงค์ พริ้งศุลกะ, 2550, การคัดเลือกและการจัดจำแนกชนิดแบคทีเรียแลคติกที่สร้างแบคทีริโอซินได้จากอาหารหมัก และการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของแบคทีริโอซินที่ผลิตได้, วารสารวิทยาศาสตร์ มศว, 23(2): 92-114.

Bureenok, S., Namihira, T., Kawamoto, Y. and Nakada, T., 2005, Additive Effects of Fermented Juice of Piphytic Lactic Acid Bacteria on The Fermentative. Quality of Guinea Grass (*Panicum maximum* Jacq.) Silage, Grassland Science, 51: 243-248.

Frank, D., Oude Elferink, S.J.W.H. and Van Wikselaar, P.G., 2001, Fermentation Characteristics and Aerobic Stability of Grass Silage Inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without Homofermentative Lactic Acid Bacteria, Grass and Forage Science, 56: 330-343.

Ku, C.S. and Mun, S.P., 2006, Characterization of Pyrolysis Tar Derived from Lignocellulosic Biomass, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 12: 853-861.

McDonald, P., 1981, The Biochemistry of Silage, 1st Edn. John Wiley and Sons Ltd., Marlow, UK., 226 p.

Pasebani, M., Yaakub, H., Sijam, K. and Alimon, A.R., 2010, Isolation and Identification of Epiphytic Lactic Acid Bacteria from Guinea Grass (*Panicum maximum*), American Journal of Animal and Veterinary Sciences, 5(2): 146-150.

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดร่างแหกระโปรงสั้น (*Dictyophora duplicata* Fisch.)ในอาหารเหลว

Optimization of Culture Broth Condition for *Dictyophora duplicata* Fisch. Mycelium Growth

ไพรินทร์ กปิลานนท์[1] **สุริยา ฤฐาทิพย์**[1] **และ ปกขวัญ หุตางกูร**[1]
Karpilanondh, P.[1], Rutatip, S.[1] and Hutangura, P.[1]

Abstract

Optimization condition for culturing netted stinkhorn *Dictyophora duplicata* Fisch. were carried out. The mycelia had highest growth on potato dextrose agar (PDA) incubated at 30°C for 14 days. The colony on agar appeared cottony white. However, when it was cultured in liquid media i.e. PDB (potato dextrose broth), basal medium, seed medium and YM (yeast medium), no growth was observed in both aerated and non-aerated conditions. Thus the suitable amount of agar added in liquid culture for supporting mycelial growth was then studied. It was found that addition of agar at 0.20% seem to provide higher growth, however no significant difference ($P \leq 0.05$) was found among other amount of agar at 0.05%, 0.10% and 0.15%. In order to facilitate the production of polysaccharides (both IPS (Internal polysaccharide) and EPS (External polysaccharide)) and mycelial separation, PDB with 0.05% agar with glucose and malt extract was selected. After incubation at 30°C for 14 days, the highest dry weight of mycelial and the amount of IPS and EPS were found at 6.20±0.28 g/L, 0.037±0.001 mg/g and 0.059±0.001 g/L, respectively. Analysis of nutritional contents showed that the mycelia in broth had protein 18.04±0.92%, lipid 4.91±0.22%, ash 5.19±0.36% and moisture contents 13.7±0.36% similar to those found in the fruiting body.

Keywords: culture broth, mycelium, *Dictyophora duplicata*

บทคัดย่อ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดร่างแหกระโปรงสั้น (*Dictyophora dupilcata* Fisch.) พบว่าเส้นใยเห็ดมีสีขาว และฟูเล็กน้อย เจริญได้เร็วที่สุดบนวุ้นอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 14 วัน การเพาะเลี้ยงบนอาหารเหลว 4 ชนิด คือ potato dextrose broth, basal medium, seed medium และ yeast medium พบว่าไม่มีการเจริญของเส้นใยเห็ด ทั้งในสภาวะที่ให้ออกซิเจนและไม่ให้ออกซิเจน จากการหาปริมาณวุ้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ด พบว่าปริมาณวุ้น 0.20% ให้ผลดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับปริมาณวุ้นที่ 0.05, 0.10 และ 0.15% การเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดบนอาหาร potato dextrose broth ที่เติม glucose, malt extract และเติมวุ้น 0.05% เพื่อง่ายต่อการกรองแยกเส้นใย มี pH เริ่มต้นเท่ากับ 5 พบว่าเส้นใยเจริญได้ดีที่สุด มีปริมาณน้ำหนักแห้ง Internal polysaccharide และ External polysaccharide มากที่สุด เท่ากับ 6.20±0.28 g/L, 0.037±0.001 mg/g และ 0.059±0.001 g/L ปริมาณธาตุอาหารในเส้นใยเห็ดมีค่าใกล้เคียงกับในดอกเห็ด พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้าและเปอร์เซ็นต์ความชื้น มีค่า 18.04±0.92%, 4.91±0.22%, 5.19±0.36% และ 13.7±0.36% ตามลำดับ

คำสำคัญ: อาหารเหลว เส้นใย เห็ดร่างแหกระโปรงสั้น

คำนำ

เห็ดร่างแหกระโปรงสั้นสีขาวหรือเห็ดเยื่อไผ่ (*Dictyophora duplicata* [Bosc] Fisch) ลักษณะเด่น คือ หมวกเห็ดมีรูปร่างเหมือนตาข่ายหรือร่างแห เป็นเห็ดที่มีกลิ่นเหม็น ขึ้นในป่าในช่วงฤดูฝน ประเทศไทยพบเห็ดร่างแห 5 ชนิดในภาคอีสาน แต่นิยมรับประทานเพียง 2 ชนิด คือ เห็ดร่างแหกระโปรงยาวสีขาวและเห็ดร่างแหกระโปรงสั้นสีขาว ในประเทศจีนพบ

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 1518 ถนนพิบูลสงคราม, เขตบางซื่อ, กทม. 10800

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok. 1518 Pibulsongkram Road, Bangsue, Bangkok 10800

เห็ดร่างแห 9 ชนิดแต่มีการเพาะเลี้ยง 2 ชนิด คือ เห็ดร่างแหกระโปรงยาวสีขาว (*Dictyophora indusiata* Fisch.) และเห็ดร่างแหกระโปรงสีแดง (*Dictyophora echinovolvata* Zang.) จำหน่ายในราคากิโลกรัมละประมาณ 3,000-5,000 บาท ใช้เวลาเพาะเลี้ยงนานประมาณ 60 วัน ประเทศจีนได้นำเห็ดร่างแหมาใช้ประโยชน์นานประมาณ 3,000 ปีมาแล้ว โดยนำมาเป็นส่วนผสมในยา และเป็นอาหารเพื่อช่วยลดความดันโลหิต รักษาโรคเกาต์ โรครูมาติซึม (จิราวรรณ, 2552) ลดคอลเลสเตอรอล ลดความอ้วน และเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (Chang และ Miles, 2004) เนื่องจากพบว่าในเห็ดร่างแหมีสารพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ที่ประกอบด้วยมอนอแซคคาไรด์หลายโมเลกุลรวมตัวกัน มีโครงสร้างหลักเป็น β-D-Glucan ซึ่งสารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์สำคัญในการต้านมะเร็ง กระตุ้นภูมิต้านทาน ลดระดับน้ำตาลในเลือด

มีรายงานการนำดอกเห็ดร่างแหมาสกัดสารเพื่อใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งดอกเห็ดที่ได้มาต้องผ่านขั้นตอนการเพาะเห็ดที่ซับซ้อน ใช้เวลานานและผลผลิตดอกเห็ดที่ได้ก็มีปริมาณน้อย ดังนั้นเพื่อเป็นการลดขั้นตอนและระยะเวลาในการผลิตสารที่มีสรรพคุณทางยาจากเห็ดร่างแหได้เร็วขึ้นในพื้นที่ที่จำกัดพร้อมทั้งสามารถสกัดสารบริสุทธิ์ได้โดยวิธี การเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ด (mycelium) ในอาหารเหลว ในประเทศไทยยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงเห็ดร่างแหในเชิงอุตสาหกรรม ซึ่งกรมวิชาการเกษตรกำลังศึกษาขั้นตอนการเพาะและเพิ่มผลผลิตเห็ดร่างแหอยู่ งานวิจัยนี้จึงศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดร่างแห (*Dictyophora duplicata*) ในอาหารเหลวโดยศึกษาหาอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-เบสเริ่มต้น สภาวะที่ให้ออกซิเจน ระยะเวลาการบ่มเส้นใยและสูตรอาหารเหลวที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ปริมาณเส้นใยและสร้างสารพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นยาได้ด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดร่างแหกระโปรงสั้น (*Dictyophora dupilcata* Fisch.) โดยการเพาะเลี้ยงบนวุ้นอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 10 วัน,อุณหภูมิ 27°C เป็นเวลา 12 วัน และอุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 14 วัน ผลที่ได้นำมาทำการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดบนวุ้นอาหาร 4 ชนิด คือ PDA, basal medium, seed medium และ YM เพื่อหาสูตรอาหารที่เส้นใยเจริญได้ดีที่สุดโดยเพาะเลี้ยงเส้นใยบนอาหารเหลว 4 ชนิด ในสภาวะที่ให้ออกซิเจนและไม่ให้ออกซิเจน ทำการศึกษาหาปริมาณวุ้นที่เหมาะสมโดยการเติมวุ้น 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20% ในอาหารเหลวและปรับค่า pH เริ่มต้นที่ 5, 6 และ 7 เพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใย สำหรับการศึกษาหาแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสม โดยการเติม 2% glucose, maltose, xylose, mannose, manital และ 0.2% malt extract, aspartic acid, asparagines, glutamine และ valine ทำการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดบนอาหารเหลว PDB เติมวุ้น 0.05%, glucose, malt extract ปรับ pH เริ่มต้นเท่ากับ 5 กรองเส้นใย นำไปอบแห้งหาปริมาณน้ำหนักแห้ง วิเคราะห์หาปริมาณพอลิแซคคาร์ไรด์ ทั้ง IPS และ EPS วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเส้นใยเห็ดและดอกเห็ดเพื่อเปรียบเทียบกัน

ผลการทดลอง

การเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดร่างแหกระโปรงสั้น (*Dictyophora duplicate* Fisch.) บนวุ้นอาหาร PDA พบว่าเส้นใยมีสีขาวและฟูเล็กน้อย เจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 9 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 14 วัน แต่เจริญได้เล็กน้อยที่อุณหภูมิอื่นๆ ผลการทดลองเพาะเลี้ยงบนวุ้นอาหาร 4 ชนิด พบว่าเส้นใยเห็ดเจริญเต็มผิวหน้าอาหาร PDA ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร หลังบ่มเส้นใยครบ 14 วัน และเจริญบนอาหาร basal medium agar ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.1 เซนติเมตร หลังบ่มเส้นใยครบ 12 วัน หลังจากนั้นจะหยุดการเจริญของเส้นใย แต่เจริญบนอาหาร YM agar และ seed medium agar มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 และ 1.1 เซนติเมตรตามลำดับ หลังบ่มเส้นใยครบ 4 วัน จะหยุดการเจริญของเส้นใย การเพาะเลี้ยงไม่เส้นใยบนอาหารเหลวทั้ง 4 ชนิดคือ PDB, basal medium broth, seed medium broth และ YM broth บ่มที่อุณหภูมิ 30°C ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน ไม่พบการเจริญของเส้นใยหัวเชื้อจะจมลงในอาหารเหลวหมด ทดลองหาปริมาณวุ้น (agar) ที่เหมาะสมเติมลงในอาหารเหลว PDB ปริมาณ 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20% พบว่าการเติมวุ้น 0.20% เส้นใยเจริญได้ดีที่สุดมีน้ำหนักแห้ง 6.44 g/L แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปริมาณวุ้น 0.05, 0.10 และ 0.15% ซึ่งเส้นใยมีน้ำหนักแห้ง 6.2, 6.1 และ 6.4 g/L ตามลำดับ ผลการทดลองปรับค่า pH เริ่มต้นของอาหารเหลวให้มีค่า 5, 6 และ 7 พบว่า pH เริ่มต้นเท่ากับ 5 เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยมากที่สุด แหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุดคือ 2% glucose และ 0.2% malt extract ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยและปริมาณ IPS มากที่สุด คือ 4.80±0.63 g/L, 2.79±1.10 mg/g dry mycelium และ

4.80±0.61 g/L, 2.73 mg/g dry mycelia ตามลำดับ เมื่อนำเส้นใยมาเพาะเลี้ยงในสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ ในอาหารเหลว PDB เติม 2% glucose และ 0.2% malt extract ปรับ pH เริ่มต้นเท่ากับ 5 เติมวุ้น 0.05% เพื่อง่ายต่อการกรองแยกเส้นใย พบว่าเส้นใยเจริญได้ดีที่สุด บ่มที่อุณหภูมิ 30°C นาน 14 วัน พบว่าเส้นใยเจริญได้ดี มีปริมาณน้ำหนักแห้ง IPS และ EPS มากที่สุด เท่ากับ 6.20±0.28 g/L, 0.037±0.001 mg/g และ 0.059±0.001 g/L ปริมาณธาตุอาหารในเส้นใยเห็ดมีค่าใกล้เคียงกับในดอกเห็ด พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้าและเปอร์เซ็นต์ความชื้น มีค่า 18.04±0.92%, 4.91±0.22%, 5.19±0.36% และ 13.7±0.36% ตามลำดับ

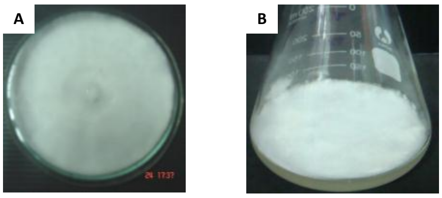


Figure 1 Appearance of *Dictyophora duplicata* Fisch mycelium on PDA (A) and PDB containing 2% glucose, 0.2% malt extract and 0.05% agar at initial pH 5 (B)

Table 1 Growth characteristic of *Dictyophora duplicata* Fisch mycelium on 4 type of culture medium

Media type	Colony diameter (cm)	Growth period (day)	Remark
PDA	9	14	Full plate
Basal medium agar	6.1	12	Stop Growing
Seed medium agar	1.1	4	Stop Growing
YM agar	1.6	4	Stop Growing

Table 2 The nutritional composition in *Dictyophora duplicata* Fisch mycelium and fruiting body

Nutritional contents	Fruiting body	Mycelia
Moisture content (%)	11.20±0.97^{ns}	13.70±0.36^{ns}
Protein (%)	20.88±0.63^{ns}	18.04±0.92^{ns}
Ash (%)	7.33±0.38	5.19±0.36
Lipid (%)	4.48±0.01	4.91±0.22
Fiber (%)	6.58±0.28	4.45±0.21
Carbohydrate (%)	49.53±6.50	53.71±6.23

วิจารณ์ผล

การทดลองเพาะเลี้ยงเส้นใยบนวุ้นอาหาร 4 ชนิด พบว่าเส้นใยของเห็ดเจริญเต็มผิวหน้าอาหาร PDA ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร หลังบ่มเส้นใยที่อุณหภูมิ 30°C ภายใน 14 วัน สอดคล้องกับ จิราวรรณ (2552) ที่รายงานว่าเห็ดร่างแหเจริญบน PDA ที่ 30°C ภายใน 2 สัปดาห์ เจริญบนอาหาร basal medium, YM agar และ seed medium agar โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.1, 1.6 และ 1.1 เซนติเมตรตามลำดับ หลังบ่มเส้นใยครบ 12, 4 และ 4 วัน ตามลำดับ หลังจากนั้นจะหยุดการเจริญของเส้นใย ซึ่งในสูตรอาหารอาจมีสารบางชนิดที่ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ด โดยเฉพาะอาหาร 2 สูตรหลังจะมี peptone และ polypeptone เป็นส่วนประกอบ การเพาะเลี้ยงไม่เส้นใยบนอาหารเหลวทั้ง 4 ชนิดคือ PDB, basal medium broth, seed medium broth และ YM broth บ่มที่อุณหภูมิ 30°C ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ไม่พบการเจริญของเส้นใยและหัวเชื้อจะจมลงในอาหารเหลวหมด สอดคล้องกับรายงานของ จิราวรรณ (2552) เส้นใยเห็ดร่างแหไม่เจริญบนอาหารเหลว แต่จะเจริญได้ถ้ามีแผ่นใยนาโนมาให้เส้นใยยึดเกาะ จากการทดลองหาปริมาณวุ้น ที่เหมาะสมพบว่าการเติมวุ้น 0.20% ทำให้เส้นใยเจริญได้ดีที่สุดคือมีน้ำหนักแห้ง 6.44 g/L แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับปริมาณวุ้น 0.05, 0.10 และ 0.15% ซึ่งเส้นใยมีน้ำหนักแห้ง 6.2, 6.1และ 6.4 g/L ตามลำดับ ซึ่ง อังคมีน (2549) รายงานว่าเส้นใยเห็ดร่างแหจะเจริญบนอาหารกึ่งแข็ง PDB ที่เติมวุ้น ค่าความเข้มข้นการ

ปรับค่า pH เริ่มต้นของอาหารเหลวเท่ากับ 5 เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยมากที่สุดเช่นเดียวกับเส้นใยเห็ดอีกหลายชนิด แหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุดคือ 2% glucose และ 0.2% malt extract ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยและปริมาณ IPS มากที่สุด คือ 4.80±0.63 g/L, 2.79±1.10 mg/g dry mycelium และ 4.80±0.61 g/L, 2.73 mg/g dry mycelia ตามลำดับ สอดคล้องกับอุทัยวรรณ (2552) เมื่อนำเส้นใยมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว PDB เติม 2% glucose และ 0.2% malt extract ปรับ pH เริ่มต้นเท่ากับ 5 เติมวุ้น 0.05% เพื่อง่ายต่อการกรองแยกเส้นใย บ่มที่อุณหภูมิ 30°C นาน 14 วัน พบว่าเส้นใยเจริญได้ดี มีปริมาณน้ำหนักแห้ง IPS และ EPS มากที่สุด เท่ากับ 6.20±0.28 g/L, 0.037±0.001 mg/g และ 0.059±0.001 g/L ปริมาณธาตุอาหารในเส้นใยเห็ดมีค่าใกล้เคียงกับในดอกเห็ด แสดงให้เห็นว่าเส้นใยเห็ดที่เพาะเลี้ยงได้มีคุณภาพทัดเทียมกับดอกเห็ด

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดร่างแหกระโปรงสั้น (*Dictyophora dupilcata* Fisch.) พบว่าเส้นใยเห็ดเจริญได้ดีที่สุดบนวุ้นอาหาร PDA และอาหารเหลว PDB ที่เติมวุ้น 0.05%, 2% glucose, 0.2% malt extract ปรับ pH เริ่มต้นเท่ากับ 5 บ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 14 วัน พบว่ามีปริมาณน้ำหนักแห้ง IPS และ EPS มากที่สุด เท่ากับ 6.20±0.28 g/L, 0.037±0.001 mg/g และ 0.059±0.001 g/L ตามลำดับ ปริมาณธาตุอาหารในเส้นใยเห็ดมีค่าใกล้เคียงกับในดอกเห็ด พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้าและเปอร์เซ็นต์ความชื้น มีค่า 18.04±0.92%, 4.91±0.22%, 5.19±0.36% และ 13.7±0.36% ตามลำดับ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ประจำปี 2554 ขอบคุณ คุณวราพร ไชยมา กรมวิชาการเกษตร ที่อนุเคราะห์หัวเชื้อเห็ดในการทำวิจัย และขอบคุณ คุณอุทัยวรรณ นาคัน ที่ให้ข้อมูลเบื้องต้นในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จิราวรรณ หาญวัฒนกุล, 2552, เห็ดร่างแหหรือเห็ดเยื่อไผ่, สำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.

ไพรินทร์ กปิลานนท์, 2547, เทคโนโลยีเห็ด, ศูนย์ผลิตตำราเรียนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

อังคมีน บูรณารมย์, 2549, เห็ดร่างแหขาวหรือเห็ดเยื่อไผ่, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Chang, S.T. and Miles, G.P., 2004, Dictyophora - Formerly for the Few. Mushroom Cultivation Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental, Boca Raton, Florida: CRC Press, pp: 343–356.

Huang, H.C. and Liu, Y.C., 2008, Enhancement of Polysaccharide Production by Optimization of Culture Conditions in Shake Flask Submerged Cultivation of Grifola Umbellate, Chinese Institute of Chemical Engineers, 39: 307-311.

ผลของการใช้พลาสติกคลุมดินต่ออุณหภูมิดินและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมไวท์สวีทเตอร์ 65

Effect of Plastic Mulching on Soil Temperature and Growth of Sweet Corn F1 Hybrids White Sweeter 65

อรรจนา ด้วงแพง[1] **เศรษฐ์ เจริญเขต**[1] **เอกภพ มิลินทานุช**[1] **ศิรินทร์ จันทโพธิ์**[1] Nobuyuki Okuda[2] **และ** Haruo Suzuki[2]

Duangpaeng, A.[1], Chareonket, S.[1], Milintanooch, A.[1], Chanthapho, S.[1], Okuda, N.[2] and Suzuki, H.[2]

Abstract

Using plastic mulching cover on soil surface to prevent weeds and conserve water. It is suspected that plastic mulching may result in higher soil temperatures and affect the growth of plants. The purpose of this study was to investigate the effect of plastic mulching on soil temperature from the surface to a depth of 30 cm. The experimental plots were prepared by size of 1.2 x 6 m. for 4 plots to treat each plot as follows : 1) no plastic mulching + no planting (Nn), 2) no plastic mulching + planting sweet corn (Np), 3) black plastic mulching + no planting (Mn), 4) black plastic mulching + planting sweet corn (Mp). Sweet corn seeds used were F1 White Sweeter 65. Soil temperature were measured at surface and the depth of 2.5, 5, 10, 20 and 30 cm with Thermocouple type T 2 times a day in the morning at 6:00 am and in the afternoon at 15.00 pm from January - March 2009. The results showed that soil temperature at the surface and near soil surface was very high in the range 35-40°C. Plastic mulching benefited to decrease soil temperature of soil surface and beneath soil surface vertically. It was similar as plot with no mulching and planting sweet corn. Sweet corn's canopy covered soil surface and decreased soil temperature vertically beneath their canopy. Growth and yield of sweet corn at mulching plot was not different to those at no mulching plot. Sweet corn grown at mulching plot had earlier flowering.

Keywords: plastic mulching, soil temperature, sweet corn

บทคัดย่อ

การใช้พลาสติกคลุมดินมีประโยชน์ในการป้องกันวัชพืชและประหยัดน้ำ แต่ยังคงมีข้อสงสัยว่าการคลุมพลาสติกอาจมีผลให้อุณหภูมิดินสูงขึ้นและส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการคลุมพลาสติกต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดินตั้งแต่ผิวดินจนถึงระดับความลึก 30 ซม. ดำเนินการทดลองโดยทำแปลงทดลองขนาด 1.2x6 เมตร จำนวน 4 แปลง สำหรับตำรับทดลอง คือ 1) ไม่คลุมพลาสติกและไม่ปลูกข้าวโพดหวาน 2) ไม่คลุมพลาสติกและปลูกข้าวโพดหวาน 3) คลุมพลาสติกดำและไม่ปลูกข้าวโพดหวาน 4) คลุมพลาสติกดำและปลูกข้าวโพดหวาน ข้าวโพดหวานเป็นพันธุ์ลูกผสม ไวท์สวีทเตอร์ 65 บันทึกข้อมูลอุณหภูมิดินที่ผิวดินและระดับความลึก 2.5, 5, 10, 20 และ 30 ซม. ด้วย Thermocouple type T ทุกวัน วันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้า เวลา 6.00 น. และช่วงบ่าย เวลา 15.00 น. ตั้งแต่เดือน มกราคม – มีนาคม 2552 ผลการศึกษาพบว่า ในตอนบ่าย อุณหภูมิดินของแปลงที่ไม่คลุมพลาสติกและไม่ปลูกข้าวโพดหวานมีอุณหภูมิสูงถึง 35-40°C การคลุมพลาสติกทำให้อุณหภูมิที่ผิวดินและลึกลงไปจากผิวดินลดลง เช่นเดียวกันกับแปลงที่มีไม่คลุมพลาสติกแต่มีการปลูกข้าวโพดหวาน เมื่อต้นข้าวโพดหวานโตขึ้นและมีทรงพุ่มปกคลุมอยู่บนแปลงทำให้อุณหภูมิดินในแปลงลดลง การคลุมพลาสติกไม่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานแตกต่างจากการปลูกในแปลงที่ไม่คลุมพลาสติก แต่ทำให้ออกดอกเร็วขึ้น

คำสำคัญ: พลาสติกคลุมดิน อุณหภูมิดิน ข้าวโพดหวาน

[1] **คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000**

[1] Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, 64 Tahan Road, Tambon Makkhaeng, Muang District, Udon Thani 41000

[2] Faculty of Agriculture, Kagawa University, Miki-cho, Kita-gun, Kagawa, Japan

คำนำ

การใช้พลาสติกคลุมดินมีประโยชน์ในการป้องกันวัชพืชและประหยัดน้ำ พลาสติกช่วยป้องกันรักษาโครงสร้างของดิน ปกป้องรากพืช ทำให้พืชสามารถใช้ประโยชน์จากปุ๋ยได้มากขึ้น ช่วยเพิ่มคุณภาพผลผลิต การคลุมพลาสติกช่วยลดแรงงานและการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดวัชพืช ในประเทศเขตหนาวการคลุมพลาสติกช่วยให้อุณหภูมิดินสูงขึ้น แต่ในประเทศไทยที่มีอุณหภูมิสูงตลอดปีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน ยังไม่มีการศึกษาผลของการคลุมพลาสติกต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดิน สภาพแวดล้อม และการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดหวาน ในการทดลองนี้ จึงต้องการศึกษาผลของการคลุมพลาสติกต่ออุณหภูมิดินและสภาพแวดล้อมภายใต้พลาสติก และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมแปลงทดลอง ขนาด 1.2 x 6.0 ม. สูง 0.2 เมตร ใส่ปุ๋ยคอกแปลงละ 45 กิโลกรัม ปูนขาวแปลงละ 2 กิโลกรัม และแกลบดิบแปลงละ 15 กิโลกรัม จำนวน 4 แปลง กำหนดตำรับการทดลองดังนี้ 1) ไม่คลุมพลาสติกและไม่ปลูกข้าวโพดหวาน (Nn), 2) ไม่คลุมพลาสติกและปลูกข้าวโพดหวาน (Np), 3) คลุมพลาสติกดำและไม่ปลูกข้าวโพดหวาน (Mn), 4) คลุมพลาสติกดำและปลูกข้าวโพดหวาน (Mp) ปูพลาสติกที่แปลงที่ 1 และแปลงที่ 4 โดยให้ด้านสีดำอยู่ด้านบน เตรียมหัวเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิดิน โดยใช้ Thermocouple type T ปอกฉนวนออกขนาด 0.5 เซนติเมตร แล้วบัดกรีสายทองแดงคอนแสตนให้ ชุบกาวทาไม้เล็กน้อย ผึ่งให้แห้งเพื่อกันสนิม นำหัวเซ็นเซอร์ที่เตรียมมาเข้ากับไม้ยาว 60 ซม. โดยแบ่งครึ่งไม้ทำเป็นตำแหน่งที่ 0, 2.5, 5, 10, 20 และ 30 เซนติเมตร นำหัวเซ็นเซอร์จากสาย Thermocouple type T ที่เตรียมไว้มาติดเข้ากับไม้ที่ตรงตำแหน่งที่ต้องการ ใช้เทปดำพันให้แน่นเพื่อไม่ให้หัวเซนเซอร์เคลื่อน ติดตั้งโดยขุดหลุมลึก 30 เซนติเมตร ที่ระยะ 2.0 x 0.6 เมตร จากหัวแปลงและขอบแปลงด้านขวา ฝังหัวเซ็นเซอร์ลงไปตามความลึกที่ต้องการ ใช้ดินกลบแล้วรดน้ำหากดินมีการยุบตัวให้ใส่ดินลงไปอีกจนกว่าดินจะไม่มีการยุบตัว สำหรับหัวเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิพลาสติกวางให้แตะกับผิวพลาสติก บัดกรีสายคอนแสตนของเซ็นเซอร์ทั้งหมดรวมกับสายคอนแสตนที่ไปเชื่อมกับกล่องมิเตอร์ และต่อสายทองแดงจากหัวเซ็นเซอร์ทั้งหมดไปยังกล่องมิเตอร์เช่นเดียวกัน

ในแปลงที่มีการปลูกข้าวโพดหวาน (Np และ Mp) ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ลูกผสมไวท์สวีทเตอร์ 65 เพาะเมล็ดให้งอกในถาดเพาะเมล็ด โดยใช้ดินผสมสำหรับปลูกไม้ดอกเป็นวัสดุเพาะเมล็ด ให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ ย้ายปลูกเมื่อต้นข้าวโพดหวานงอกและมีใบจริง 2-3 ใบ ให้ปุ๋ยละลายช้าสูตร 15-15-15 อัตรา 4-5 เม็ดต่อหลุม บันทึกการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดหวาน โดยสุ่มจับฉลาก 15 ต้น เพื่อบันทึกข้อมูล ความสูงของต้นข้าวโพด ความกว้างของใบข้าวโพดโดยเลือกใบที่ 3 ของต้นข้าวโพดหวาน ซึ่งวัดห่างจากโคนใบ 15 เซนติเมตร ความยาวของใบข้าวโพดหวาน โดยใช้ใบเดียวกันกับใบที่ใช้วัดความกว้างซึ่งวัดจากโคนใบถึงปลายใบ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น โดยวัดเหนือจากโคนต้น 15 เซนติเมตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในช่วงเวลากลางวัน (15.00 น.) อุณหภูมิดินของแปลงที่ไม่คลุมพลาสติกและไม่ปลูกข้าวโพดหวาน (Nn) ลดลงตามระดับความลึกและมีความแตกต่างกันมาก บริเวณผิวดินจะมีอุณหภูมิสูงสุด 40°C และอุณหภูมิดินจะลดลงตามระดับความลึกจากผิวดิน ต่ำสุดที่ระดับความลึก 30 ซม. ประมาณ 20°C (Figure 1) ในตอนเช้า (6.00 น.) เป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิดินกลับเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ผิวดินมีอุณหภูมิต่ำสุด และสูงสุดที่ระดับความลึก 30 ซม. เช่นเดียวกับรายงานของ El-Shikh และ Fouda (2008) ซึ่งรายงานว่าอุณหภูมิดินระหว่างกลางวันลดลงตามระดับความลึก ในขณะที่อุณหภูมิดินในช่วงเวลากลางคืนกลับเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ในแปลงที่ไม่คลุมดินและปลูกข้าวโพดหวาน (Np) มีผลให้อุณหภูมิดินลดลง และอุณหภูมิดินในแต่ละระดับความลึกไม่แตกต่างกันมาก ดังเช่นที่ปรากฏในแปลง Nn (Figure 2) ทรงพุ่มของต้นข้าวโพดบดบังรังสีดวงอาทิตย์

ในแปลงที่มีการคลุมพลาสติกและไม่ปลูกข้าวโพดหวาน (Mn) อุณหภูมิของพลาสติกสีดำสูงถึง 40°C (Figure 3) ในเวลากลางวันอุณหภูมิของดินภายใต้พลาสติกลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิดินในแปลง Nn ในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิดินของแปลงที่คลุมพลาสติกกลับสูงกว่า ในแปลงที่มีการคลุมพลาสติกและปลูกข้าวโพดหวาน (Mp) อุณหภูมิพลาสติกสูงเช่นเดียวกับ Mn แต่อุณหภูมิดินภายใต้พลาสติกกลับต่ำกว่า Nn และ Mp (Figure 4) อุณหภูมิดินภายใต้พลาสติกคลุมดิน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของพลาสติก อาทิการสะท้อนแสง การดูดกลืนแสง และการยอมให้แสงส่องผ่าน (Schales และ Sheldrake, 1963; Lament, 1993) พลาสติกสีดำเป็นวัตถุที่ทึบแสง ดูดกลืนแสงทั้งช่วงแสงที่ตามองเห็นและช่วงแสงอินฟราเรด และปลดปล่อยรังสีคลื่นยาวหรือรังสีความร้อนออกมา พลาสติกสีดำจึงมีประสิทธิภาพในการเพิ่มอุณหภูมิดินโดยการถ่ายเทความร้อนลงสู่ดิน ในประเทศเขตหนาว การ

คลุมพลาสติกดำจึงมีประโยชน์ในการเพิ่มการงอกของพืช การเพิ่มผลผลิต การทำให้เร่งการสุกแก่ของพืช และการควบคุมวัชพืช (Lament, 1993) มีรายงานว่าในการปลูกข้าวโพดในพื้นที่เขตร้อน การคลุมพลาสติกทำให้อุณหภูมิสูงสุดของดินที่ระดับความลึก 5 10 และ 20 ซม. ลดลง (Lal, 1974) ผลการทดลองแสดงว่าการคลุมพลาสติกทำให้อุณหภูมิดินในช่วงบ่ายลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณใกล้ผิวดิน การเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดหวานพันธุ์ White sweeter 65 ที่ปลูกบนแปลง Np และ Mp มีความสูงของต้น ความยาวและความกว้างของใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีต้นข้าวโพดที่ปลูกบนแปลง Mp มีขนาดใหญ่กว่าและดอกตัวผู้บานเร็วกว่าต้นข้าวโพดหวาน ที่ปลูกบนแปลง Np อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

สรุปผล

อุณหภูมิดินของแปลงที่ไม่คลุมพลาสติกและไม่ปลูกข้าวโพดหวานมีอุณหภูมิสูงถึง 35-40°C การคลุมพลาสติกทำให้อุณหภูมิดินในช่วงเวลากลางวันลดลง แปลงที่มีไม่คลุมพลาสติกแต่มีการปลูกข้าวโพดหวาน เมื่อต้นข้าวโพดหวานโตขึ้นและมีทรงพุ่มปกคลุมอยู่บนแปลงทำให้อุณหภูมิดินในแปลงลดลง การคลุมพลาสติกไม่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานแตกต่างจากการปลูกในแปลงที่ไม่คลุมพลาสติก แต่ทำให้ออกดอกเร็วขึ้น

คำขอบคุณ

Prof. Dr. Haruo Suzuki สำหรับการสนับสนุน Thermocouple Type T, switch box และอุปกรณ์อื่นๆ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี สำหรับสถานที่ และแปลงทดลอง

เอกสารอ้างอิง

El-Shaikh, A. and Fouda, T., 2008, Effect of Different Mulching Types on Soil Temperature and Cucumber Production under Libyan Conditions, Misr Journal of Agricultural Engineering, 25(1): 160-175.

Lal, R., 1974, Soil Temperature Soil Moisture and Maize Yield from Mulched and Unmulched Tropical Soils, Journal of Plant and Soil, 40(1): 129-143.

Lament, W.J.Jr., 1993, Plastic Mulches for The Production of Vegetable Crops, HortTechnology, Jan/Mar. 3(1): 35-39.

Schales, F.D. and Sheldrake, R., 1963, Mulch Effects on Soil Conditions and Tomato Plant Response, Journal of the National Agricultural, 78-90.

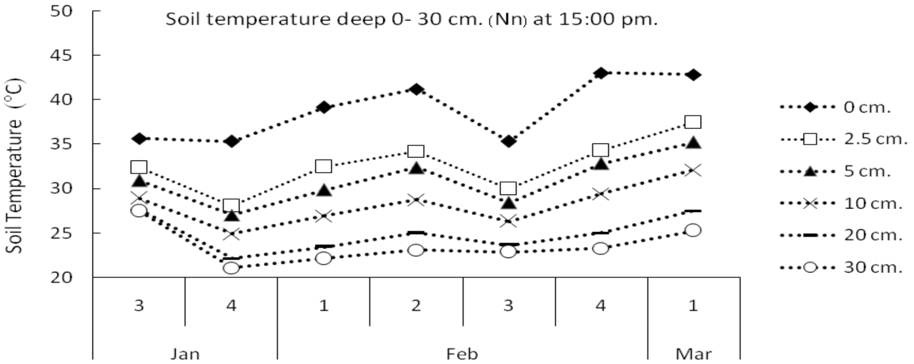


Figure 1 Soil temperature of Nn plot deep 0-30 cm. at 15:00

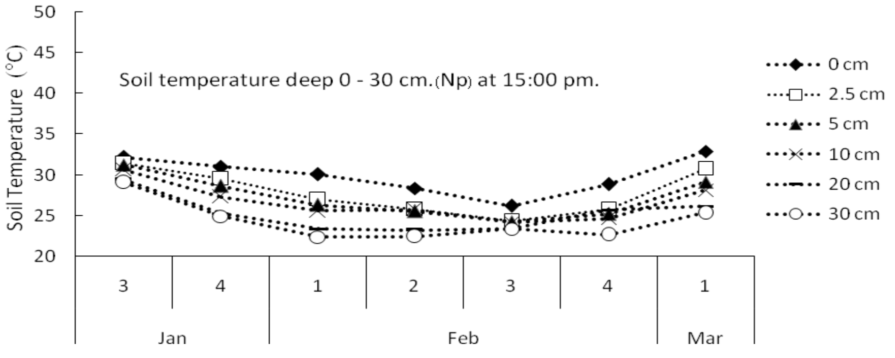


Figure 2 Soil temperature of Np plot deep 0-30 cm. at 15:00

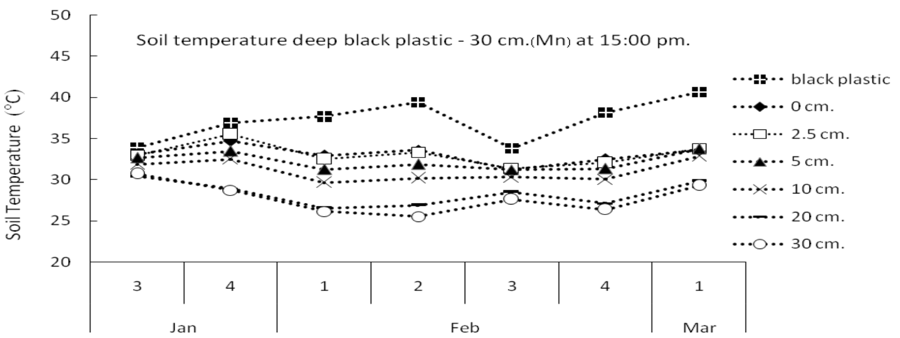


Figure 3 Soil temperature of Mn plot deep 0-30 cm. at 15:00

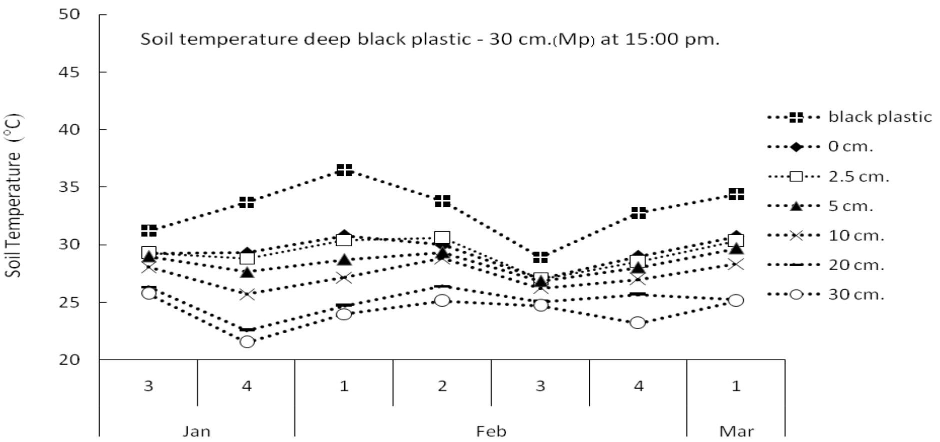


Figure 4 Soil temperature of Mp plot deep 0-30 cm. at 15:00

Table 1 Growth and development of sweet corn F1 "White Sweeter 65' at Np and Mp plots

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Leave length (cm)	Days to anthesis
Np	72.56	2.79	56.78	67.6
Mp	81.13	3.87	62.56	61.2
t-test	ns	*	ns	*
C.V. (%)	15.29	12.01	16.28	3.05

ns = Non-significant difference at P=0.05, * = Significant difference at $P \leq 0.05$

ผลของการตัดขั้วเมล็ดและความเข้มข้นของกรดจิบเบอเรลลิคต่อความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เหรียง 2 ชนิด

Effects of Seed Clipping and GA_3 Concentration Levels on Seed Germination and Vigor of Two *Parkia timoriana* (DC.) Merr. Types

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1]
Sawatdikarn, S.[1]

Abstract

The objective of this study was to determine the effects of seed clipping and GA3 concentration levels on seed germination and vigor of two *Parkia timoriana* (DC.) Merr. Types. It was designed as 2X3X4 Factorial in Completely Randomized Design with 4 replications; two *Parkia timoriana* types namely black and brown seed as the first factor, three seed clipping method from distral end at 1, 2 and 3 mm. as the second factor and the third factor was four level of divided into GA3 concentration at 500, 1,000, 1,500 and 2,000 mg/ml. Seed germination, shoot length, root length and seedling dry weight were tested. The results showed that the seed germination of the black seed type at 75% which was singnificantly different from brown seed type (64%). The seed vigor in term of shoot length, root length and seedling dry weight also showed singnificantly different between black and brown seed. The method of seed clipping at 2 cm. were singnificantly different from the seed clipping at 1 and 3 cm. from distral end. The seed clipping at 2 mm. showed the germination at 87%, whereas seed germination at 1 and 3 cm. produced at 75 and 46.5% respectively. For GA3 concentration levels at 2,000 mg/ml gave higher seed germination and vigor than the concentration levels at 500, 1,000 and 1,500 mg/ml.

Keywords: *Parkia timoriana*, seed germination and vigor, seed clipping, GA3, breaking of seed dormancy

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการตัดขั้วเปลือกเมล็ดและความเข้มข้นของกรดจิบเบอเรลลิคต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดเหรียง 2 ชนิด วางแผนการทดลองแบบ 2X3X4 Factorial in Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ แบ่งเป็น 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของเหรียง 2 ชนิด คือ เหรียงเมล็ดสีดำและสีน้ำตาล ปัจจัยที่ 2 การตัดขั้วเมล็ดเหรียง มี 3 ระดับ คือ การตัดขั้วเปลือกจากปลายเมล็ดที่ระยะ 1 2 และ 3 มิลลิเมตร และปัจจัยที่ 3 คือ ความเข้มข้นของกรดจิบเบอเรลลิค มี 4 ระดับ คือ 500 1,000 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร วัดคุณภาพของเมล็ด 4 ลักษณะ คือ ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดในด้านความยาวยอด ความยาวราก และน้ำหนักแห้งของต้นกล้า พบว่า เมล็ดเหรียงสีดำมีความงอกแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดเหรียงสีน้ำตาล โดยเมล็ดเหรียงสีดำมีความงอก 75% ส่วนเมล็ดเหรียงสีน้ำตาลมีความงอก 64% สำหรับความแข็งแรงในด้านความยาวยอด ความยาวราก และน้ำหนักแห้งของต้นกล้า พบว่า เมล็ดเหรียงสีดำมีความแข็งแรงแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดเหรียงสีน้ำตาล สำหรับวิธีการตัดขั้วเปลือกเมล็ดที่ใช้ พบว่า การตัดเปลือกที่ระยะ 2 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติกับการตัดเปลือกที่ระดับ 1 และ 3 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ด โดยการตัดขั้วเปลือกที่ระยะ 2 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ด มีความงอก 87% ส่วนการตัดขั้วเปลือกเมล็ดที่ระยะ 1 และ 3 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ด มีความงอก 75 และ 46.5% ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของกรดจิบเบอเรลลิค พบว่าเมื่อความเข้มข้นของกรดจิบเบอเรลลิคเพิ่มขึ้นจาก 1,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เป็น 1,500-2,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดเหรียงเพิ่มขึ้นแตกต่างทางสถิติกับความเข้มข้นที่ระดับ 500 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

คำสำคัญ: เมล็ดเหรียง ความงอกและความแข็งแรง การตัดขั้วเมล็ด กรดจิบเบอเรลลิค การทำลายการพักตัว

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

คำนำ

มีการศึกษาการทำลายการพักตัวแบบเมล็ดแข็งในพืชหลายชนิด เช่น เหรียง พบว่า การตัดขั้วเมล็ดที่ระดับ 2 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ดเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เมล็ดเหรียงทั้ง เมล็ดสีดำและสีน้ำตาล มีความงอกและความแข็งแรงสูงสุด โดยเปลือกมีความงอกเมื่อตัดขั้วเปลือกเมล็ดที่ระดับ 2 มิลลิเมตร เท่ากับ 79 และ 62% ตามลำดับ ส่วนเมล็ดเหรียงที่ไม่ตัดขั้วเปลือกเมล็ดไม่สามารถงอกได้ ศานิต (2552) นอกจากนี้ยังมี การศึกษาการทำลายการพักตัวของเมล็ดในพืชอีกหลายชนิด เช่น *Digitaria sanguinalis* (Geallart และคณะ, 2008) และ เมล็ดใน tribe convolvuleae จำนวน 4 ชนิด คือ *Calystegia soldanella*, *Convolvulus arvensis*, *Convolvulus crenatifolius* และ *Convolvulus sepium* Jayasuriya (2008) พบว่าเมล็ดที่ตัดเอาส่วนที่หุ้มเมล็ดออก ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ทำลายการพักตัวหรือไม่ได้ตัดเอาส่วนที่หุ้มเมล็ดออกที่เมล็ดไม่สามารถงอกได้ สำหรับการใช้กรดจิบเบอเรลลิคสามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้เช่นกัน โดยทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้นจากก่อนการใช้สาร เช่น *Solanum melongena* (Yogeesha และคณะ, 2006) และ *Nicandra physalodes* (Lovey และคณะ, 2007) มีข้อมูลเกี่ยวกับเมล็ดเหรียงในประเด็นที่เกี่ยวกับการทำลายการพักตัวของเมล็ดซึ่งใช้วิธีทำลายการพักตัว 2 วิธี คือ การตัดขั้วเปลือกเมล็ดและใช้กรดจิบเบอเรลลิค ทำให้การใช้ประโยชน์ของเมล็ดเหรียงในประเทศไทยและเป็นข้อมูลที่เกี่ยวกับวิธีการทำลายการพักตัวของเมล็ดมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาโดยเมล็ดเหรียงที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นเมล็ดที่เก็บจากป่า ในหมู่ที่ 3 ตำบลป่าร่อน อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือนมีนาคม 2552 วางแผนการทดลองแบบ 2X3X4 Factorial in Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ แบ่งเป็น 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 เหรียง จำนวน 2 ชนิด คือ เมล็ดสีดำและสีน้ำตาล ปัจจัยที่ 2 การตัดขั้วเปลือกจากปลายเมล็ด มี 3 ระดับ คือ 1 2 และ 3 มิลลิเมตร และปัจจัยที่ 3 คือ ระดับความเข้มข้นของกรดจิบเบอเรลลิค มี 4 ระดับ คือ 500 1,000 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร การทดลองนี้ทำโดยการเพาะเมล็ดเหรียงทั้ง 2 พันธุ์ ที่ผ่านการตัดขั้วเปลือกที่ระดับต่างกันจากปลายเมล็ด 3 ระดับ คือ 1 2 และ 3 มิลลิเมตร และเมล็ดที่ผ่านการแช่กรดจิบเบอเรลลิค นาน 5 ชั่วโมง ก่อนการเพาะ มี 4 ระดับความเข้มข้น คือ 500 1,000 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในกระบะพลาสติกที่รองด้วยกระดาษเพาะ จำนวน 50 เมล็ด/ซ้ำ รวม 4 ซ้ำ นำไปวางในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25ºC เป็นเวลา 20 วัน แล้วทำการประเมินผลความงอกและความแข็งแรงของเมล็ด ประกอบด้วย 4 ลักษณะ คือ ความงอก ความยาวยอดและรากของต้นกล้า และน้ำหนักแห้งของต้นกล้า สำหรับความงอกทำการประเมินตามกฎของสมาคมนักทดสอบเมล็ดพันธุ์ ส่วนความแข็งแรงประเมินตามกฎการทดสอบเมล็ดพันธุ์ระหว่างประเทศ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เหรียงเมล็ดสีดำมีความงอกมากกว่าเหรียงเมล็ดสีน้ำตาลอยู่ 11% การที่เหรียงเมล็ดสีดำมีความงอกมากกว่าเมล็ดสีน้ำตาล เนื่องจากเหรียงเมล็ดสีดำมีเมล็ดขนาดใหญ่และอวบกว่า นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักของเมล็ดมากกว่าเหรียงเมล็ดสีน้ำตาลด้วย (ศานิต, 2552) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมล็ดที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากมักมีปริมาณของอาหารสะสมมากกว่าเมล็ดที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักน้อยกว่า เมื่อพิจารณาการตัดขั้วเปลือกเมล็ด พบว่า เมล็ดที่ตัดขั้ว 2 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ดมีความงอกมากกว่าเมล็ดที่ตัดขั้วเปลือก 1 และ 3 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ด (Table 1) สอดคล้องกับการตัดขั้วเปลือกเมล็ดเหรียงที่ระดับ 2 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ด ทำให้เมล็ดเหรียงสีดำและสีน้ำตาล มีความงอก 79 และ 62% ตามลำดับ ในขณะที่ขั้วเปลือกเมล็ดที่ตัดที่ระดับ 1 มิลลิเมตร มีความงอก 53 และ 60% ของเหรียงเมล็ดสีดำและสีน้ำตาล ตามลำดับ ส่วนเมล็ดเหรียงที่ตัดขั้วที่ระดับ 4 มิลลิเมตร ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำกว่า 10% ของเหรียงทั้งสองชนิด (ศานิต, 2552) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการทำลายการพักตัวของเมล็ดพืชบางชนิดที่ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น เช่น *Solanum centrale* (Ahmed และคณะ, 2000) และ *Dodenaea viscose* (Baskin และ Baskin, 2004) เมื่อใช้กรดจิบเบอเรลลิคกับเมล็ดเหรียง พบว่าการใช้กรดจิบเบอเรลลิค ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ทำให้เมล็ดเหรียงมีความงอกมากกว่าการใช้กรดจิบเบอเรลลิคที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆ (Table 1) สอดคล้องกับการใช้กรดจิบเบอเรลลิคกับเมล็ดพืชบางชนิดที่สามารถทำให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าการไม่ใช้สารหรือใช้สารที่ความเข้มข้นต่ำกว่า เช่น *Solanum melongena* (Yogeesha และคณะ, 2006) และ *Nicandra physalodes* (Lovey และคณะ, 2007)

เมล็ดที่ผ่านการตัดขั้วเปลือกที่ระดับ 2 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ดให้ความยาวยอดต้นกล้า 12.4 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการตัดขั้วที่ระดับ 1 และ 3 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ด (Table 1) การใช้กรดจิบเบอเรลลิคความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ให้ต้นกล้ามีความยาวยอด 12 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าการใช้กรดจิบเบอเรลลิคที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆ ที่มีความยาวยอดอยู่ระหว่าง 6.4-9.4 เซนติเมตร จะเห็นได้ว่าการใช้กรดจิบเบอเรลลิคที่มีความเข้มข้นสูงทำให้เมล็ดเหรียงมีความยาวยอดของต้นกล้ามากกว่าการใช้ความเข้นข้นที่ระดับต่ำ เช่นเดียวกับการใช้กรดจิบเบอเรลลิคในการทำลายการพักตัวของพืชบางชนิด เช่น *Arctotheca calendula* (Chaharsorghi และ Jacob, 1998) และ *Echinace purpurea* (Li และคณะ, 2007) การตัดขั้วเมล็ดที่ระดับ 2 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ดทำให้เหรียงมีน้ำหนักแห้งของต้นกล้าสูงสุด เช่นเดียวกับการตัดขั้วของเมล็ดเหรียงที่ระดับ 2 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ดทำให้เมล็ดเหรียงที่มีสีดำมีน้ำหนักแห้งของต้นกล้าสูงสุด (ศานิต, 2552) และเช่นเดียวกับการทำลายการพักตัวของเมล็ดด้วยการตัดขั้วเมล็ดของเมล็ด *Convolvulus crenatifolius* และ *C. sepium* (Jayasuriya และคณะ, 2008) และการตัดเอาส่วนที่หุ้มเมล็ดออกของ *Digitaria sanguinalis* Gallart (2008) พบว่าการทำลายการพักตัวทั้งสองวิธี คือ การตัดขั้วเมล็ดและการตัดเอาส่วนที่หุ้มเมล็ดออก ทำให้ต้นกล้ามีน้ำหนักแห้งมากกว่าการไม่ทำลายการพักตัว สำหรับการใช้กรดจิบเบอเรลลิคที่มีต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้า พบว่า การใช้กรดจิบเบอเรลลิค ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ทำให้ต้นกล้ามีน้ำหนักแห้งมากกว่าการใช้กรดจิบเบอเรลลิคที่ระดับความเข้มข้นอื่น เช่นเดียวกับการใช้กรดจิบเบอเรลลิคในการทำลายการพักตัวของเมล็ด 2 ชนิด คือ *Chaemaecyparis nootkatensis* (Schmitz และคณะ, 2002) และ *Silene elisabethae* Mondoni (2009) พบว่าการใช้กรดจิบเบอเรลลิคทำให้ต้นกล้าของพืชทั้งสองชนิดมีน้ำหนักแห้งมากกว่าสภาพควบคุมที่ไม่มีการใช้สารและการใช้กรดจิบเบอเรลลิคที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า

สรุปผล

เมล็ดเหรียงที่มีสีดำมีความงอกและความแข็งแรงมากกว่าเมล็ดเหรียงที่มีสีน้ำตาล เมล็ดเหรียงที่ตัดขั้วเปลือกเมล็ดที่ระดับ 2 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ดมีความงอก 87% ส่วนเมล็ดเหรียงที่ตัดขั้วเปลือกเมล็ดที่ระดับ 1 และ 3 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ด มีความงอก 75 และ 46.5% ตามลำดับ การใช้กรดจิบเบอเรลลิคที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 1,000 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ทำให้เมล็ดเหรียงมีความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจากการใช้กรดจิบเบอเรลลิคที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร การทำลายการพักตัวของเมล็ดเหรียงทั้งสองชนิด ควรเลือกใช้การตัดขั้วของเมล็ดที่ระดับ 2 มิลลิเมตร จากปลายเมล็ดและใช้กรดจิบเบอเรลลิคที่ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

เอกสารอ้างอิง

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2552, การแก้การพักตัวของเมล็ดเหรียง (*Parkia timoriana* (DC.) Merr.), วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40: 161-164.

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: 33-45.

Baskin, J.M. and Baskin, C.C., 2004, A Classification System for Seed Dormancy, Journal Seed Science and Technology, 14: 1-16.

Chaharsorghi, A.T. and Jacob, B., 1998, Manipulation Dormancy of Capeweed (*Arctotheca calendula* L.), Seed Science and Technology, 8: 139-146.

Gallart, M., Verdu, A.M.C. and Mas, M.T., 2008, Dormancy Breaking in *Digitaria sanguinalis* Seeds: the Role of Caryposis Covering Structure, Seed Science and Technology, 36: 259-270.

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, Journal Annals of Botany, 101: 341-352.

Li, P., Wu, H., Geng, S., Wang, X., Lu, W., Yang, Y., Shultz, L.M., Tang, T. and Zhang, N., 2007, Germination and Dormancy of Seeds in *Echinacea purpurea* (L.) Monench (Asteraceae), Seed Science and Technology, 35: 9-20.

Lovey, P. Perisse, M., Molinell, L. and Scandaliaris, M., 2007, Seed Structure and Dormancy of *Nicandra physalodes* (Solanaceae), Seed Science and Technology, 35: 560-568.

Mondoni, A., Daws, M.I., Belotti, J. and Rossi, G., 2009, Germination Requirement of The Alpine Endemic *Silene elisabethae* Jan Effects of Sratification Llight and GA_3, Seed Science and Technology, 37: 79-87.

Schmitz, N., Xia, J.H. and Kermode, T., 2002, Emergence and Growth of Yellow Cedar (*Chamaecyparis nootkatensis*) Seedling Following Modified Dormancy-Breaking Treatments, Seed Science and Technology, 30: 249-262.

Yogeesha, H.S., Upreti, K.K., Padmini, K., Bhanuprakash, K. and Murti, G.S.R., 2006, Mechanism of Seed Dormancy in Egg Plant (*Solanum melongena* L.), Seed Science and Technology, 34: 319-325.

Table 1 Seed germination and vigor of *Parkia timoriana* for seed clipping at 1 2 and 3 mm. and different GA_3 concentration levels

Treatment	Seed germination (%)	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Seedling dry weight (mg)
Types				
Black Seed	75.0^{a}	10.0^{a}	8.3^{a}	26.0^{a}
Brown seed	64.0	7.8^{b}	3.9^{b}	15.0^{b}
F–test	*	*	*	*
Seed clipping levels (mm)				
1	75.0^{b}	10.0^{b}	5.6^{b}	20.9^{b}
2	87.0^{a}	12.4^{a}	10.2^{a}	30.5^{a}
3	46.5^{c}	4.3^{c}	2.5^{c}	10.2^{c}
F–test	*	*	*	*
GA_3 concentration levels (mg/ml)				
500	57.0^{d}	6.4^{b}	3.5^{c}	13.6^{c}
1,000	64.0^{c}	7.8^{b}	5.1^{b}	19.9^{b}
1,500	72.0^{b}	9.4^{b}	6.6^{b}	21.5^{b}
2,000	85.0^{a}	12.0^{a}	9.2^{a}	27.0^{a}
F–test	*	*	*	*
Types x Seed clipping levels				
F–test	NS	NS	NS	NS
Types x GA_3 concentration leve				
F–test	NS	NS	NS	NS
Seed clipping levels x GA_3 concentration levels				
F–test	NS	NS	NS	NS
Types x Seed clipping levels concentration levels				
F–test	NS	NS	NS	NS
Mean	69.5	8.9	6.1	20.5
C.V. (%)	9.6	8.4	7.6	10.2

Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

การลดจุลินทรีย์ในพริกขี้หนูสดด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ และการสร้างมาตรฐานการตรวจรับสำหรับเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์

Microbial Reduction of Fresh Chili by Sodium Hypochlorite and Developing Inspection Standard for the E-Nose

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1] ศิววรรณ พูลพันธุ์[1] พัชรีภรณ์ เงินมาก[1] จิราพร สมนึก[2] และ ศรรัก พงษ์สุวรรณ[2]
Vongsawasdi, P.[1], Phoolphund, S.[1], Ngenmark, P.[1], Somnuek, J.[2] and Pongsuwan, S.[2]

Abstract

This study aims to investigate the optimum condition for washing fresh red chili by sodium hypochlorite (70,100 and 150 ppm for 5 and 10 min) and develop the inspection standard for Electronic nose. The results showed that efficiency in reduction of total plate counts and yeasts & molds increased significantly ($P \leq 0.05$) as concentrations and exposed time increased. However, higher concentration and longer exposed time resulted in increase of chlorine odor. The optimum condition for cleaning chili was at the concentration of 150 ppm for 5 min. Inspection standard was developed by using a SQC Model. Chlorine and freshness odors were best detected by the LY2/LG and LY2/AA sensors, respectively. According to the results, three groups of chili were purposed, i.e., fresh chili (controlled group), chili with slight - moderate chlorine odor (acceptable) and chili with strong chlorine odor reject.

Keywords: fresh chili, sodium hypochlorite, electronic nose

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการล้างพริกขี้หนูสดสีแดงด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (ความเข้มข้น 70, 100 และ 150 ppm เป็นเวลา 5 และ 10 นาที) และสร้างมาตรฐานการตรวจรับให้กับเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose) ผลการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ และระยะเวลาการสัมผัสสารเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ ราจะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น พบว่าพริกมีกลิ่นคลอรีนมากขึ้น โดยสภาวะที่เหมาะสมในการล้างพริกขี้หนูคือที่ความเข้มข้น 150 ppm เป็นเวลา 5 นาที ในส่วนของการสร้างมาตรฐานการตรวจรับด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้รูปแบบ SQC Model พบว่าเซ็นเซอร์ที่มีการตอบสนองต่อกลิ่นคลอรีนและความสดของวัตถุดิบคือ LY2/LG และ LY2/AA ตามลำดับ โดยสามารถจัดกลุ่มตัวอย่างได้ 3 กลุ่ม คือ 1) พริกขี้หนูสด (ควบคุม) 2) พริกขี้หนูสดที่มีกลิ่นคลอรีนเล็กน้อยถึงปานกลาง (ยอมรับ) และ 3) พริกขี้หนูสดที่มีกลิ่นคลอรีนมาก (ไม่สามารถยอมรับได้)

คำสำคัญ: พริกขี้หนูสด สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์

คำนำ

พริกเป็นผลิตผลที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย พริกถูกนำมาใช้ประกอบอาหารทั้งในระดับครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มรสชาติและสีสันให้กับอาหาร แต่พริกเป็นพืชที่มีฤดูกาลเก็บเกี่ยวและเน่าเสียเร็ว ทำให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้น โดยจุลินทรีย์ปนเปื้อนในพริกจะมีทั้งกลุ่มที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและกลุ่มก่อโรค ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาเมื่อนำพริกไปใช้เป็นวัตถุดิบหรือส่วนผสมในอุตสาหกรรมอาหาร ดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารจึงมักมีขั้นตอนล้างทำความสะอาดวัตถุดิบ ซึ่งมีการเติมสารที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ เช่น คลอรีนในรูปของแคลเซียม/โซเดียมไฮโปคลอไรท์ เป็นต้น โดยเมื่อนำสารประกอบไฮโปคลอไรท์มาละลายน้ำจะเกิดการแตกตัวให้กรดไฮโปคลอรัส (HOCl) และไฮโปคลอไรท์ไอออน (ClO^-) ซึ่งจะซึมผ่านผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ และเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนในไซโตพลาสซึมของเซลล์เกิดเป็น N-chloro compound ทำให้ไปรบกวนเมตาบอลิซึมของเซลล์และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในเซลล์ (Brackett, 1987) อย่างไรก็ตามการใช้สารประกอบคลอรีนในการล้างพริกอาจทำให้มีกลิ่นคลอรีนตกค้างในผลิตผลได้ การตรวจสอบในปัจจุบันจะใช้การตรวจสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งต้องใช้

---

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[1] Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi
[2] บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)
[2] Charoen Pokphand Foods PCL

พนักงานที่มีความชำนาญ แต่เนื่องจากสารประกอบคลอรีนอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ รวมทั้งการทำงานอย่างต่อเนื่องก็อาจทำให้เกิดความล้าของอวัยวะที่ใช้ในการทดสอบ ดังนั้นการนำเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose) เข้ามาช่วยในการตรวจสอบจะทำให้ปัญหาเหล่านี้บรรเทาลงได้ อย่างไรก็ตามในการใช้งานจำเป็นต้องมีการสร้างมาตรฐานให้กับตัวเครื่องเพื่อกำหนดระดับการยอมรับ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการลดปริมาณจุลินทรีย์ในพริกขี้หนูสดโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นและเวลาสัมผัสต่างๆ และสร้างมาตรฐานเพื่อกำหนดระดับการยอมรับให้แก่เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose) ในการวิเคราะห์กลิ่นคลอรีนที่ตกค้าง โดยผลที่ได้จะทำให้ได้พริกที่สะอาดและปลอดภัยต่อการนำไปบริโภคหรือแปรรูปต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบและการหาสภาวะที่เหมาะสมในการล้าง

ใช้พริกขี้หนูสดเด็ดขั้วพันธุ์ซุปเปอร์ฮอทสีแดงจากบริษัท ยูเนี่ยนเพรสติจอะโกร จำกัด นำมาคัดผลที่มีสีไม่สม่ำเสมอ มีรอยช้ำ แตกหัก และเน่าเสียออก จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำ 5 นาทีและแบ่งออกเป็น 7 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นตัวอย่างควบคุม ส่วนที่ 2-4 นำมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ที่ความเข้มข้น 70, 100 และ 150 ppm ตามลำดับเป็นเวลา 5 นาทีและส่วนที่ 5-7 นำมาแช่ในสารละลาย NaOCl ที่ความเข้มข้นเดียวกับส่วนที่ 2-4 แต่ใช้เวลาแช่ 10 นาที

การศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์

วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราตามวิธีของ Bacteriological Analytical Manual (BAM, 2001)

การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น

ใช้การทดสอบแบบ Scoring test เพื่อประเมินลักษณะคุณภาพด้านกลิ่นของพริกขี้หนูที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย NaOCl ที่สภาวะต่างๆ โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนและมีความชำนาญจำนวน 5 คน ซึ่งตัวอย่างทั้งหมดจะใส่รหัสทางสถิติแบบสุ่ม และมีการกำหนดคะแนน 5 ระดับ (5 = มีกลิ่นพริกสดและไม่มีกลิ่นแปลกปลอมอื่น และ 1 = ไม่มีกลิ่นพริกและมีกลิ่นคลอรีนมากที่สุด)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสจะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างตัวอย่างด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 19.0 for Windows ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์กลิ่นด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์และการสร้างมาตรฐานการตรวจรับวัตถุดิบ

นำตัวอย่างพริกขี้หนูทั้ง 7 กลุ่มมาวิเคราะห์กลิ่นด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Alpha M.O.S, Fox 3000, Toulouse, France) โดยตั้งอุณหภูมิ Oven ที่ 45°C เป็นเวลา 10 นาที ตั้งค่า Agitation speed ที่ 600 รอบต่อนาที ใช้ Injection volume และ Injection speed เท่ากับ 1800 µL และ 1800 µL/min ตามลำดับ ตั้งอุณหภูมิขณะฉีดเท่ากับ 55 $^{\circ}$C และ Acquisition time เท่ากับ 10 นาที สารระเหยจากตัวอย่างจะถูกแยกด้วยเซนเซอร์จำนวน 12 เซนเซอร์ โดยสัญญาณที่แต่ละเซนเซอร์ตรวจจับได้จะถูกประมวลผล และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Alpha soft ver. 12.3 (Alpha M.O.S., Toulouse, France) และแสดงผลออกมาในรูปกราฟเรดาร์ (Radar plot) นำชุดข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle component analysis; PCA) ร่วมกับการวิเคราะห์การจัดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธี Cluster analysis (CA) แบบ Hierarchical cluster analysis (HCA) จากนั้นทำ Validation ให้กับ SQC Model ที่สร้างขึ้นโดยนำพริกขี้หนูสดใน Lot อื่นมาทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นและวิเคราะห์ด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นนำข้อมูลมาแสดงใน SQC Model

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

จาก Figure 1 และ Figure 2 พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaOCl จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ และราเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยเมื่อใช้ระยะเวลาการสัมผัสเท่ากัน การล้างพริกโดยใช้ความเข้มข้นของ NaOCl ที่ 150 ppm จะลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ และราได้มากกว่าที่ความเข้มข้น 100 ppm และ 70 ppm ตามลำดับในขณะที่ถ้าพิจารณาที่ความเข้มข้นคงที่ การเพิ่มระยะเวลาการสัมผัสสารละลาย NaOCl จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ และราเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยพบว่าการล้างพริกโดยใช้ระยะเวลาการสัมผัสนาน 10 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ และราได้มากกว่าที่ 5 นาทีทุกระดับความเข้มข้นที่ศึกษา ผลที่ได้สอดคล้องกับ Hicks และ Segall (1990) ที่พบว่าระยะเวลาในการสัมผัสสารเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารละลายคลอรีน โดยเมื่อเวลาในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของสารละลายคลอรีนจะเพิ่มขึ้น

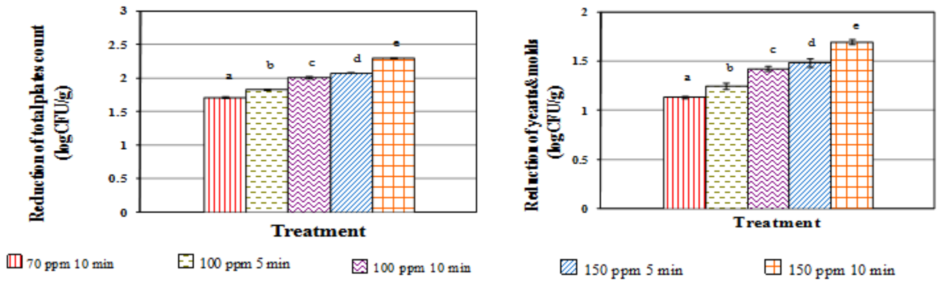


Figure 1 Reduction of total plate counts of chili experienced various hypochlorite treatments

Figure 2 Reduction of yeasts & molds of chili experienced various hypochlorite treatments

(*Different letters (a, b,…) in a graph are significantly different ($P\leq0.05$))

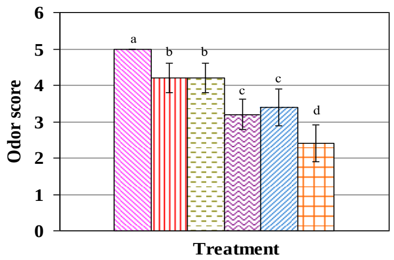


Figure 3 Odor score of chili experienced various hypochlorite treatments

(*Different letters (a, b,…) in a graph are significantly different ($P\leq0.05$))

การประเมินทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น

จาก Figure 3 พบว่าสภาวะที่ใช้ล้างมีผลต่อกลิ่นของพริกขี้หนูอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยพริกที่ผ่านการแช่สารละลาย NaOCl ที่ความเข้มข้น 70 ppm นาน 10 นาทีและที่ 100 ppm นาน 5 นาที จะมีคะแนนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) กล่าวคือมีกลิ่นคลอรีนผสมอยู่ด้วยเล็กน้อย และมีกลิ่นใกล้เคียงกับพริกขี้หนูสดที่ไม่ได้ผ่านการล้าง ส่วนการล้างพริกที่ความเข้มข้นของสารละลาย NaOCl 100 ppm นาน 10 นาที และ 150 ppm นาน 5 นาที มีคะแนนที่ใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) คือมีกลิ่นคลอรีนผสมอยู่ด้วยปานกลาง ในขณะที่การล้างที่ใช้ความเข้มข้น 150 ppm นาน 10 นาที จะทำให้พริกมีกลิ่นคลอรีนตกค้างในพริกมากที่สุด เนื่องจากสภาวะการล้างมีผลต่อคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น ดังนั้นจึงนำผลที่ได้มาจัดกลุ่มได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มควบคุม (Control) เป็นกลุ่มของพริกขี้หนูสดที่ไม่ผ่านการล้างสารละลาย NaOCl โดยจะมีระดับคะแนนทางประสาทสัมผัสเท่ากับ 5 กลุ่มที่ 2 คือกลุ่มที่ยอมรับได้ (Accept) เป็นกลุ่มของพริกขี้หนูสดที่มีกลิ่นของสารละลาย NaOCl เล็กน้อยจนถึงปานกลาง โดยจะมีระดับคะแนนทางประสาทสัมผัสเป็น 4 และ 3 ตามลำดับ และกลุ่มที่ 3 คือกลุ่มที่ไม่ยอมรับ (Reject) เป็นกลุ่มของพริกขี้หนูสดที่มีกลิ่นของสารละลาย NaOCl มากจนถึงมากที่สุด โดยจะมีระดับคะแนนเป็น 2 และ 1 ตามลำดับ

การวิเคราะห์กลิ่นด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์

จากการวิเคราะห์กลิ่นด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ ในตัวอย่างพริกขี้หนูสดพบว่าเซนเซอร์ที่สามารถแยกความแตกต่างของตัวอย่างได้แก่เซนเซอร์ LY2/LG, LY2/G, LY2/AA, LY2/gGH และ LY2/gCTI (Figure 4) เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาจัดกลุ่มตัวแปรโดยใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ร่วมกับการวิเคราะห์การจัดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธี Cluster analysis แบบ Hierarchical cluster analysis พบว่าเซนเซอร์ LY/G, LY/Gh, LY/gCTI, LY/gCT, T30/1, P10/1, P10/2, P40/1, T70/2 และ PA2 ให้ลักษณะแบบแผนข้อมูลที่ไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งส่งผลต่อความผันแปรต่อการนำไปสร้างแบบแผนของข้อมูล ในขณะที่เซนเซอร์ LY2/LG และ LY2/AA ให้ลักษณะแบบแผนข้อมูลที่เป็นเส้นตรง โดยลักษณะของกลิ่นที่ LY2/AA ตอบสนองจะอยู่ในกลุ่มสารอินทรีย์จำพวกไฮโดรคาร์บอน อัลดีไฮด์ แอลกอฮอล์ (แลคโตน) (Pai และคณะ, 1979) ซึ่งแสดงถึงความสดของตัวอย่างได้ ส่วนลักษณะของกลิ่นที่ LY2/LG ตอบสนองจะอยู่ในกลุ่มคลอรีน ดังนั้นในการสร้างแผนภาพ PCA จึงนำเพียง 2 เซนเซอร์นี้มาทำการสร้าง โดยแผนภาพที่ถูกวิเคราะห์ขึ้นจะแสดงอันดับของ PC score ที่ 2 อันดับแรก (PC-1 และ PC-2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างพริกขี้หนูสดสีแดงมีระดับของความผันแปรในอันดับทั้งสองสูงถึงร้อยละ 97.622 และ 1.413 ตามลำดับ (Figure 5) นั่นแสดงว่าอันดับ PC score ทั้งสองสามารถเป็นตัวแทนในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลของรูปแบบกลิ่นในผลิตภัณฑ์โดยภาพรวมได้อย่างครอบคลุม (Sivakesava และ Irudayaraj, 2001) เมื่อนำข้อมูลที่มีอยู่ไปจัดทำรูปแบบการวิเคราะห์แบบ SQC (Statistical for Quality Control) Model ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพ โปรแกรมจะนำตัวอย่างที่ไม่ทราบค่ามาเปรียบเทียบในเชิงปริมาณ โดยสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของกลิ่นตัวอย่างที่แช่สารละลาย NaOCl กับตัวอย่างพริกควบคุม (Odor unit) และตัวอย่างพริก (Analysis) ซึ่งในการวิเคราะห์จะกำหนดให้กลุ่มของ Control มีค่า Odor unit เฉลี่ย

เท่ากับ 0 เมื่อใส่ข้อมูลลงไปพบว่าพริกขี้หนูสดสีแดงกลุ่มควบคุม (Control) มีค่า Odor unit อยู่ในช่วง -0.0046 ถึง 0.0044 ในขณะที่กลุ่มที่ยอมรับได้ (Accept) และกลุ่มที่ไม่ยอมรับ (Reject) มีค่าอยู่ในช่วงที่น้อยกว่า -0.0046 และมากกว่า 0.0044 ตามลำดับ (Figure 6) เมื่อนำ SQC Model ที่สร้างขึ้นมาทำ Validation โดยนำพริกขี้หนูสดใน Lot อื่นมาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนและมีความชำนาญ เพื่อกำหนดระดับคะแนนการยอมรับอีกครั้ง ก่อนที่จะวิเคราะห์กลิ่นของตัวอย่างด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อเครื่องทำการประมวลผลเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงแสดงข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ลงใน SQC Model ที่สร้างขึ้น และเปรียบเทียบกับระดับคะแนนการยอมรับจากการผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบ เพื่อทดสอบความถูกต้องของ Model ที่สร้างขึ้น ซึ่งพบว่าข้อมูลที่ทำการ Validation จะอยู่ในกลุ่มข้อมูลเดียวกับกลุ่มข้อมูลของSQC Model ที่สร้างขึ้น (Figure 6)

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมในการล้างพริกขี้หนูสดคือการใช้ NaOCl ที่ความเข้มข้น 150 ppm นาน 5 นาที เนื่องจากเป็นสภาวะที่ลดจำนวนจุลินทรีย์ได้สูงที่สุดและมีกลิ่นคลอรีนตกค้างในระดับที่ยอมรับได้คืออยู่ในช่วงเล็กน้อยถึงปานกลาง ส่วนผลการสร้างมาตรฐานการตรวจรับพริกขี้หนูด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ พบว่าเซ็นเซอร์ที่บอกระดับความรุนแรงของกลิ่นคลอรีนในตัวอย่างได้คือ LY2/LG และเมื่อนำผลที่ได้มาใช้สร้างมาตรฐานการตรวจรับ โดยใช้รูปแบบการวิเคราะห์ SQC Model พบว่าจัดกลุ่มตัวอย่างได้ 3 กลุ่ม คือ 1) พริกขี้หนูสด (ควบคุม) 2)พริกขี้หนูสดที่มีกลิ่นคลอรีนเล็กน้อยถึงปานกลาง (ยอมรับ) และ 3) พริกขี้หนูสดที่มีกลิ่นคลอรีนมาก (ไม่สามารถยอมรับได้)

เอกสารอ้างอิง

Bacteriology Analytical Manual online, 2001, [Online] Available: www.fda.gov/Food/ScienceResearch/Laboratory Methods/BacteriologicalAnalyticalManual BAM/default.htm, [Dec 15, 2011].

Brackett, R.E., 1987, Antimicrobial Effect of Chlorine on *Listeria moncytogenes*, Journal of Food Protection, 50: 999-1003.

Hicks, J.R. and Segall, R.H., 1990, Water Chlorination for Vegetable Packinghouses, Institute of Food and Agriculture Science University of Florida, 431p.

Pai, J.S., Lomanno, S.S. and Nawar, W.W., 1979, Effect of Heat Treatments on The Volatile Composition of coconut oil. Journal of the American Chemical Society, 56: 494–497.

Sivakesava S., and Irudayaraj, J., 2001, Prediction of Inverted Cane Sugar Adulteration of Honey by Fourier Fransform Infrared Spectroscopy, Journal of Food Science, 66(7): 972-978.

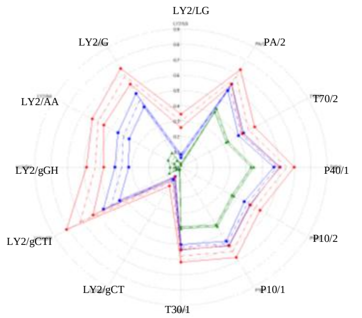


Figure 4 Radar plot from electronic nosed measurement of chili

■ Control ▲ Accept ♦ Reject

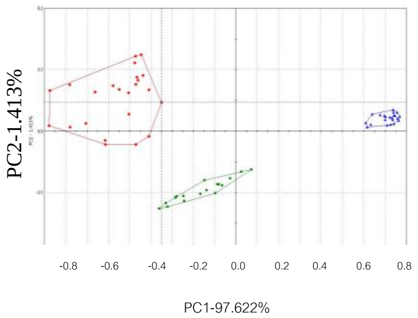


Figure 5 PCA score plot of first two principle components of chili performed by LY2/LG and LY2/AA

■ Control ▲ Accept ♦ Reject

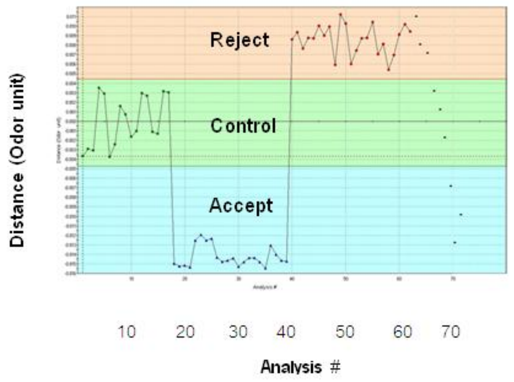


Figure 6 SQC Model and validation for chili odor analysis

■ Control

▲ Accept

♦ Reject

✸ Unknown

การผลิตกรดแล็กติกจาก *Rhizopus oryzae* G-118 ที่เพาะเลี้ยงในแหล่งคาร์บอนหลากชนิด

Lactic Acid Production by *Rhizopus oryzae* G-118 Grown on Different Carbon Source

วชิราภรณ์ ผิวล่อง[1] สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1] สุชาดา พงษ์พัฒน์[1] และ จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ[1]
Pewlong, W.[1], Sajjabut, S.[1], Pongpat, S.[1] and Eamsiri, J.[1]

Abstract

Lactic acid is an organic acid that is widely used in various industries. Recently, it has received attention for biodegradable plastic production. Due to a high demand of the lactic acid, *Rhizopus oryzae* ATCC 3165, a lactic acid-producing fungus, was mutated by gamma radiation to improve its lactic acid production. *R. oryzae* spores were irradiated with 4-6 kGy. gamma radiation, which reduced their survival rate to 0.1 – 1%. The result showed that 22 of 313 mutant strains produced a higher amount of lactic acid than the wild-type strain. The selected strains were re-inoculated in the fermentation medium containing cassava starch as a carbon source in order to test their stabilities over five generations. All twenty-two strains showed the stability of lactic acid production with their yields of lactic acid higher than the wild-type strain. The mutant G-118 produced the highest amount of lactic acid, which was 60 g/l. Various carbon sources were studied for lactic acid production of G-118; these included cassava starch, corn starch, glutinous rice flour, potato starch, rice flour and wheat flour. The lactic acid yield was 60, 66, 59, 62, 57 and 43 lactic acid production.

Keywords: lactic acid, mutation, carbon source, *Rhizopus oryzae*

บทคัดย่อ

กรดแล็กติกเป็นกรดอินทรีย์ที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะในปัจจุบันนี้ได้รับความสนใจอย่างมากในการนำมาผลิตพลาสติกย่อยสลายได้ จากความต้องการกรดแล็กติกที่เพิ่มขึ้นจึงทำการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกรดแล็กติกของ *Rhizopus oryzae* ATCC 3165 ด้วยรังสีแกมมา โดยนำสปอร์ของ *R. oryzae* ฉายรังสีแกมมาที่ 4 - 6 กิโลเกรย์ ซึ่งทำให้ *R. oryzae* มีอัตราการรอดชีวิตเพียง 0.1-1.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเชื้อสายพันธุ์กลาย 22 ไอโซเลท จากทั้งหมด 313 ไอโซเลทที่รอดชีวิตจากการฉายรังสี สามารถผลิตกรดแล็กติกได้ในปริมาณที่สูงกว่าสายพันธุ์ตั้งต้น และเมื่อนำทั้ง 22 ไอโซเลทมาทดสอบความคงตัวในการผลิตกรดแล็กติกในรุ่นที่ 1 ถึงรุ่นที่ 5 พบว่าทั้ง 22 ไอโซเลทมีความคงตัวในการผลิตกรดแล็กติก โดยสายพันธุ์ G-118 ผลิตกรดแล็กติกได้สูงที่สุด ปริมาณ 60 กรัม/ลิตร และเมื่อนำสายพันธุ์ G-118 มาทดสอบหาแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมในการผลิตกรดแล็กติกในอาหารที่มีแหล่งคาร์บอนชนิดต่างๆ คือ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเหนียว แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวเจ้า และแป้งสาลี พบว่าสายพันธุ์ G-118 สามารถผลิตกรดแล็กติกได้ 60, 66, 59, 62, 57 and 43 กรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งอาหารหมักที่ประกอบด้วยแป้งข้าวโพดให้การผลิตกรดแล็กติกสูงที่สุด

คำสำคัญ: กรดแลคติก กลายพันธุ์ แหล่งคาร์บอน *Rhizopus oryzae*

คำนำ

กรดแล็กติกเป็นกรดอินทรีย์ที่มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น เครื่องสำอาง อุตสาหกรรมอาหารและอาหารสัตว์ เป็นต้น ความต้องการกรดแล็กติกทั่วโลกมีประมาณ 130,000 -150,000 เมตริกตันต่อปี และมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากมีการนำไปใช้เป็นมอโนเมอร์ในกระบวนการผลิต PLA ซึ่งเป็นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Datta และคณะ, 1995; Litchfield, 1996) โดยแนวโน้มความต้องการใช้ในปี พ.ศ. 2553 เพิ่มขึ้นถึง 500,000 เมตริกตันต่อปี (Litchfield,1996) กรดแลคติกสามารถผลิตได้โดยกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี หรือกระบวนการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ เช่นแบคทีเรีย *Lactobacillus casei* และเชื้อรา *Rhizopus oryzae* โดยกรดแล็กติกที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีจะมีคุณสมบัติทนต่อความร้อนเหมาะสำหรับใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมขนมอบ ส่วนกรดแล็กติกที่ผลิต

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก
[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Tumbon Saimun Amphoe Ongkharak Nakhon Nayok

ได้จากการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์เหมาะสำหรับใช้ผลิต PLA ได้ดีกว่ากรดแล็กติกที่ผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี (Lunt, 1998; Södergärd และ Stolt, 2002) สำหรับการผลิตกรดแล็กติกในเชิงพาณิชย์ โดยใช้เชื้อ *R. oryzae* มีข้อดีที่ว่าให้ผลผลิตกรดแล็กติก L(+)-form แต่เพียงอย่างเดียว แต่ปริมาณกรดที่ได้น้อยกว่าการใช้เชื้อแล็กติกแอซิดแบคทีเรีย ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการหมักเส้นใยของเชื้อราจะติดและพันกันเกิดเป็นก้อน (clump) ทำให้การส่งผ่านสารอาหารหรือสารที่เซลล์สร้างขึ้นเป็นไปได้ยาก สำหรับในประเทศไทยการเลือกวัตถุดิบสำหรับการผลิตกรดแล็กติกโดยการหมัก จะขึ้นอยู่กับเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้และผลผลิตที่ต้องการ มีแหล่งคาร์บอนหลายชนิดที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกรดแล็กติก เช่น แป้งสาคู (Sago starch) เปลือกและซังข้าวโพด เป็นต้น อย่างไรก็ตามแป้งเป็นวัสดุที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักเนื่องจากมีปริมาณมากและราคาถูก สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้รังสีแกมมาเพื่อปรับปรุงการผลิตกรดแล็กติกของ *R. oryzae* ATCC 3165 รวมทั้งการหาชนิดของแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสม เพื่อใช้เพาะเลี้ยง *R. oryzae* สายพันธุ์กลายต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การชักนำให้เชื้อกลายพันธุ์ด้วยรังสีแกมมาและการคัดเลือกเชื้อสายพันธุ์กลาย นำ *R. oryzae* เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA slant ที่ 30°C เป็นเวลา 3-5 วัน นำสปอร์ที่ได้มาเตรียม spore suspension ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ให้มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 2-5x10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร นำ spore suspension ฉายรังสีแกมมาที่ 4– 6 กิโลเกรย์ นำสปอร์ที่ผ่านการฉายรังสีมาเลี้ยงบนอาหาร PDA plate ที่ 30°C เป็นเวลา 3 วัน คัดเลือกโคโลนีของเชื้อราที่เจริญเป็นโคโลนีเดี่ยวมาเพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA slant ที่ 30°C เป็นเวลา 3-5 วัน หลังจากนั้นนำสปอร์ที่ได้มาเตรียม spore suspension ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ให้มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 2-5 x10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร นำ spore suspension เลี้ยงในอาหารหมักที่ประกอบด้วยแป้งมันสำปะหลัง 120 กรัม/ลิตร $(NH_4)_2SO_4$ 2 กรัม/ลิตร K_2HPO_4 0.6 กรัม/ลิตร $MgSO_4.7H_2O$ 0.25 กรัม/ลิตร และ $ZnSO_4$กรัม/ลิตร (Naranong N, 2001) ที่บรรจุในฟลาสก์บ่มบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบ/นาที 30°C เป็นเวลา 5 วัน และเติมแคลเซียมคาร์บอเนต 3 กรัม ในวันที่ 2 ของการเลี้ยง เมื่อครบ 5 วันนำน้ำหมักมากรองแยกเอาเซลล์ออก น้ำใสที่ได้นำไปหาปริมาณกรดแล็กติกด้วยเครื่อง HPLC (Jasco, Japan) คอลัมน์ Phenomenex Luna C18 และใช้สารละลาย H_2SO_4 0.0225 M เป็นตัวชะ คัดเลือกไอโซเลทที่สามารถผลิตกรดแลคติกได้สูงกว่าสายพันธุ์ตั้งต้น

การทดสอบความคงตัวในการผลิตกรดแลคติก นำไอโซเลทที่คัดเลือกได้มาทำการถ่ายเชื้อลงในอาหาร PDA slant บ่มที่ 30°C เป็นเวลา 3- 5 วัน ซึ่งถือว่าเป็นรุ่นที่ 2 แล้วทำการถ่ายเชื้อเช่นเดียวกันไปจนถึงรุ่นที่ 5 หลังจากนั้นนำมาทดสอบการผลิตกรดแลคติกในอาหารหมักเช่นเดียวกับข้างต้น

การทดสอบชนิดของแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมในการผลิตกรดแล็กติก ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อสายพันธุ์กลายที่สามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงสุดในอาหารหมักที่มีแป้งชนิดต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอน แป้งที่ใช้คือแป้งข้าวโพด แป้งข้าวเหนียว แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวเจ้า และแป้งสาลี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการชักนำให้กลายพันธุ์ของเชื้อ *R. oryzae* ATCC 3165 ด้วยรังสีแกมมา ที่ปริมาณรังสี 4 – 5 กิโลเกรย์ พบว่า *R. oryzae* ATCC 3165 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา 22 ไอโซเลทจากทั้งหมด 313 ไอโซเลท เป็นสายพันธุ์ที่สามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงกว่าสายพันธุ์ตั้งต้น และผลิตกรดแลคติกได้ปริมาณ 33 –60 กรัมต่อลิตร โดยสายพันธุ์ G-118 เป็นสายพันธุ์ที่ผลิตกรดแล็กติกได้สูงที่สุด โดยผลิตกรดแล็กติกได้ปริมาณ 60 กรัม/ลิตร และเมื่อนำทั้ง 22 ไอโซเลทมาทดสอบความคงตัวของการผลิตกรดแลคติกใน รุ่นที่ 1 – รุ่นที่ 5 พบว่าทั้ง 22 ไอโซเลท มีความคงตัวในการผลิตกรดแลคติกดัง Table 1

เมื่อนำสายพันธุ์ G-118 ไปเพาะเลี้ยงในอาหารหมักที่ประกอบด้วยแป้งชนิดต่างๆ 6 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเหนียว แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวเจ้า และแป้งสาลี พบว่าเชื้อสายพันธุ์ G-118 สามารถผลิตกรดแล็กติกได้ที่ปริมาณ 60, 66, 59, 62, 57 และ 43 กรัม/ลิตร ตามลำดับ (Figure 1) จะเห็นได้ว่าเชื้อสายพันธุ์กลาย G-118 สามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารหมักที่มีแป้งข้าวโพดเป็นแหล่งคาร์บอน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Yin และคณะ (1997) ที่เพาะเลี้ยง *R. oryzae* ในอาหารหมักที่ประกอบด้วยแป้งข้าวโพดและสามารถผลิตกรดแล็กติกได้มากถึง 82 กรัมต่อลิตรและการทดลองของ Xiaodong (1997) ที่พบว่าแบคทีเรีย *Lactobacillus amylovorus* สามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารหมักที่ประกอบด้วยแป้งข้าวโพดเช่นกัน อย่างไรก็ตามจากการทดลองในครั้งนี้เห็นได้ว่าการผลิตกรดแล็กติกของ *R. oryzae* สายพันธุ์กลาย G-118 ในอาหารหมักที่มีแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดให้ผลการผลิตกรดแล็กติกที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นคณะผู้วิจัยเห็นว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อ

การผลิตกรดแล็กติกเป็นแนวทางที่ดีกว่าการใช้แป้งข้าวโพด เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีราคาถูกและประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตแป้งมันสำปะหลังได้เป็นจำนวนมาก ดังจะเห็นได้ว่าปริมาณการส่งออกของมันสำปะหลังมีปริมาณสูงถึง 3 ล้านตันในปี 2554 (กรมศุลกากร, สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย)

Table 1 Lactic acid production (g/L) of *R. oryzae* ATCC 3165 mutant strains of 5 generations

CODE	LACTIC ACID (g/l)				
	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5
G - 05	46.203 ±1.10^{a}	48.183±1.79^{a}	47.948±1.34^{a}	49.424±0.77^{a}	46.506±1.21^{a}
G – 50	45.831±1.84^{a}	45.699±0.42^{a}	45.030±1.43^{a}	46.435±0.06^{a}	45.511±1.29^{a}
G – 60	42.817±0.97^{b}	49.775±2.84^{b}	46.004±1.13^{a}	46.026±2.19^{a}	44.606±2.40^{a}
G - 63	40.733±1.73^{a}	40.927±1.30^{a}	43.443±0.12^{a}	43.527±1.51^{a}	43.563±0.92^{a}
G - 111	42.252±1.23^{a}	43.285±2.79^{a}	46.510±2.46^{a}	42.335±1.85^{a}	45.814±2.34^{a}
G - 112	47.821±2.75^{a}	43.617±2.66^{a}	44.661±0.66^{a}	44.462±0.50^{a}	48.141±2.57^{a}
G - 114	46.376±1.84^{a}	44.086±2.28^{a}	44.867±2.31^{a}	47.067±0.92^{a}	47.759±0.27^{a}
G – 117	47.175±2.02^{a}	46.105±2.57^{a}	49.198±1.09^{a}	46.366±0.47^{a}	40.448±1.56^{a}
G – 118	59.741±1.04^{a}	58.813±0.86^{a}	59.240±1.04^{a}	61.342±1.14^{a}	59.612±3.04^{a}
G – 125	46.709±1.82^{a}	45.665±1.60^{a}	43.453±1.09^{a}	46.065±1.90^{a}	45.584±0.61^{a}
G – 126	43.541±0.84^{ab}	43.736±3.72^{ab}	46.802±0.87^{b}	43.328±3.91^{ab}	41.175±0.15^{a}
G – 138	49.324±5.74^{a}	45.707±0.44^{a}	46.859±0.43^{a}	46.805±0.52^{a}	47.658±0.36^{a}
G – 236	45.227±1.12^{a}	45.944±0.58^{a}	43.677±0.35^{a}	51.154±0.72^{b}	51.075±0.49^{b}
G – 264	45.600±0.84^{a}	49.590±1.30^{a}	47.461±0.85^{a}	48.714±1.28^{a}	49.880±1.15^{a}
G – 267	46.206±0.87^{a}	47.249±0.71^{a}	48.618±0.91^{a}	47.108±0.45^{a}	47.561±1.44^{a}
G – 269	47.230±1.22^{a}	47.653±3.17^{a}	46.672±1.41^{a}	49.568±1.90^{a}	46.777±3.05^{a}
G – 270	48.120±1.40^{a}	46.978±0.68^{a}	46.888±0.79^{a}	47.194±1.23^{a}	46.366±0.15^{a}
G – 272	35.478±0.35^{a}	36.041±1.16^{a}	34.054±0.67^{a}	34.853±2.56^{a}	38.067±1.47^{a}
G – 279	41.798±1.72^{a}	39.962±0.63^{a}	39.291±1.48^{a}	44.832±0.54^{a}	39.537±1.45^{a}
G – 303	37.880±1.88^{a}	37.196±1.04^{a}	36.454±1.01^{a}	37.666±0.89^{a}	38.096±1.68^{a}
G – 304	33.328±1.38^{a}	33.475±1.21^{a}	33.344±1.34^{a}	32.363±0.99^{a}	33.914±0.88^{a}
G – 305	44.261±1.12^{a}	43.375±1.17^{a}	44.344±1.14^{a}	45.433±0.62^{a}	46.131±0.68^{a}

^{ab} Means in a row followed by a common letter do not significantly differ based on Duncan's multiple range test ($p \geq 0.05$)

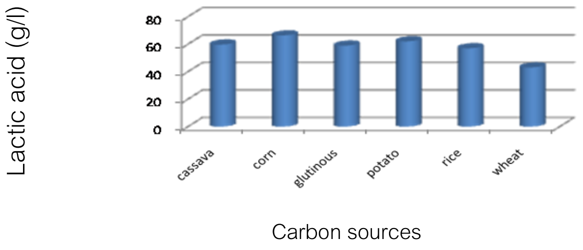


Figure 1 Lactic acid production of *Rhizopus oryzae* G-118 in various carbon sources (g/l)

สรุปผล

รังสีแกมมาสามารถชักนำให้เชื้อ *R. oryzae* ATCC 3165 เกิดการกลายพันธุ์ โดยได้สายพันธุ์กลายที่สามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงกว่าสายพันธุ์หลักและมีความคงตัวในการผลิตกรดแล็กติก ทั้งหมด 22 ไอโซเลท และสายพันธุ์กลาย G-118 เป็นสายพันธุ์ที่ผลิตกรดแล็กติกได้สูงสุดที่ปริมาณ 60 กรัมต่อลิตร เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารหมักที่ใช้แป้งข้าวโพดเป็นแหล่งคาร์บอน

เอกสารอ้างอิง

Datta, R., Shih-Perng Tsai, S.P., Bonsignore, P., Moon, S.H. and Frank, J.R., 1995, Technological and Economic Potential of Poly (Lactic Acid) and Lactic Acid Derivatives, FEMS Microbiology Reviews, 16(2-3): 221-231.

Litchfield, J.H., 1996, Microbiological Production of Lactic Acid, Advances in Applied Microbiology, 42: 45-95.

Lunt, J., 1998, Large-scale Production, Properties and Commercial Applications of Polylactic Acid Polymers, Polymer Degradation and Stability, 59(1-3): 145-152.

Naranong, N. and Poocharoen, D., 2001, Production of L-Lactic Acid from Raw Cassava Starch by *Rhizopus oryzae* NRRL 395, Kasetsart Journal (Natural Science), 35(2): 164-170.

Södergärd, A. and Stolt, M., 2002, Properties of Lactic Based Polymers and Their Correlation with Composition, Progress in Polymer Science, 27: 1123-1163.

Xiaodong, W., Xuan, G., and Rakshit, S.K., 1997, Direct Fermentative Production of Lactic Acid on Cassava and Other Starch Substrates, Biotechnology Letters, 19(9): 841-843.

Yin, P., Nishima, N., Kosakai, Y., Yashiro, K., Park, Y.S. and Okabe, M., 1997, Enhanced Production of L(+)-lactic Acid from Corn Starch in a Culture of *Rhizopus oryzae* Using an Air-lift Bioreactor, Journal of Fermentation Bioengineering, 84: 249-253.

การศึกษาแผ่นฟิล์มบริโภคได้จากผงมะม่วง

The Study of Edible Film from Mango Powder

จุฑามาศ พิศมัย[1] อารยา ยงกสิการณ์[1] ชลลดา สังเวียน[1] และ นันท์ชนก นันทะไชย[1]

Pisamai, J.[1], Yongkasikan, A.[1], Sangwain, C.[1] and Nanthachai, N.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the edible film from "Fa-Lan" mango. The fruit was sliced and soaked in 0.1N calcium chloride and dried at 60°C for 6 hours. Dried mango was then grinded into a powder and passed through a sieve. The particle size was smaller than 45 μm. The mango powder was analyzed to show a moisture content of 3.94% and a viscosity of was 110 ± 0 RVU. The edible film was prepared by using mango powder at concentrations of 5, 10 and 15%. The results indicated that the film could be better formed at a 10% concentration of mango than at the concentrations of 5 and 15%. The water vapor transmission rate (WVTR) of films from mango powder at 5, 10 and 15% were 3.18, 2.59 and 2.07 g/m^2 /day, respectively. There was no significance ($p>0.05$) among those films. The a_w of films ranged from 0.48 to 0.59. Mango film using glycerol as a plasticizer was formed and stretched then repeated with sorbitol. There was no significance ($p>0.05$) in a_w between those films. The WVTR of films using glycerol and sorbitol as a plasticizer were 2.79 and 2.07 g/m^2 /day, respectively.

Keywords: edible film, mango, water vapor transmission rate

บทคัดย่อ

จากการศึกษาฟิล์มที่บริโภคได้จากมะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่น โดยหั่นมะม่วงเป็นชิ้นบางๆ นำไปแช่แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1N อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และบดให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงให้ผงมะม่วงมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 45 μm วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของผงมะม่วง พบว่ามีค่าความชื้น 3.94% และความหนืดสูงสุด 110 ± 0 RVU เมื่อนำมาทำแผ่นฟิล์มโดยใช้ความเข้มข้นของผงมะม่วง 5, 10 และ 15% พบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 สามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ดีที่สุด อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate: WVTR) ของฟิล์มจากผงมะม่วงร้อยละ 5, 10 และ 15 มีค่าเท่ากับ 3.18, 2.59 และ 2.07 g/m^2/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ค่า a_w ของแผ่นฟิล์มอยู่ระหว่าง 0.48 – 0.59 และพบว่าฟิล์มมะม่วงที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์สามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ดีและมีความยืดหยุ่นกว่าฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติไซเซอร์ สำหรับค่า a_w ของฟิล์มทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) และค่า WVTR ของฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลเป็นพลาสติไซเซอร์เท่ากับ 2.79 และ 2.07 g/m^2/วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: ฟิล์มบริโภคได้ มะม่วง อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ

คำนำ

ฟิล์มบริโภคได้ (edible film) คือ วัสดุแผ่นบางที่บริโภคได้พร้อมกับอาหาร นำมาใช้โดยการเคลือบผิวของอาหารโดยตรงหรือเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มก่อนแล้วจึงนำมาใช้กับอาหาร (Sothornvit และ Krochata, 2000) ซึ่งฟิล์มบริโภคได้มีคุณสมบัติป้องกันหรือชะลอการผ่านของไอน้ำ ออกซิเจน สารระเหย และสารละลาย (Gennadios และ Weller, 1990) จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร (Maftoonazad และคณะ, 2007) โดยทั่วไปฟิล์มบริโภคได้ผลิตขึ้นจากพอลิแซคคาไรด์ โปรตีน และไขมัน ได้มีการศึกษาการเตรียมฟิล์มจากสารชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกันเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้ให้ดียิ่งขึ้น เช่น ฟิล์มเพคตินและไคโตซาน (Ghaffari และคณะ, 2007)

---

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 พหลโยธิน 87 ซอย 2 ประชาธิปัตย์ ธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2 Phaholyothin 87 Soi 2, Prachathaipat, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

หรือฟิล์มไคโตซาน polyvinyl alcohol และเพคติน (Tripathi และคณะ, 2010) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการเติมวัตถุเจือปนอาหาร เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านจุลินทรีย์ สีผสมอาหาร สารให้กลิ่นรส สารอาหารเสริม และเครื่องเทศ (Pena และ Torres, 1991) เช่น Kang และคณะ (2007) พบว่าการใช้สารเคลือบผิวจากเพคตินผสมผงชาเขียวช่วยรักษาคุณภาพของทอดมันหมู (pork patty) ฉายรังสีได้ ปัจจุบันนี้มีแนวโน้มที่จะพัฒนาใช้ฟิล์มชนิดบริโภคได้ทดแทนการใช้ฟิล์มพลาสติกมากขึ้น เนื่องจากมีความปลอดภัยและย่อยสลายได้ง่ายกว่า (Sothornvit และ Krochata, 2000)

มะม่วง (*Mangifera* L.) จัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากปลูกง่าย โตเร็ว รับประทานได้ทั้งผลดิบและผลสุก แปรรูปได้หลายชนิด นอกจากนี้การรับประทานมะม่วงยังเป็นประโยชน์ให้คุณค่าทางอาหารแก่ร่างกาย (กรมวิชาการเกษตร, 2546) แต่มะม่วงดิบอาจเกิดการชอกช้ำหรือมีตำหนิระหว่างการเก็บเกี่ยวและการขนส่งได้ จึงทำให้มะม่วงเหล่านี้มีราคาตก และไม่สามารถวางจำหน่ายได้ เนื่องจากมะม่วงดิบมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก จึงอาจเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นแผ่นฟิล์ม วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการผลิตแผ่นฟิล์มที่บริโภคได้จากมะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่น

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบมะม่วงดิบพันธุ์ฟ้าลั่น ซื้อจากตลาดสี่มุมเมือง สำหรับแคลเซียมคลอไรด์ กลีเซอรอล และซอร์บิทอล ใช้เป็นเกรดสำหรับอาหาร ซื้อจากห้างหุ้นส่วนจำกัด เบญจพรรัตน์วิทยาศาสตร์

การเตรียมผงมะม่วงโดยนำมะม่วงดิบมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่นให้เป็นแผ่นบางๆ แล้วแช่ด้วยแคลเซียมคลอไรด์ 0.1N เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนยี่ห้อ Scientific (รุ่น Series 2000) ที่อุณหภูมิ 60^{o}C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น และร่อนด้วยตะแกรงให้ผงมะม่วงมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 45 μm วิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้ ความชื้น (AOAC, 1995) ความหนืด (AACC, 2000) และวัดค่าสี (L*, a*, b*) ด้วยเครื่อง Color Reader Minolta

วิธีการเตรียมฟิล์มดัดแปลงจากสมศักดิ์ (2544) และ อันนิสา (2550) ดังนี้ ละลายผงมะม่วงในน้ำความเข้มข้น 5, 10 หรือ 15% เติมพลาสติไซเซอร์ (กลีเซอรอลหรือซอร์บิทอล) 60% ของน้ำหนักผงมะม่วงนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80^{o}C และคนให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที หรือจนกว่าสารละลายจะเกิดเจล จากนั้นตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้อุณหภูมิลดลงเป็น 50^{o}C เทบน Plate ปริมาตร 15 ml อบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60^{o}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำฟิล์มที่ได้มาลอกออกเป็นแผ่น

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์คุณภาพของแผ่นฟิล์ม ดังนี้ สี (L* a* b*) ค่า a_w และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate: WVTR)

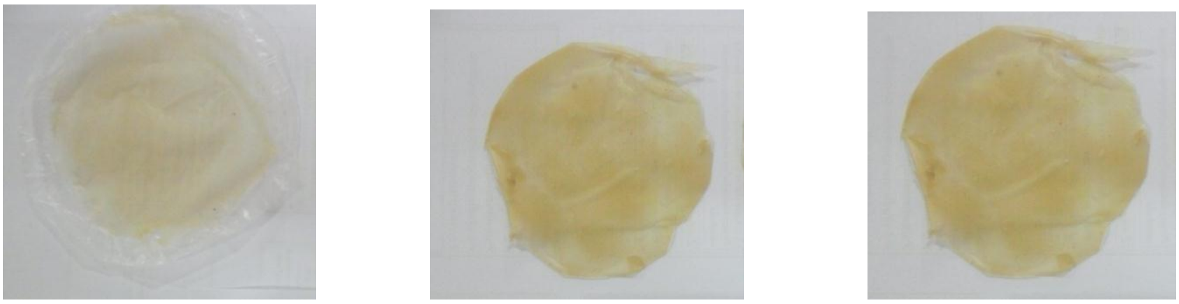
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผงมะม่วงที่ได้มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาวขุ่น มีกลิ่นของมะม่วงดิบ ค่าความชื้นคือ 3.94% และค่าสี (L*, a*, b*) เท่ากับ 16.50, 12.40 และ 17.40 ตามลำดับ ความหนืดของผงมะม่วงมีค่า 110 RVU โดยอุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนค่าความหนืดคือ 73.95^{o}C (Table 1) ซึ่งอุณหภูมิที่เริ่มเกิดเจลของผงมะม่วงสูง และความหนืดของเจลผงมะม่วงต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับแป้ง เช่น แป้งมันสำปะหลังเริ่มเปลี่ยนค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 65-70^{o}C และมีค่าความหนืดสูงสุด 1000 RVU (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546)

Table 1 Viscosity of mango powder

Graph names	Mango powder
Pasting temperature (^{o}C)	73.95 ± 0.07
Peak time (minute)	3.68 ± 0.05
Peak viscosity (RVU)	110.00 ± 0.00
Breakdown (RVU)	62.00 ± 1.00
Final viscosity (RVU)	57.00 ± 1.00
Setback (RVU)	10.00 ± 1.00

ผลความเข้มข้นของผงมะม่วงต่อลักษณะของแผ่นฟิล์ม พบว่าฟิล์มจากผงมะม่วงเข้มข้น 5% มีสีเหลืองอ่อน พื้นผิวเรียบ และขาดง่าย สำหรับฟิล์มจากผงมะม่วงเข้มข้น 10 และ 15% สามารถขึ้นรูปได้ดี มีสีเหลือง พื้นผิวค่อนข้างหยาบ (Figure 1)



(a) (b) (c)

Figure 1 Films from mango powder at different concentrations (a) 5% mango powder (b) 10% mango powder and (c) 15% mango powder

ความเข้มข้นของผงมะม่วงมีผลต่อค่า L* และ a_w ของฟิล์ม โดยฟิล์มจากผงมะม่วง 5% มีค่า L* สูงสุด ($p\leq0.05$) เท่ากับ 23.23 ในขณะที่ฟิล์มจากผงมะม่วง 10 และ 15% มีค่า L* ใกล้เคียงกันคือ 18.87 และ 16.93 ตามลำดับ ค่า a_w ของฟิล์มอยู่ระหว่าง 0.48-0.59 โดยฟิล์มจากผงมะม่วง 15% มีค่า a_w น้อยที่สุด ($p\leq0.05$) ซึ่งค่า a_w ระดับนี้จุลินทรีย์อาจจะไม่สามารถเจริญเติบโต เนื่องจากจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ที่ a_w ประมาณ 0.70 - 0.99 สำหรับค่า a* b* และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ ของฟิล์มมะม่วงทั้ง 3 ความเข้มข้นนั้นไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) (Table 2) ซึ่งอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของแผ่นฟิล์มบริโภคได้จากผงมะม่วงมีค่าใกล้เคียงกับฟิล์มห่อหุ้มอาหารทั่วไป โดยฟิล์มห่อหุ้มอาหารทั่วไปมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำประมาณ 1-4 g/m^2/วัน

Table 2 Color, water activity (a_w) and water vapor transmission rate (WVTR) of mango films

Treatment	Color			a_w	WVTR^{ns}
	L*	a*^{ns}	b*^{ns}		(g/m^2/day)
5% mango powder	23.23^a	11.30	8.47	0.59^a	3.18
10% mango powder	18.87^b	11.50	12.97	0.58^a	2.59
15% mango powder	16.93^b	12.16	13.23	0.48^b	2.07

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p\leq0.05$)

ns = not significantly differences ($p>0.05$)

จากการเปรียบเทียบชนิดของพลาสติไซเซอร์ต่อลักษณะของแผ่นฟิล์มจากผงมะม่วง 10% พบว่าฟิล์มจากผงมะม่วงที่ใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติไซเซอร์มีลักษณะแข็งกรอบและแตกง่าย ในขณะที่ฟิล์มจากผงมะม่วงที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์มีความยืดหยุ่นมากกว่า กลีเซอรอลสามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ดีกว่าซอร์บิทอล อาจเนื่องมาจากซอร์บิทอลเป็นพลาสติไซเซอร์ที่ใช้ในการผลิตฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ ส่วนกลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์ที่นิยมใช้ในการผลิตฟิล์มบริโภคทั่วไป (สมศักดิ์, 2544)

ชนิดของพลาสติไซเซอร์มีผลต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มจากผงมะม่วง โดยฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอลเป็นสารเสริมพลาสติกมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ 2.79 g/m^2/วัน ซึ่งสูงกว่าฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เนื่องจากกลีเซอรอลสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ดีกว่าซอร์บิทอล (สมศักดิ์, 2544) สำหรับค่า L* a* b* และ a_w ของฟิล์มมะม่วงที่ใช้กลีเซอรอลหรือซอร์บิทอลเป็นพลาสติไซเซอร์นั้นไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) (Table 3)

Table 3 Color, water activity (a_w) and water vapor transmission rate (WVTR) of mango films using glycerol and sorbitol as plasticizer

Treatment	Color			a_w ^{ns}	WVTR
	L*^{ns}	a*^{ns}	b*^{ns}		(g/m^2/day)
glycerol	14.60	11.73	16.57	0.43	2.79^a
sorbitol	21.17	11.90	12.03	0.45	2.07^b

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

ns = not significantly differences ($p>0.05$)

สรุปผล

ผงมะม่วงสามารถนำมาผลิตเป็นฟิล์มบริโภคได้ โดยใช้ความเข้มข้นของผงมะม่วง 10% และกลีเซอรอลเป็นสารเสริมพลาสติก ให้แผ่นฟิล์มที่มีลักษณะดีที่สุด สามารถขึ้นรูปได้ดี แผ่นฟิล์มมีความยืดหยุ่น ลอกออกได้ง่าย เป็นแผ่นสมบูรณ์ สีเหลือง และพื้นผิวขรุขระเล็กน้อย

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ ภักดีวราภรณ์, 2544, การผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อันนิสา จาราแว, 2550, การพัฒนาฟิล์มบริโภคได้จากกล้วยน้ำว้า, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Gennadios, A. and Weller, C.L., 1990, Edible Films and Coatings from Wheat and Corn Proteins, Journal of Food Technology, 44: 63–69.

Ghaffari, A., Navaee, K., Oskoui, M., Bayati, K. and Rafiee-Tehrani, M., 2007, Preparation and Characterization of Free Mixed-Film of Pectin/Chitosan/Eudragit[R] RS Intended for Sigmoidal Drug Delivery, European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 67: 175–186.

Kang, H.J., Jo, C., Kwon, J.H., Kim, J.H., Chung, H.J. and Byun, M.W., 2007, Effect of a Pectin-Based Edible Coating Containing Green Tea Powder on the Quality of Irradiated Pork Patty, Journal of Food Control, 18: 430–435.

Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S., Moalemiyan, M. and Kushalappa, A.C., 2007, Effect of Pectin-Based Edible Emulsion Coating on Changes in Quality of Avocado Exposed to *Lasiodiplodia theobromae* Infection, Carbohydrate Ploymers, 68: 341-349.

Pena, D.C. and Torres, J.A., 1991, Sorbic Acid and Potassium Sorbate Permeability of an Edible Methylcellulose–Palmitic Acid Films Water Activity and pH Effects, Journal of Food Science, 56: 497–499.

Sothornvit, R. and Krochta, J.M., 2000, Water Vapor Permeability and Solubility of Films from Hydrolyzed Whey Protein, Journal of Food Science, 65: 700-703.

Tripathi, S., Mehrotra, G.K. and Dutta, P.K., 2010, Preparation and Physicochemical Evaluation of chitosan/poly(vinyl alcohol)/pectin Ternary Film for Food-Packaging Applications, Carbohydrate Polymers, 79: 711–716.

ผลของเวลาการทำแห้งต่อคุณภาพของถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้ง

Effect of Drying Time on Intermediate Moisture Red Bean Product Quality

พรนภา น้อยพันธ์[1] วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1]

Noyphan, P.[1], Yuenyongputtakal, W.[1] and Limroongreungrat, K.[1]

Abstract

This research aimed to study the effect of drying time on qualities of intermediate moisture red bean product. The optimized drying time was considered to reduce the osmosed red bean moisture to obtain the acceptable quality of intermediate moisture product. Osmosed red bean contained approximately 48% moisture content was dried by using hot air oven at 50°C to reach 15, 20 and 25% moisture content. The drying times were 120, 100 and 80 min, respectively. Quality analysis results of intermediate moisture red bean showed that drying time affected on a_w value, color (L*, a* and b*), hardness and liking score in terms of appearance, color, taste, texture and overall liking ($p<0.05$). It was found that the product dried for 80 min contained 25.31% moisture content received the highest liking score.

Keywords: red bean, intermediate moisture food product, drying

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเวลาการทำแห้งต่อคุณภาพของถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้ง เป็นการหาเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งเพื่อลดความชื้นของถั่วนิ้วนางแดงที่ผ่านการดึงน้ำออกแบบออสโมซิสให้เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ นำถั่วนิ้วนางแดงที่ผ่านการออสโมซิสซึ่งมีความชื้นประมาณ 48 เปอร์เซ็นต์ มาทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นประมาณ 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้เวลาในการอบแห้งเท่ากับ 120, 100 และ 80 นาที ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์คุณภาพถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้ง พบว่า เวลาการทำแห้งมีผลต่อ ค่า a_w สี (L* a* และ b*) ความแข็ง และคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ($p<0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้ง 80 นาที มีความชื้น 25.31 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด

คำสำคัญ: ถั่วนิ้วนางแดง ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง การทำแห้ง

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

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

คำนำ

ถั่วนิ้วนางแดง (red bean หรือ rice bean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna umbellata* (Thunb.) แหล่งปลูกที่สำคัญของประเทศไทยอยู่ที่จังหวัดเลยและจังหวัดใกล้เคียง ถั่วนิ้วนางแดงมีสารอาหารที่สำคัญหลายชนิด เป็นแหล่งสำคัญของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และแร่ธาตุต่างๆ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส นอกจากนี้ยังพบว่ามี กรดแอสคอร์บิก และไนอะซินอีกด้วย (กรมอนามัย, 2554) ในปัจจุบันการนำถั่วนิ้วนางแดงมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับจำหน่ายยังมีอยู่ในวงจำกัด ส่วนใหญ่จะส่งออกไปยังต่างประเทศเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารชนิดอื่น เช่น เป็นส่วนของไส้ขนม จึงมีแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน โดยมีแนวความคิดผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงที่มีลักษณะสุกพร้อมรับประทาน มีรสหวาน เนื้อสัมผัสนิ่ม และสามารถเก็บรักษาได้นาน โดยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นอยู่ในช่วง 15-40 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.6-0.9 (Smith และ Norvell, 1975) ทำได้โดยนำถั่วแดงที่ผ่านการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสมาอบแห้งโดยใช้ลมร้อนเพื่อลดปริมาณความชื้นและค่า a_w ให้อยู่ในเกณฑ์กำหนดโดยยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้วัตถุดิบในประเทศและเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเวลาการทำแห้งต่อคุณภาพของถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้ง เป็นการหาเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งเพื่อลดความชื้นของถั่วนิ้วนางแดงที่ผ่านการดึงน้ำออกแบบออสโมซิสให้เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกถั่วนิ้วนางแดงแห้งที่มีลักษณะเมล็ดสมบูรณ์ ต้มในน้ำเดือด 35 นาที แช่น้ำที่อุณหภูมิห้องทันทีเป็นเวลา 1 นาที วางพักบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที นำถั่วนิ้วนางแดงที่ผ่านการต้มแล้วมาแช่ลงในสารละลายผสมของกลีเซอรอล 15 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และซูโครส 40 เปอร์เซ็นต์ (w/v) แช่ที่อุณหภูมิห้อง 6 ชั่วโมงล้างน้ำเพื่อกำจัดสารละลายน้ำตาลส่วนเกินออก โดยแช่ลงในน้ำ เป็นเวลา 1 นาที และวางซับบนกระดาษเป็นเวลา 1 นาที นำมาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบลมร้อน เพื่อให้ได้ความชื้นที่ต้องการ 3 ระดับ คือ 15 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ทำนายเวลาในการทำแห้งโดยนำถั่วนิ้วนางแดงที่ผ่านการออกสโมซิสมาอบนาน 120 นาที สุ่มตัวอย่างถั่วนิ้วนางแดงทุก 10 นาที นำมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น และสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาการทำแห้ง ผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้งที่ได้นำมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้ ปริมาณความชื้น (AOAC, 2005) ค่า a_w ค่าสี (L* a* และ b*) ความแข็ง คุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพทุกด้าน ยกเว้นการประเมินด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของถั่วนิ้วนางแดงที่ผ่านการออสโมซิสกับระยะเวลาในการทำแห้ง เพื่อใช้ทำนายเวลาการทำแห้งถั่วนิ้วนางแดงให้ได้ความชื้นตามต้องการโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่า สมการมีค่า R^2 ซึ่งแสดงถึงความน่าเชื่อถือของสมการค่อนข้างสูงถึง 0.977 โดยทั่วไปสมการที่มักนำมาใช้ ควรมีค่า R^2 อย่างน้อย 0.75 หากสูงกว่า 0.90 แสดงถึงสมการมีความน่าเชื่อถือมาก เพื่อให้สะดวกต่อการดำเนินการทดลองจึงปรับเวลาในการอบแห้งให้ได้ความชื้น 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ คือ 120, 100 และ 80 นาที ตามลำดับ เมื่อนำถั่วนิ้วนางแดงหลังการออสโมซิสมาอบแห้งตามเวลาข้างต้นแล้ว พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 15.43 - 25.31 เปอร์เซ็นต์ แสดงรายละเอียดดัง Table 1

Table 1 Expected moisture content (%) the predicted drying time (min) the actual drying time (min) and the actual moisture content (%) of intermediate moisture red bean product

Expected content (%)	predicted drying time	actual drying time	actual moisture content
15	120.08	120	15.43±0.27
20	100.32	100	20.40±0.26
25	80.55	80	25.31±0.19

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้งด้านเคมีกายภาพแสดงรายละเอียดดัง Table 2 พบว่า ถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้งความชื้น 15 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่า a_w เท่ากับ 0.733 0.793 และ 0.842 ตามลำดับ และมีปริมาณความชื้น 15.43 20.40 และ 25.31 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง เนื่องจากมีความชื้นอยู่ในช่วง 15-40 เปอร์เซ็นต์ มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.6-0.9 โดยเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ใช้น้ำในการทำปฏิกิริยาทางเคมีและใช้ในการเจริญเติบโตได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Smith และ Norvell, 1975) ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งมีคุณสมบัติในการคงตัวดี ไม่เสื่อมเสียได้ง่าย พบว่าหลังจากการอบแห้งถั่วนิ้วนางแดงมีค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลง โดยผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงที่มีระดับความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์มีค่า a_w และปริมาณความชื้นต่ำที่สุดแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงที่ระดับความชื้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากในการทำแห้งมีการให้พลังงานแก่ชิ้นอาหาร ทำให้น้ำภายในชิ้นอาหารเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอแล้วเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร ส่งผลให้ปริมาณน้ำในอาหารลดลง ค่า a_w และปริมาณความชื้นจึงลดลงด้วย เมื่อพิจารณาด้านค่าสี พบว่าผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้งมีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีแดงลดลงเมื่อเทียบกับค่าสีของถั่วนิ้วนางแดงหลังการออสโมซิส โดยผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้งความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์มีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลงมากที่สุดแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงที่ระดับความชื้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a*) ของผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เนื่องจากการอบแห้งมีผลให้ลักษณะผิวหน้าของอาหารเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดการสะท้อนแสงสีที่เปลี่ยน และยังมีผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุที่เกิดระหว่างการอบแห้ง (ชมภู่, 2550) และในระหว่างการอบแห้ง น้ำที่อยู่ภายในชิ้นอาหารเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวหน้าและระเหยออกไป พาของแข็งที่ละลายน้ำได้ออกมาที่ผิวด้วย ทำให้ความเข้มข้นของสารดังกล่าวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จึงเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโนที่ทำให้อาหารเกิดสีน้ำตาลได้ เมื่อพิจารณาค่าความแข็ง (Hardness) พบว่าค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้งมีค่าสูงกว่าค่าความแข็งของถั่วนิ้วนางแดงหลังการออสโมซิส โดยถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้งความชื้น 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็งต่ำที่สุด ($p \geq 0.05$) อาจเนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำที่ผิวของถั่วนิ้วนางแดงเกิดการระเหยจากผิวหน้าของอาหารไปสู่อากาศ จึงมีลักษณะเป็นเปลือกแข็งหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ หรือมีสารละลายน้ำตาล โปรตีน เคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว และการหดตัวของถั่วนิ้วนางแดงในการอบแห้ง เมื่อน้ำระเหยไปจะเกิดช่องว่างขึ้นทำให้เซลล์ของอาหารเชื่อมโยงติดกันถูกดึงให้เข้าไปแทนที่ช่องว่างนั้น เซลล์จะหดตัวแต่ไม่สามารถหดเข้าไปได้เท่าๆ กันทุกส่วน ผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้งที่ได้มีลักษณะผิวค่อนข้างแห้ง คงรูปร่างดี มีรอยเหี่ยวย่นที่ผิวเล็กน้อย เมื่อนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงผลดัง Table 3 พบว่าผลิตภัณฑ์ถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้งความชื้น 25 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความชอบทุกด้านสูงกว่าถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้งความชื้น 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

Table 2 Physical and chemical quality of intermediate moisture red bean product

quality	Means ± SD			
	osmosed red bean	Moisture content of intermediate moisture red bean (%)		
		15	20	25
a_w	0.971^{a}±0.006	0.733^{d}±0.009	0.793^{c}±0.007	0.842^{b}±0.005
moisture (%)	47.74^{a}±0.14	15.43^{d}±0.27	20.40^{c}±0.26	25.31^{b}±0.91
L*	29.75^{a}±0.04	25.21^{c}±0.17	26.57^{b}±0.18	27.18^{b}±0.16
a*	6.97^{a}±0.03	5.66^{b}±0.02	5.84^{b}±0.03	6.01^{b}±0.04
b*	5.73^{a}±0.12	5.10^{c}±0.05	5.48^{b}±0.05	5.64^{ab}±0.04
hardness (N)	4.42^{d}±0.21	7.80^{a}±0.01	7.34^{b}±0.02	6.93^{c}±0.02

^{a,b,c} Difference letters in the same row indicated significant difference($p < 0.05$).

Table 3 Liking score in terms of appearance, color, taste, texture and overall liking of the different moisture content of intermediate moisture red bean product

Moisture content	appearance	color	taste	texture	overall liking
15%	6.43±0.72^{b}	6.20±0.64^{b}	6.43±0.96^{b}	6.00±0.93^{b}	6.33±0.98^{c}
20%	6.73±0.81^{a}	6.40±0.84^{a}	6.80±0.95^{a}	6.57±0.96^{a}	6.73±0.81^{b}
25%	7.00±0.68^{a}	6.57±0.80^{a}	6.63±0.98a^{a}	6.77±0.99^{a}	7.00±0.68^{a}

^{a,b,c} Difference letters in the same row indicated significant difference($p < 0.05$).

สรุปผล

เวลาการทำแห้งมีผลต่อ ค่า a_w สี ความแข็ง และคะแนนความชอบของถั่วนิ้วนางแดงกึ่งแห้ง โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 80 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุด ผลิตภัณฑ์มีความชื้น 25.31 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณงบประมาณสนับสนุนการวิจัยภายใต้โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 จากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย, ตารางคุณค่าทางโภชนาการอาหาร [สืบค้น], http://nutrition.anamai.moph.go.th/FoodTable/ [14/ Nov /11].

ชมภู่ ยิ้มโต, 2550, การถนอมอาหาร, โอเดียนสโตร์,กรุงเทพฯ.

AOAC, 2005, Official Method of Analysis, Arlington, Virginia, USA.

Smith, R.E. and Norvell, M.A., 1975, Nutrition Over View of the Pet Food Industry, Cereal Food World, 20: 8 -11.

ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของเนื้อผลกาแฟอาราบิกา
Effect of Spray Drying Temperature on Antioxidant Activity of Arabica Coffee Pulp

ณิชาภา ขำชุ่ม[1] วิภา ราตรีพรทิพย์[1] ณัฐวุฒิ ดอนลาว[1] และ นิรมล ปัญญ์บุศยกุล[1]
Khumchum, N.[1], Ratreepornthip, W.[1], Donlao, N.[1] and Punbusayakul, N.[1]

Abstract

The effect of spray drying temperatures on the antioxidant activity of Arabica coffee pulp was investigated. The coffee pulp was extracted by hydraulic pressing. The extract was then fed to a spray dryer. The spray dryer was operated at the inlet air temperature of 180, 200 and 220ºC with the inlet feed rate of 15-20 mL/min and the speed of exhaust fan was set at 2500 rpm. Total polyphenol content (TPC) and caffeine content (C) of the coffee pulp (CP) and the spray dried products (CSP) were determined. The antioxidant activity (AAO) of the CP and the obtained CSP were evaluated using DPPH and FRAP assays. In addition, moisture content, solubility and hygroscopicity of the CSP were determined. The results showed that spray drying at different temperatures did not significantly affect the product's yield. Both bioactive compounds (TPC and C) and the AAO of all obtained CSP obviously decreased after spray drying with the highest value obtained at the inlet temperature of 200ºC (CSP200). However, CSP200 showed the lowest solubility (28.51%), whereas the product obtained from spray drying at the inlet temperature at 180ºC (CSP180) showed intermediate solubility (43.90%). The hygroscopicity of all obtained products was not significantly different ($P<0.05$). Therefore, the inlet temperature of 180ºC is an optimum inlet temperature for spray drying the coffee pulp extract providing an acceptable antioxidant activity with intermediate solubility of the product.

Keywords: antioxidant, Arabica coffee, coffee pulp, spray drying

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของเนื้อผลกาแฟ (CP) อาราบิกา โดยคั้นน้ำจากเนื้อผลกาแฟด้วยเครื่องบีบอัด และนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ควบคุมความเร็วของพัดลมดูดอากาศที่ 2500 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนตัวอย่างเป็น 15-20 มิลลิลิตรต่อนาที โดยวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (TPC) และปริมาณคาเฟอีน (C) ทั้งของ CP และของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพ่นฝอย (CSP) และวิเคราะห์ AAO ของ CP และ CSP โดยวิธี DPPH และ FRAP รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ค่าความสามารถในการละลายน้ำ และค่าการดูดเก็บความชื้น (hygroscopicity) ของ CSP จากผลการทดลองพบว่า CSP ที่ได้มีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้อุณหภูมิในการพ่นฝอยต่างกัน และ TPC และ C รวมทั้ง AAO ของ CSP มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังการทำแห้ง โดยมีค่าสูงสุดเมื่ออุณหภูมิในการพ่นฝอยเป็น 200 องศาเซลเซียส (CSP200) แต่ค่าความสามารถในการละลายน้ำของ CSP200 มีค่าต่ำที่สุด (28.51%) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส (CSP180) มีค่าความสามารถในการละลายน้ำอยู่ในระดับปานกลาง (43.90%) นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์ทุกชนิดมีค่าการดูดเก็บความชื้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จึงเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการพ่นฝอยสารสกัดจากเนื้อผลกาแฟโดยให้ผลิตภัณฑ์ที่มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่ยอมรับได้และมีค่าความสามารถในการละลายน้ำในระดับปานกลาง

คำสำคัญ: ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น กาแฟอาราบิกา เนื้อผลกาแฟ การทำแห้งแบบพ่นฝอย

[1] สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง 333 หมู่ 1 ต. ท่าสุด อ. เมือง จ. เชียงราย 57100
[1] School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University 333 Moo 1 Thasud, Muang, Chiang Rai 57100 Thailand

บทนำ

เชียงรายเป็นพื้นที่ที่ปลูกกาแฟอาราบิกา (*Coffea arabica*) มากที่สุดในในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตบ้านดอยช้าง ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย (อภิชาต, 2552) โดยในกระบวนการผลิตเมล็ดกาแฟนั้นจะมีส่วนที่เป็นของวัสดุเหลือทิ้งหลัก คือ เนื้อผลกาแฟมากที่สุด คิดเป็นน้ำหนักประมาณร้อยละ 40 ของผลกาแฟสดทั้งหมด (Shahidi และ Naczk, 2003; Murthy และคณะ, 2012) ซึ่งโดยปกติจะถูกกำจัดโดยวิธีฝังกลบ หรือปล่อยให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติจึงนำไปเป็นปุ๋ยในไร่กาแฟต่อไป แต่เนื่องจากในเนื้อผลกาแฟมีองค์ประกอบที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน ซึ่งมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ด้วย คือ สารประกอบฟีนอล แทนนิน และคาเฟอีน เป็นองค์ประกอบ (Ramirez-Coronel และคณะ, 2004; Ramirez-Martinez, 2006) ทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้ช้า เนื้อผลกาแฟดังกล่าวจึงเป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อภูมิทัศน์ คุณภาพดินและน้ำ รวมทั้งสุขภาพของคนในชุมชน ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการสารต้านจุลชีพ และสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมีความห่วงใยเรื่องสุขภาพมากขึ้น การนำสารต้านออกซิเดชันจากเนื้อผลกาแฟมาใช้ประโยชน์จึงเป็นหนทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ และเป็นทางหนึ่งที่จะได้มาซึ่งสารต้านออกซิเดชันจากแหล่งธรรมชาติที่เชื่อว่าปลอดภัยต่อผู้บริโภค อย่างไรก็ตามปริมาณของสารออกฤทธิ์สำคัญและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของสารสกัดจะแตกต่างกันไปเนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ สายพันธุ์ พื้นที่ปลูก วิธีการสกัด และกระบวนการที่นำมาซึ่งสารสกัด เป็นต้น การทำแห้งด้วยวิธีการพ่นฝอยเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้สำหรับการทำแห้งสารสกัดที่สามารถรักษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในสารสกัดได้ (Fu และคณะ, 2011) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่มีต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลกาแฟที่ผลิตในจังหวัดเชียงราย

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างเนื้อผลกาแฟอาราบิกา (*Coffea Arabica* L.) ในที่นี้ ได้แก่ ส่วนของเปลือกและเนื้อกาแฟที่ได้จากเครื่องปอกเปลือกกาแฟ ได้มาจากโรงงานผลิตเมล็ดกาแฟอาราบิกา ในบ้านดอยช้าง ตำบลวาวี จังหวัดเชียงราย ในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวในปี 2011

การทำแห้งน้ำคั้นจากเนื้อผลกาแฟด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยนำเนื้อผลกาแฟเข้าเครื่องบีบอัด (Hydraulic press) ได้น้ำคั้นเนื้อผลกาแฟ จึงผสมนำสารสกัดจากเนื้อผลกาแฟปริมาตร 3 ลิตร กับมอลโตเด็กซ์ทริน ในอัตราส่วนร้อยละ 5 น้ำหนักต่อปริมาตรน้ำคั้น ไปทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยรุ่น JMC-miniLAB spray dryer ที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าต่างๆ กัน คือ 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส โดยควบคุมความเร็วของพัดลมดูดอากาศ และอุณหภูมิลมร้อนขาออก เป็น 2500 รอบต่อนาที และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ได้เป็นผงสารสกัดจากเนื้อผลกาแฟ (CSP) ที่ได้จะถูกบรรจุในถุงพลาสติก และเก็บในโถดูดความชื้น

การวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์ผงสกัดจากเนื้อผลกาแฟ โดยวิเคราะห์ปริมาณสาระสำคัญ ได้แก่ ปริมาณคาเฟอีน และปริมาณสารโพลิฟีนอลทั้งหมด โดยวิธี HPLC (Murthy, 2012a) และวิธี Folin-Ciocalteou (Singleton และ Rossi, 1965) ตามลำดับ และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH (Brand-Williams และคณะ, 1995) และ FRAP (Benzie และ Strain, 1996) ของผงของสารสกัดที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอย (CSP) เปรียบเทียบกับปริมาณของสารสำคัญ และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในเนื้อผลกาแฟ (CP) และหาความสามารถในการละลายน้ำ และการดูดเก็บความชื้น (hygroscopicity: HG) โดยวิธีของ Callahan และคณะ (1992) และ Jaya และ Das (2004) ตามลำดับ และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 11.5

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองสารออกฤทธิ์สำคัญ พบว่าปริมาณสารโพลิฟีนอลทั้งหมด และคาเฟอีนของเนื้อผลกาแฟ (CP) และ ผงสารสกัดเนื้อผลกาแฟ (CSP) เมื่อผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย (CSP) ที่อุณหภูมิต่างๆ มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของสารดังกล่าวในวัตถุดิบเริ่มต้น (CP) ดังแสดงใน Table 1 โดยพบว่า CSP ที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส (CSP200) มีปริมาณสารโพลิฟีนอลทั้งหมด และคาเฟอีนสูงที่สุด

Table 1 Total polyphenol content (TPC) and caffeine (C) of the coffee pulp (CP) and the spray dried coffee pulp products (CSP) obtained from spray drying using different inlet temperatures

Sample	Total polyphenol content (% GAE w/w db)	Caffeine content (%w/w db)
CP	323.14 ± 0.04^{a}	0.150 ± 0.07^{a}
CSP180	68.06 ± 0.07^{c}	0.005 ± 0.84^{d}
CSP200	124.14 ± 0.04^{b}	0.068 ± 0.09^{b}
CPS220	51.47 ± 0.09^{d}	0.041 ± 0.28^{c}

* Means in the same column with the same superscript letter are not significant different (P < 0.05)

จาก (Table 2) แสดงฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของเนื้อผลกาแฟ และผงสารสกัดจากเนื้อผลกาแฟที่ได้จากการพ่นฝอย (CSP) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน โดยวิธี DPPH และ FRAP จากการทดลอง พบว่าฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของ CSP ทุกตัวอย่างที่วิเคราะห์โดยวิธี DPPH และ FRAP มีค่าสอดคล้องกัน คือ มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของวัตถุดิบเริ่มต้น (CP) และพบว่า CSP ที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีมีค่าสูงที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับค่าปริมาณสารโพลิฟีนอลทั้งหมดของ CSP

Table 2 Antioxidant activity of coffee of the coffee pulp (CP) and the spray dried coffee pulp products (CSP) obtained from spray drying using different inlet temperatures

Sample	DPPH Assay (% Trolox equivalent w/w db)	FRAP Assay (%Ascorbic acid equivalent w/w db)
CP	2.1634^{a}	3.9585^{a}
CSP180	0.4684^{d}	0.8634^{c}
CSP200	0.5717^{b}	1.4151^{b}
CPS220	0.4823^{c}	0.6512^{d}

* Means in the same column with the same superscript letter are not significant different (P < 0.05)

Table 3 Solubility in water (%) and hygroscopicity (%) of the coffee pulp (CP) and the spray dried coffee pulp products (CSP) obtained from spray drying using different inlet temperatures

Sample	Solubility in water (%)	Hygroscopicity (%)
CSP180	43.90 ± 0.01^{b}	0.20 ± 0.01^{a}
CSP200	28.51 ± 0.01^{c}	0.15 ± 0.00^{b}
CPS220	98.77 ± 0.30^{a}	0.17 ± 0.02^{ab}

* Means in the same column with the same superscript letter are not significant different (P < 0.05)

ค่าความสามารถในการละลายน้ำ และการดูดเก็บความชื้นของผงสารสกัดเนื้อผลกาแฟ (CSP) ที่ผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย ณ อุณหภูมิต่างๆ ดังแสดงใน (Table 3) จากการทดลองพบว่าค่าความสามารถในการละลายน้ำของตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส (CSP220) มีค่าสูงที่สุด (98.77%) ขณะที่ CSP180 มีค่าความสามารถในการละลายน้ำต่ำที่สุด (28.51%) ในขณะที่ค่าการดูความชื้นของผลสารสกัดที่ได้จากการพ่นฝอยที่ทุกอุณหภูมิ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

สรุปผล

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่เหมาะสมที่สุด คือสามารถรักษาปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน โดยให้สมบัติในการละลายในการละลายที่ยอมรับได้คือ อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายสำหรับการวิจัยและการนำเสนอผลงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

อภิชาต จงสกุล, 2552, สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2551, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 185 หน้า.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of Antioxidant Power the FRAP Assay, Journal Analytical Biochemistry, 239: 70–76.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995, Use of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Journal of Food Science and Technology, 28: 25–30.

Callahan, J.C., Cleary, G.W., Elefant, M., Kaplan, G., Kensler, T. and Nash, R.A., 1992, Equilibrium Moisture Content of Pharmaceutical Excipients, Journal Drug Development and Industrial Pharmacy, 8(3): 355–369.

Fu, N., Zhou, Z., Jones, T.B., Tan, T.T.Y., Wu, W.D., Lin, S.X., Chen, X.D. and Chan, P.Y., 2011, Production of Monodisperse epigallocatechin gallate (EGCG) Microparticles by Spray Drying for High Antioxidant Activity Retention, International Journal of Pharmaceutics, 413(1–2): 155-166.

Jaya, S. and Das, H., 2004, Effect of Maltodextrin Glycerol Monostearate and Ttricalcium Phosphate on Vacuum Dried Mango Powder Properties, Journal of Food Engineering, 63: 125-134.

Mehansho, H., Butler, L.G. and Carlson, D.M., 1987, Dietary Tannins and Salivary Proline-Rich Proteins Interactions Induction and Defense Mechanisms, Journal Annual Review of Nutrition, 7: 423-440.

Murthy, P.S., Manjunatha, M.R., Salochannama, G. and Madhava, N.M., 2012, Extraction Characterization and Bioactivity of Coffee Anthocyanins, European Journal of Biological Sciences, 4(1): 13-19.

Murthy, P.S. and Naidu, M.M., 2012, Recovery of Phenolic Antioxidants and Functional Compounds from Coffee Industry by-products, Journal Food Bioprocess Technology, 5: 897–903.

Ramirez-Coronel, M.A., Marnet, N., Kolli, V.S.K., Roussos, S., Guyot, S. and Augur, C., 2004, Characterization and Estimation of Proanthocyanidins and Other Phenolics in Coffee Pulp (*Coffea arabica*) by Thiolysis-High-Performance Liquid Chromatography, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 1344-1349.

Ramirez-Martinez, J.R., 2006, Phenolic Compounds in Coffee Pulp Quantitative Determination by HPLC, Journal of the Science of Food and Agriculture, 43: 135-144.

Shahidi, F. and Naczk, M., 2003, Food Phenolics Sources Chemistry Effects, Applications, CRC Press, 576p.

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

ผลของสารเคลือบผิวบางชนิดต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Some Coatings on the Quality of Mangoes cv. Nam Dok Mai No.4 During Storage

ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์[1] เบญจมาส รัตนชินกร[1] และ คมจันทร์ สรงจันทร์[1]

Srithanyarat, S.[1], Ratanachinakorn, B.[1] and Songchan, K.[1]

Abstract

This study was conducted to determine the effect of 4 coating: carnauba, oxidized polyethylene (OPE) chitosan and carboxymethyl cellulose (CMC) on the qualities of Mangoes cv. Nam Dok Mai No.4 during storage. The fruits were dipped in hot water at 54°C for 5 minutes before coated with 20% carnauba, 25% OPE, 1.5% chitosan and 1% CMC, to compare with non-coated fruits. All treatments were packed in corrugated box and then stored at 12°C, 90-95% RH. The effect of these coating were follow by measurement changes in weight loss, color, TSS, vitamin C and sensory evaluation. Mangoes were coated with carnauba and OPE could reduce weight loss, color change, decay, delayed ripening and more shiny than that of chitosan, CMC and control, which could prolong storage life for 25 days at 12°C and had acceptable to consumers.

Keywords: coating, storage, delayed ripening

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบผิวบางชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทำการทดลองในมะม่วงที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน (hot water treatment) ที่อุณหภูมิ 54°C นาน 5 นาที โดยใช้สารเคลือบผิว 4 ชนิด ได้แก่ สารเคลือบผิวคาร์นูบาความเข้มข้น 20% oxidized polyethylene (OPE) ความเข้มข้น 25% ไคโตซาน ความเข้มข้น 1.5% และ carboxymethyl cellulose (CMC) ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (control) จากนั้นหุ้มผลมะม่วงด้วยโฟมกันกระแทกแล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูกก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12°C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% พบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE ผิวมะม่วงมีลักษณะเป็นมันเงาเล็กน้อย ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานและ CMC มีลักษณะด้านไม่มันเงาไม่มีความแตกต่างจากมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว สารเคลือบผิวคาร์นูบาและ OPE ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผิว การเกิดโรค และชะลอการสุกของมะม่วงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับไคโตซาน CMC และ control โดยสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12°C ได้นาน 25 วัน และเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง (25°C) มะม่วงสามารถสุกได้ปกติ มีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

คำสำคัญ: การเคลือบผิว การเก็บรักษา ชะลอการสุก

คำนำ

มะม่วง เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่เป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น ยุโรป และสหรัฐอเมริกา โดยในปี 2554 มีการส่งออกมะม่วงสด 37,500 ตัน คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งสิ้น 703 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) ซึ่งปริมาณการส่งออกมะม่วงสดเพิ่มสูงขึ้นจากปี 2553 กว่า 50% และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นผลไม้ประเภทรับประทานสุกที่มีศักยภาพในการทำตลาด เนื่องจากมีรสชาติหวาน หอม และมีคุณค่าทางอาหาร แต่พบว่ามะม่วงมีอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายสั้นเนื่องจากผลนิ่มและเน่าเสียเร็ว ในปัจจุบันการส่งออกมะม่วงจึงจำเป็นต้องส่งออกทางเครื่องบินเพื่อที่จะใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด การยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงให้มีคุณภาพดีจนถึงตลาดปลายทางจึงเป็นเรื่องสำคัญ การใช้สารเคลือบผิวจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้ เนื่องจากสารเคลือบผิวเป็นสารที่ผลิตขึ้นมาเพื่อทดแทนสารเคลือบผิวตามธรรมชาติที่หายไป ช่วยลดการสูญเสียน้ำ ลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ ส่งผลให้กระบวน การหายใจช้าลง ผลไม้มีลักษณะปรากฏที่ดี ผิวสด ไม่เหี่ยว และมีความมันวาว (นิธิยา, 2547) ซึ่งถือว่าเป็นการปรับสภาพบรรยากาศรอบผลคล้ายกับการเก็บผักและผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงหรือในสภาพควบคุมบรรยากาศ (Baldwin และคณะ, 1995) ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงได้ศึกษาผลของสารเคลือบผิวที่มีคาร์นู

---

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Postharvest and Processing Research and Development office, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

บาและ oxidized polyethylene (OPE) เป็นองค์ประกอบหลัก รวมถึงสารเคลือบผิวไคโตซาน และ carboxymethyl cellulose (CMC) เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารเคลือบผิว 4 ชนิด คือ สารเคลือบผิวคาร์นูบา ความเข้มข้น 20% OPE ความเข้มข้น 15% ไคโตซาน ความเข้มข้น 1.5% และ CMC ความเข้มข้น 1% นำสารเคลือบผิวมาทดสอบในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เก็บเกี่ยวจากสวนเกษตรกรจังหวัดสระแก้ว โดยนำมะม่วงมาล้างทำความสะอาด และคัดเลือกความแก่ให้สม่ำเสมอ จากนั้นนำไปจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 54°C นาน 5 นาที แล้วผึ่งให้แห้งก่อนนำไปเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่เตรียมไว้ โดยมีมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ นำผลมะม่วงมาหุ้มด้วยโฟมกันกระแทกแล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 12°C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% สุ่มมะม่วงออกมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 5 วัน และส่วนหนึ่งนำไปทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพเมื่อผลสุก โดยวิเคราะห์ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผิว โดยการวัดค่า L*, a* และ b* คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณวิตามินซี และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้ 9-point hedonic scale 1= ไม่ชอบมากที่สุด 2=ไม่ชอบมาก 3= ไม่ชอบเล็กน้อย 4= ไม่ชอบ 5= ยอมรับ 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบ 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะปรากฏ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เมื่อนำมาเคลือบด้วยสารเคลือบผิวพบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยผิวคาร์นูบาและ OPE ผิวมะม่วงมีลักษณะเป็นมันเงาเล็กน้อย ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานและ CMC มีลักษณะด้านไม่มันเงาไม่มีความแตกต่างจากมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว

การสูญเสียน้ำหนัก สารเคลือบผิวคาร์นูบาและ OPE ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นถึง 2 เท่า ส่วนไคโตซานและ OPE ไม่ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วง โดยมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจาก control โดยเมื่อเก็บมะม่วงนาน 20 วัน ที่อุณหภูมิ 12°C พบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 4.85 เปอร์เซ็นต์ มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานและ CMC มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 8.84 เปอร์เซ็นต์ ส่วน control มีการสูญเสียน้ำหนัก 7.74 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1)

คุณภาพทางเคมี มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซาน CMC และ control มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณวิตามินซีเมื่อผลสุกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 13% และวิตามินซีเฉลี่ย 18.80 mg/100 mL ซึ่งสูงกว่ามะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 11% และวิตามินซีเฉลี่ย 16.16 mg/100 mL

การเปลี่ยนแปลงสีผิว มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เมื่อเก็บเกี่ยวจะมีสีเขียวและจะมีการพัฒนาการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองเมื่อมะม่วงสุก ระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผิว โดยเมื่อเก็บนานขึ้นมะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า L (ความสว่างของสี) ค่า a* และค่า b* เพิ่มมากขึ้น โดยค่า L พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี แต่มีแนวโน้มว่า control มีค่าความสว่างของสีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น (Figure 2) ค่า a* ของมะม่วงพบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซาน CMC และ control มีค่า a* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าสูงกว่ามะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE เนื่องจากสีผิวเปลี่ยนเป็น สีเหลืองได้เร็วกว่า โดยเมื่อเก็บนาน 20 วัน มีค่า a* เฉลี่ย 1.57 ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE มีค่า a* เฉลี่ย 0.59 (Figure 3) ส่วนค่า b* ที่บอกค่าความเป็นสีเหลืองพบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE มีค่า b* น้อยกว่ากรรมวิธีอื่นซึ่งจะเห็นได้จากการที่มะม่วงมีการพัฒนาเป็นสีเหลืองช้ากว่ามะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซาน CMC และ control (Figure 4) จากการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสีดังกล่าวจะเห็นได้ว่าสารเคลือบผิวคาร์นูบาและ OPE ช่วยชะลอการเปลี่ยนสีของมะม่วงได้ อาจเนื่องมาจากผลของการป้องกันการซึมผ่านออกซิเจน ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลเพิ่มขึ้นและก๊าซออกซิเจนลดลง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นนี้จะช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ (Lerdthanangkul และ Krochta, 1996)

การสุกของมะม่วง สารเคลือบผิวคาร์นูบาและ OPE ช่วยชะลอการสุกของมะม่วงได้และมีการพัฒนาการสุกได้ปกติ ไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ โดยเก็บที่ 12°C ได้นาน 25 วัน แล้วย้ายมาเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิห้องอีก 1 วัน ผลมะม่วงจึงสุก (Table 1) ในขณะที่มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซาน CMC และ control เก็บได้นาน 20 วัน หากเก็บนานขึ้นผลมะม่วงจะนิ่มและเกิดโรคตั้งแต่ในห้องเย็น การเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวที่เหมาะสมเปรียบเสมือนเป็นการดัดแปลงสภาพ

บรรยากาศ (modified atmosphere) รอบๆผล ทำให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ซึ่งจะช่วยชะลอการสุกและการเกิดโรคได้ (Baldwin และคณะ, 1997; McGuire และ Hallman, 1995)

ความชอบโดยรวม มะม่วงทุกกรรมวิธีเมื่อนำออกมาจากห้องเย็นแล้ววางต่อให้สุกที่อุณหภูมิห้องพบว่า มีรสชาติการรับประทานที่ดี ไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ แต่ค่าคะแนนความชอบโดยรวมจะลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น (Figure 5) โดยมะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์นูบาและ OPE มีค่าคะแนนความชอบสูงกว่ากรรมวิธีอื่นเมื่อเก็บนาน 25 วัน เนื่องจากกรรมวิธีอื่นผลเริ่มนิ่มและพบการเกิดโรค

สรุปผล

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบา ความเข้มข้น 20% และ oxidize polyethylene (OPE) ความเข้มข้น 25% สามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีเหลืองและชะลอการสุกได้ โดยสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12°C ได้นาน 25 วัน และนำมาวางต่อที่อุณหภูมิห้องนาน 1 วัน ผลจึงสุก ในขณะที่มะม่วงเคลือบด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 1.5% CMC ความเข้มข้น 1% และ control เก็บได้นาน 20 วัน

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2547, สารเคลือบผิวที่บริโภคได้ในเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 179-198.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, สถิติการส่งออก (export) มะม่วงสดปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน [สืบค้น], htpp://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php, [4/ July /2012]

Baldwin, E.A., Nisperos, M.O., Shaw, P.E. and Burns, J.K., 1995, Effect of Coatings and Prolonged Storage Conditions on Fresh Orange Flavor Volatiles Degrees Brix and Ascorbic Acid Levels, Journal of Agricultural Food Chemistry, 43:1321-1331.

Baldwin, E.A., Nisperos, M.O., Hagenmaier, R.H. and Baker, R.A., 1997, Use of Lipid in Edible Coatings for Food Products, journal Food Technology, 51(6): 56-62.

Lerdthanangkul, S. and Krochta, J.M., 1996, Edible Coating Effect on Postharvest Quality of Green Bell Peppers, Journal Food Science, 61: 176-179.

McGuire, R.G. and Hallman, G.J., 1995, Coating Guavas with Cellulose or Carnauba Based Emulsions Interferes with Postharvest Ripening, Journal HortScience, 30: 294-295.

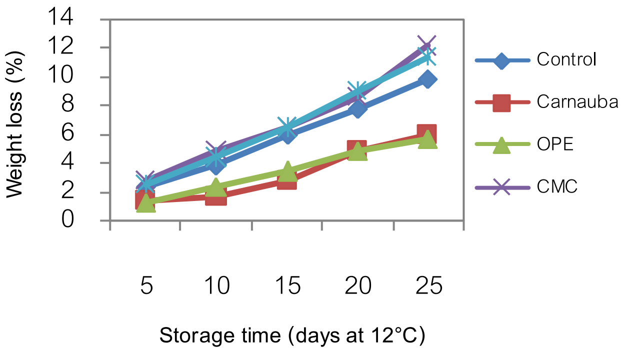


Figure 1 Weight loss (%) of mangoes during storage at 12°C.

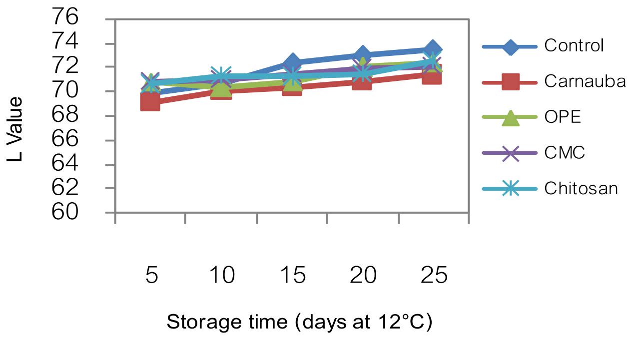


Figure 2 L value of mangoes during storage at 12°C.

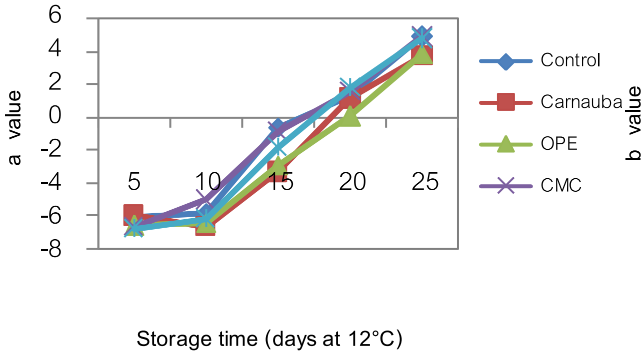


Figure 3 a value of mangoes during storage at 12^{o}C.

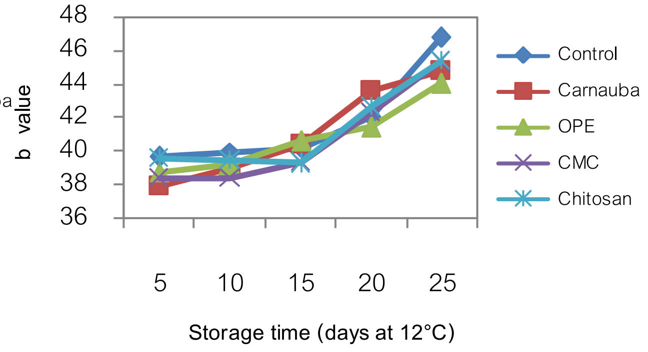


Figure 4 b value of mangoes during storage at 12^{o}C.

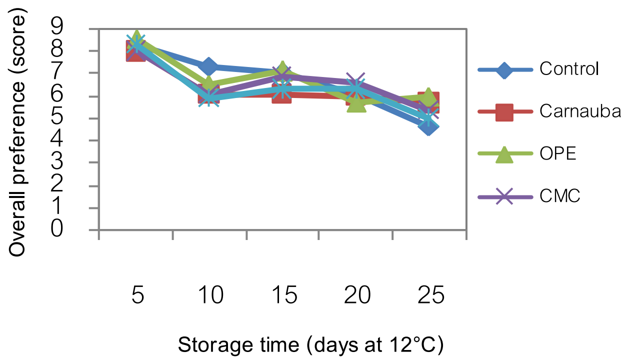


Figure 5 Overall preference (score) of ripped mangoes in ambient conditions following 12^{o}C

Hedonic scale (1-9); 1= dislike extremely and 9= like extremely

Table 1 Days in ambient conditions until ripped following 12^{o}C storage.

treatment	days in ambient conditions until ripped following 12^{o}C storage					
	0 day	5 days	10 days	15 days	20 days	25 days
Control	5	4	3	1	1	-
Carnauba	8	6	4	2	1	1
OPE	8	6	4	2	1	1
CMC	6	4	3	1	1	-
Chitosan	7	5	3	1	1	-

การผลิตและการทดสอบการยอมรับบร็อคโคลีทอดสุญญากาศของผู้บริโภค

Vacuum Fried Broccoli Production and Consumer Acceptance Evaluation

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์[1] และ เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์[1]

Apintanapong, M.[1] and Ieowsakulrat, S.[1]

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of frying temperature on sensory evaluation of vacuum fried broccoli and determine the most flavor acceptance of applied seasoning in the products from consumer testing. The proximate composition and some physicochemical properties were also tested. The temperatures for vacuum frying process were 95, 105, and 115°C and sensory test was evaluated to select the suitable temperature using 9 point hedonic scale test. Hot and spicy flavor and cheese flavor seasonings were mixed in products, consumer studies with 100 adults in University of Thai Chamber of Commerce were done about responses of consumers regarding the flavored vacuum fried broccoli. The result of this study showed that frying temperature affected on the appearance and sensory test, the highest acceptance obtained from 95°C vacuum fried broccoli products ($p \leq 0.05$). Moisture and chlorophyll content of the products decreased but other proximate compositions increased when compared with fresh broccoli. The water activity of the product was 0.391. The level of flavor applied (3 and 6% for both flavors) gave no significant difference in sensory test ($p > 0.05$). From 100 consumers, the most of age group was 15 – 24 years (81%) and 64% of consumers accepted vacuum fried broccoli products mixed with 3% hot and spicy seasoning. The 99% of consumers were interested in buying this product and the result showed that the first factor for buying was the taste of product (57%).

Keywords: broccoli, vacuum fried method, consumer test

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิในการทอดต่อการประเมินผลทางประสาทสัมผัสและทดสอบการยอมรับเกี่ยวกับกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ที่ปรุงแต่งด้วยผงปรุงรส นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพ ในการทดลองใช้การแปรอุณหภูมิในการทอด 3 ระดับ คือ 95 105 และ 115 องศาเซลเซียส จากนั้นเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยใช้การทดสอบความชอบแบบ 9 point hedonic scale ผลิตภัณฑ์ที่ได้ถูกนำมาปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยผงปรุงรสแบบฮอทแอนด์สไปซี่และรสชีสแล้วนำมาทดสอบหาระดับปริมาณผงปรุงรสที่เหมาะสมโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ชิมและทำการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ภายในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิในการทอดมีผลต่อลักษณะปรากฏและการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ชิมให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสมากกว่าสูตรอื่น ($p \leq 0.05$) การทอดทำให้ปริมาณความชื้นและคลอโรฟิลล์ลดลง ในขณะที่องค์ประกอบทางเคมีอื่นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับบร็อคโคลีสด ค่า a_w เท่ากับ 0.391 การศึกษาระดับปริมาณผงปรุงรสพบว่าการใช้ที่ปริมาณ 3% ให้ผลการทดสอบไม่ต่างจาก 6% ทั้งรสฮอทแอนด์สไปซี่และรสชีส ($p > 0.05$) และผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 100 คน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใส่ 3% ฮอทแอนด์สไปซี่ได้รับการยอมรับมากที่สุด (64%) จากผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่มีช่วงอายุ 15-24 ปี (81%) และผลสำรวจยังพบว่าผู้บริโภคสนใจที่จะซื้อสินค้านี้ (99%) โดยปัจจัยแรกที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์คือ รสชาติ (57%)

คำสำคัญ: บร็อคโคลี การทอดสุญญากาศ การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร 10400

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

คำนำ

บร็อคโคลี (Broccoli) จัดอยู่ในพืชผักตระกูลกะหล่ำและเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารต้านอนุมูลอิสระอีกหลายชนิด แต่มีการเสื่อมเสียคุณภาพอย่างรวดเร็วจากกระบวนการหายใจทำให้เกิดสีเหลืองของดอกบร็อคโคลีซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและทำให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลง (คณะกรรมการสวัสดิการกรมอนามัย, 2545; คณะทำงานโครงการหนูรักผักสีเขียวสถาบันวิจัยโภชนาการ, 2541) นอกจากนี้ยังมีผู้บริโภคบางกลุ่มที่ไม่นิยมที่จะรับประทานพืชผัก ดังนั้นการนำบร็อคโคลีมาทอดสุญญากาศจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการเพิ่มคุณค่าบร็อคโคลีและได้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวซึ่งเป็นแนวทางการส่งเสริมการบริโภคผักได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิในการทอดต่อการประเมินผลทางประสาทสัมผัสและทดสอบการยอมรับเกี่ยวกับกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ที่ปรุงแต่งด้วยผงปรุงรส นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับผลิตผลบร็อคโคลีสด

อุปกรณ์และวิธีการ

1.การผลิตบร็อคโคลีทอดสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ

ตัดแต่งบร็อคโคลีให้ได้ขนาด 5-6 เซนติเมตรแล้วแช่ในน้ำเกลือ 5% จากนั้นนำมาลวกน้ำเดือดแล้วแช่น้ำเย็น สะเด็ดน้ำแล้วนำมาทอดสุญญากาศ โดยแปรอุณหภูมิในการทอด 3 ระดับ คือ 95 105 และ 115°C โดยใช้ความดัน70 cmHg (vac)

2.การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างบร็อคโคลีทอดสุญญากาศมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบ 9 point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9= ชอบมากที่สุด) ผู้ทดสอบชิม 20 คน แผนการทดลองเป็นแบบ RCBD วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ เลือกอุณหภูมิการทอดที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดเพื่อใช้เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต

3.การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพของบร็อคโคลีทอดสุญญากาศ

บร็อคโคลีทอดสุญญากาศสูตรที่ได้รับการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากสุดนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ และค่า water activity(a_w)(AOAC, 2000)

4.การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของผงปรุงรสที่ผสมในบร็อคโคลีทอดสุญญากาศต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส

บร็อคโคลีทอดสุญญากาศสูตรที่ได้รับการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากสุดนำมาผสมผงปรุงรส 2 ชนิด ได้แก่ รสฮอทแอนด์สไปซี่ และรสชีส โดยแปรปริมาณ 3 และ 6% โดยน้ำหนัก แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบ Scoring test 5 point (1 = น้อยเกินไป 3= เหมาะสม 5 = มากเกินไป) ผู้ทดสอบชิม 10 คน แผนการทดลองเป็นแบบ T-test วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ ผลการประเมินระดับผงปรุงรสที่เหมาะสมจะนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

5.การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์บร็อคโคลีทอดสุญญากาศรสชาติต่างๆ

ตัวอย่างบร็อคโคลีทอดสุญญากาศที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ บร็อคโคลีทอดสุญญากาศรสดั้งเดิม รสชีส และรสฮอทแอนด์สไปซี่ ถูกนำมาทำการทดสอบโดยใช้แบบสอบถามเรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ในผลิตภัณฑ์บร็อคโคลีทอดสุญญากาศ โดยใช้กลุ่มผู้บริโภคจำนวน 100 คน ในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของอุณหภูมิในการทอดบร็อคโคลีต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดลองผลิตผลิตภัณฑ์โดยการทอดสุญญากาศในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกันส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้และลักษณะปรากฏของบร็อคโคลีทอดสุญญากาศแต่ละสภาวะอุณหภูมิมีความแตกต่างกัน จึงต้องคัดเลือกสภาวะอุณหภูมิในการทอดที่เหมาะสม โดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสประเมินผลในด้านต่างๆ แสดงใน (Table 1)

จากผลการทดสอบ พบว่าอุณหภูมิในการทอดมีผลต่อการประเมินทางประสาทสัมผัส โดยผู้ชิมให้คะแนนความชอบบร็อคโคลีทอดสุญญากาศที่อุณหภูมิ 95°C สูงสุดทั้งทางด้านสี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม เมื่อเทียบกับบร็อคโคลีทอดสุญญากาศในอุณหภูมิอื่น ($p \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วการทอดที่อุณหภูมิ 95°C ได้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่สูงและลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์บร็อคโคลีทอดสุญญากาศ

การทอดสุญญากาศมีผลต่อสมบัติทางเคมีของบร็อคโคลีทอดสุญญากาศโดยทำให้ปริมาณความชื้นลดลงในขณะที่ปริมาณไขมันและองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับบร็อคโคลีสด เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Garayo และ Moreira (2002) และ Shyu และ Hwang (2001) ซึ่งรายงานว่าขณะทอดสุญญากาศปริมาณน้ำมันและความชื้นจะมีความสัมพันธ์กันโดยความชื้นภายในผลิตภัณฑ์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นไอน้ำ เนื่องจากความแตกต่างของความดันไอน้ำ เมื่อน้ำถูกระเหยออกไปแล้วน้ำมันจะแพร่เข้าสู่ผลิตภัณฑ์โดยปริมาณการเพิ่มขึ้นของน้ำมันสัมพันธ์กับการลดลงของความชื้น นอกจากนี้พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลง 810.85% (โดยน้ำหนักแห้ง) ดังแสดงใน (Table 2)

ผลของระดับความเข้มข้นของผงปรุงรสต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การศึกษาระดับปริมาณผงปรุงรสพบว่าการใช้ที่ปริมาณ 3% ให้ผลการทดสอบไม่ต่างจาก 6% ทั้งรสฮอทแอนด์สไปซี่และรสชีส ($p>0.05$) (ไม่แสดงข้อมูล) การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในขั้นตอนถัดไปจึงเลือกใช้ผงปรุงรส 3% เพื่อลดต้นทุนการผลิต

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์บร็อคโคลีทอดสุญญากาศ

พบว่าการใช้ผงปรุงรสฮอทแอนด์สไปซี่ที่ระดับ 3% ในผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด (64%) เมื่อเทียบกับรสดั้งเดิม (13%) และรสชีส (23%) จากผู้บริโภคที่มีอายุในช่วง 15 – 24 ปี (81%) และผลสำรวจพบว่า ในกลุ่มผู้ทดสอบมีจำนวน 10% ที่ไม่ชอบทานผักและผู้บริโภคยินดีที่จะซื้อสินค้าชนิดนี้ (99%) ในราคา 20 – 30 บาท ต่อ 7 – 10 ชิ้น ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์มีซิปล็อค (75%) และปัจจัยอันดับหนึ่งที่มีความสำคัญในการตัดสินใจซื้อสินค้า คือ รสชาติ (57%)

สรุปผล

บร็อคโคลีทอดสุญญากาศที่ 95°C ได้รับความชอบสูงสุดทั้งด้านสี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม การทอดบร็อคโคลีในสภาพสุญญากาศทำให้มีปริมาณความชื้นลดลงในขณะที่ปริมาณไขมันและองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆเพิ่มมากขึ้น และการทอดส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเมื่อเทียบกับบร็อคโคลีสด การใช้ผงปรุงรสฮอทแอนด์สไปซี่ที่ระดับ 3% ในผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่มีอายุในช่วง 15 – 24 ปี จากผลทดสอบยังพบว่า ผู้บริโภคยินดีที่จะซื้อสินค้าชนิดนี้ (99%) ในราคา 20 – 30 บาท ต่อ 7 – 10 ชิ้น ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์มีซิปล็อคและปัจจัยอันดับหนึ่งที่มีความสำคัญในการตัดสินใจซื้อสินค้า คือ รสชาติ

ข้อเสนอแนะ จากการสำรวจในท้องตลาดที่มีการวางขายผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน พบว่า จะมีการนำไปอบก่อนทอดและมีปริมาณไขมันที่ต่ำ ดังนั้นการทำแห้งก่อนการนำไปทอดอาจทำให้ปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ลดลง

คำขอบคุณ

ผู้จัดทำขอขอบคุณ นางสาวปาริฉัตร จันทร์ประเสริฐ ที่จัดเตรียมการทดลองที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้

Table 1 Sensory evaluation of vacuum fried broccoli by different frying temperature.

Attribute	Test score of broccoli products*		
	95°C	105°C	115°C
Color	7.60 ± 1.14^{a}	5.95 ± 2.37^{b}	5.10 ± 2.13^{b}
Appearance	7.35 ± 1.79^{a}	6.05 ± 2.06^{b}	5.30 ± 1.98^{b}
Odor	6.90 ± 1.25^{a}	6.50 ± 1.91^{a}	5.25 ± 2.12^{b}
Texture	7.25 ± 1.37^{a}	5.20 ± 2.07^{b}	2.80 ± 2.02^{c}
Taste	7.25 ± 1.25^{a}	6.20 ± 1.67^{b}	4.15 ± 2.21^{c}
Overall acceptance	7.45 ± 1.32^{a}	6.00 ± 1.62^{b}	4.00 ± 2.13^{c}

*mean± SD

^{a,b,c}Values with differen tletter in same row were different significantly. ($p \leq 0.05$)

Table 2 Proximate analysis and physical properties of fresh broccoli and vacuum fried broccoli

Properties		Fresh broccoli	Vacuum fried broccoli
Proximate composition *	Ash (g/100 g)	1.14	3.97
	Calories (kcal/100 g)	41.34	611.94
	Carbohydrate (g/100 g)	4.43	16.19
	Crude Fiber (g/100 g)	1.07	5.06
	Fat (g /100 g)	0.50	51.02
	Moisture (g/100 g)	89.15	6.82
	Protein (% N × 6.25)(g/100 g)	4.78	22.00
Chlorophyll*	Chlorophyll A (mg/100 g)	0.0209 ± 0.0010	0.0265 ± 0.0015
	Chlorophyll B(mg/100 g)	0.0131 ± 0.0004	0.0136 ± 0.0005
	Total chlorophyll(mg/100 g)	0.0340 ± 0.0014	0.0401 ± 0.0020
a_w		-	0.391

*mean± SD

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการสวัสดิการกรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข, 2545, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, สามเจริญพาณิชย์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

คณะทำงานโครงการหนูรักผักสีเขียวสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดลและมูลนิธิโตโยต้า ประเทศไทย, 2541, มหัศจรรย์ผัก108, โครงการจัดพิมพ์คบไฟ, กรุงเทพฯ.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC International, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg.

Garayo, J. and Moreira, R., 2002, Vacuum Frying of Potato Chips, Journal of Food Engineering, 55(2): 181-191.

Shyu, S.L. and Hwang, L.S., 2001, Effects of Processing Conditions on The Quality of Vacuum Fried Apple Chips, Journal of Food Research International, 34: 133-142.

ผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารเคอร์คูมินในขมิ้นชันผง

Effect of Gamma Radiation and Electron-beam on Color Change, Antioxidant Activity and Curcumin Content in Turmeric (*Curcuma longa* Linn.) Powder

สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1] วชิราภรณ์ ผิวล่อง[1] สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ[1] สุชาดา พงษ์พัฒน์[1] และ จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ[1]

Sajjabut, S.[1], Pewlong, W.[1], Segsarnviriya, S.[1], Pongpat, S.[1] and Eamsiri, J.[1]

Abstract

Turmeric powder is a spice and herb. Normally, gamma radiation at dose 8 kGy is used for reducing the microbial contamination in turmeric powder. The aim of this research was to study the effects of gamma radiation and electron beam on the changes of color, antioxidant activity and curcumin content of the turmeric powder. The powder samples were separately irradiated by gamma radiation and electron beam at the doses of 5, 10, 15 and 20 kGy. The irradiated turmeric powder samples were determined for b value by a chromameter. The methanolic extracts of the unirradiated and irradiated samples were prepared by suspending 1 gram of the powder in 25 ml. of methanol. The mixture was kept in an ultrasonic bath at room temperature for one hour. The filtrate was determined for total phenolics, antioxidant activity and curcumin content. The results showed that there were no changes of b-value and total phenolics of irradiated samples compared to the unirradiated treatment. The antioxidant activity and curcumin content significantly decreased at the dose of 20 kGy while the irradiation at the dose lower than 20 kGy did not affected. Comparison between gamma and electron beam were not significantly different.

Keywords: turmeric, gamma, electron beam, curcumin

บทคัดย่อ

ขมิ้นชันผงเป็นเครื่องเทศและสมุนไพรที่นิยมนำมาฉายรังสีแกมมาเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปริมาณ 8 กิโลเกรย์ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารเคอร์คูมินของขมิ้นชันผงโดยนำขมิ้นชันผงไปฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณรังสี 5 10 15 และ 20 กิโลเกรย์ นำตัวอย่างขมิ้นชันที่ผ่านการฉายรังสีมาวัดค่า b ด้วยเครื่อง chromameter เตรียมสารสกัดจากขมิ้นชันผงแต่ละตัวอย่างโดยเติมเมธานอล 25 มิลลิลิตร ลงในผงขมิ้นชัน 1 กรัม นำไปเขย่าบน ultrasonic bath ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำส่วนที่กรองได้ไปวัดค่า b และไปวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารเคอร์คูมิน ผลพบว่าขมิ้นชันผงฉายรังสีมีค่า b ซึ่งแทนค่าสีเหลืองและปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับขมิ้นชันผงที่ไม่ฉายรังสี ส่วนฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารเคอร์คูมินมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการฉายรังสีที่ปริมาณ 20 กิโลเกรย์ แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อฉายรังสีที่ปริมาณต่ำกว่า 20 กิโลเกรย์ และเมื่อเปรียบเทียบผลระหว่างรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ขมิ้นชัน รังสีแกมมา ลำอิเล็กตรอน เคอร์คูมิน

[1] **สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 ตำบลทรายมูล อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120**

[1] **Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Tambon Saimon Aumphur Ongkarak Nakon Nayok Province 26120**

คำนำ

ขมิ้นชันมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Curcumalonga* L. อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ชื่อสามัญคือ Turmeric มีสารสำคัญชนิดหนึ่งคือ เคอร์คูมิน (curcumin) ผลิตภัณฑ์ขมิ้นผงเป็นเครื่องเทศที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในประเทศและมีการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ แต่มักพบปัญหาการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้แปรรูปมาจากขมิ้นสดที่สัมผัสกับพื้นดิน Witkowskac และคณะ (2011) ได้ทำการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างขมิ้นพบว่ามีปริมาณของแบคทีเรีย 10^6 โคโลนีต่อกรัม และรา 10^3 โคโลนีต่อกรัมซึ่งเป็นปริมาณการปนเปื้อนที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนขมิ้นผง (มผช 676/2547) ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานคุณลักษณะที่ต้องการด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไว้ว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 10^5 โคโลนีต่อตัวอย่างหนึ่งกรัมยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่างหนึ่งกรัมการฉายรังสีเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในอาหารให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารฉายรังสี ได้กำหนดปริมาณรังสีดูดกลืนสูงสุดที่อนุญาตสำหรับการฉายรังสีเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ไว้ที่ 10 กิโลเกรย์ ปัจจุบันประเทศไทยมีการให้บริการฉายรังสีจากภาคเอกชนและหน่วยงานของรัฐโดยใช้รังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดโคบอลต์ 60 และปี พ.ศ. 2554 ศูนย์ฉายรังสีอัญมณี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้ทำการติดตั้งเครื่อง Electron beam accelerator โดยให้บริการการฉายอัญมณีเป็นหลัก แต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ รวมทั้งอาหารได้ การฉายรังสีด้วยเครื่อง Electron beam accelerator นั้นมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้รังสีแกมมาจากโคบอลต์ 60 กล่าวคือไม่ต้องใช้วัสดุนิวเคลียร์เป็นแหล่งกำเนิดซึ่งทำให้ยากต่อการเก็บรักษาและการกำจัด และใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตลำอิเล็กตรอนจึงง่ายต่อการปฏิบัติงาน ศูนย์ฉายรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้ให้บริการฉายรังสีขมิ้นชันเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของยาหรือเครื่องสำอางที่ปริมาณรังสี 8–10 กิโลเกรย์ ซึ่งปริมาณรังสีดังกล่าวแม้ว่าจะช่วยปรับปรุงให้คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของขมิ้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแต่ผู้ใช้บริการยังมีความกังวลถึงการสูญเสียปริมาณสารสำคัญและคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ เพราะข้อมูลเกี่ยวกับผลของรังสีโดยเฉพาะผลจากลำอิเลคตรอนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของขมิ้นชันยังมีจำกัด ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีความประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการฉายลำอิเล็กตรอนและรังสีแกมมาที่มีต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารสำคัญ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของลักษณะภายนอกได้แก่สี ในขมิ้นชันเพื่อเป็นองค์ความรู้สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องและอาจเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้ใช้บริการฉายรังสี

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างและการฉายรังสี นำตัวอย่างเป็นขมิ้นชันผงจากบริษัท ห้างขายยาตราใบห่อ จำกัด บรรจุใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ปิดสนิทถุงละ 250 กรัม จำนวน 10 ถุงนำตัวอย่าง อย่างละ 5 ถุงไปฉายรังสีแกมมาและลำแสงอิเล็คตรอน (electron beam) ที่ศูนย์ฉายรังสีอัญมณี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) จ.นครนายก ที่ปริมาณรังสี 0 5 10 15 และ 20 กิโลเกรย์ (kGy) ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมารุ่น Type II (ANSIN 43.12) ซึ่งมีโคบอลต์ 60 ความแรง 54,000 คูรีเป็นแหล่งกำเนิดรังสี ผลิตโดยบริษัท Power Plus System Ltd, UK และเครื่อง Electron beam accelerator รุ่น MB 20/16 ที่ระดับพลังงาน 8 MeV ผลิตโดยบริษัท Mevex

การสกัดตัวอย่างโดยเติมเมธานอล 25 มิลลิลิตร ลงในผงขมิ้นชัน 1 กรัมนำไปสกัดใน ultrasonic bath เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำส่วนใสที่ได้หลังจากฉายรังสีจากการกรองไปทดสอบฤทธิ์การอนุมูลอิสระ (radical scavenging activity) ด้วยวิธีการ DPPH radical scavenging activity assay (Brand-Williamse และคณะ, 1995) ทดสอบปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics) (Kim และคณะ, 2003) ทดสอบปริมาณสารเคอร์คูมิน (curcumin) ด้วยเทคนิค HPLC โดยใช้คอลัมน์ Phenomenex C18 ขนาด 4.5 x 250 มิลลิเมตรเฟสเคลื่อนที่คือ 85% เอธานอล อัตราการไหล 0.8 มิลลิลิตรต่อนาที วัดค่าที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตรโดยใช้ UV detector และใช้สารมาตรฐานเคอร์คูมินจาก Sigma-Aldrich ที่ความเข้มข้น 0.02 – 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และวัดค่าสีด้วยเครื่อง chromameter ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR 300 โดยวัดในรูปแบบ H L a b วางแผนการทดลองแบบ RCBD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาการฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนขมิ้นชันผง ที่ปริมาณรังสี 5 10 15 และ 20 กิโลเกรย์ พบว่าค่าสีที่แสดงเป็น b value ซึ่งแทนค่าของสีเหลืองไม่มีความแตกต่างกันระหว่างตัวอย่างที่ไม่ฉายและฉายรังสีทั้งจากรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณรังสีต่างๆ กัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 24.44-24.89 ส่วนปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดใน

ตัวอย่างขมิ้นชันที่ไม่ฉายและฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณ 5, 10, 15 และ 20 กิโลเกรย์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Effect of gamma and electron beam irradiation on b value and total phenolics of turmeric powder.

dose (kGy)	b value		total phenolics(mg/g)	
	gamma	electron beam	gamma	electron beam
0	24.44±0.48[a]	24.44±0.48[a]	11.13±0.53[a]	11.13±0.53[a]
5	24.88±0.45[a]	24.27±0.05[a]	10.34±1.48[a]	10.86±1.30[a]
10	24.86±0.38[a]	24.84±0.26[a]	11.13±1.35[a]	10.44±1.77[a]
15	24.75±0.06[a]	24.89±0.32[a]	10.80±1.04[a]	10.68±1.68[a]
20	24.85±0.54[a]	24.87±0.31[a]	11.08±0.96[a]	10.58±2.18[a]

Values are expressed as mean ±SD of triplicates measurement.

Different letters in the same column indicate significant differences at $p<0.05$.

Table 2 แสดงค่าของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยใช้วิธี DPPH radical scavenging activity ในขมิ้นชันผงที่มีการฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอน ที่ปริมาณรังสี 20 กิโลเกรย์ เป็นค่า IC_{50} (ความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้อนุมูลอิสระลดลง 50%) พบว่าค่า IC_{50}ของขมิ้นชันผงที่มีการฉายรังสีมีค่ามากกว่าตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่า IC_{50} ของตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีมีค่าเท่ากับ 19.16±0.40 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเมื่อฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณ 20 กิโลเกรย์ ค่า IC_{50} เพิ่มขึ้นเป็น 22.20±0.99 และ 21.25±0.06 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าขมิ้นชันผงที่ฉายรังสีที่ 20 กิโลเกรย์ มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงแต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และพบว่าการฉายรังสีที่ปริมาณดังกล่าวมีผลให้ปริมาณสารเคอร์คูมินในขมิ้นชันผงลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน โดยปริมาณสารเคอร์คูมินของขมิ้นชันผงที่ไม่ฉายรังสีมีค่าเท่ากับ 14.76±0.77 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณ 20 กิโลเกรย์ปริมาณสารเคอร์คูมินลดลงเป็น 12.93±0.64 และ 12.87±0.45 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่พบการเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเคอร์คูมินในขมิ้นชันผงที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสีที่ปริมาณ 5-15 กิโลเกรย์ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับผลการศึกษาของปิยนุช และคณะ (2550) ที่ได้ทำการฉายรังสีแกมมาผงขมิ้นชันที่ปริมาณ 10 กิโลเกรย์ และพบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารเคอร์คูมินอยด์ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี

เมื่อเปรียบเทียบผลของรังสีระหว่างรังสีทั้งสองชนิดต่อค่า b ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเคอร์คูมินโดยวิธี paired samples T-test พบว่าไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงใน Table 3

Table 2 Effect of gamma and electron beam irradiation on DPPH radical scavenging activity and curcumin content of turmeric powder

dose (kGy)	IC_{50}DPPH assay(mg/ml)		curcumin(mg/g)	
	gamma	electron beam	gamma	electron beam
0	19.16±0.40[a]	19.16±0.40[a]	14.76±0.77[b]	14.76±0.77[b]
5	19.63±0.98[a]	20.11±0.77[ab]	14.57±0.28[b]	13.84±0.75[ab]
10	19.62±2.02[a]	20.20±0.51[ab]	13.64±0.77[b]	14.15±1.15[ab]
15	19.99±1.34[ab]	20.09±0.60[ab]	14.41±1.09[b]	14.53±1.21[ab]
20	22.20±0.99[b]	21.25±0.06[b]	12.93±0.64[a]	12.87±0.45[a]

Values are expressed as mean ±SD of triplicates measurement.

Different letters in the same column indicate significant differences at $p<0.05$.

Table 3 comparison of gamma and electron beam by paired samples T-test.

dose (kGy)	P-value			
	b value	total phenolics	EC_{50}DPPH assay	curcumin
5	0.201	0.314	0.401	0.320
10	0.908	0.110	0.629	0.193
15	0.522	0.790	0.559	0.357
20	0.941	0.588	0.277	0.736

If the calculated P-value is less than 0.05, the conclusion is that the mean difference between the paired observations.

สรุปผล

ค่า b ซึ่งแทนค่าความเป็นสีเหลืองและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างขมิ้นชันผงที่ไม่ฉายและฉายรังสีที่ปริมาณ 5-20 กิโลเกรย์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเคอร์คูมินในขมิ้นชันผงมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อฉายรังสีปริมาณ 20 กิโลเกรย์ แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อฉายรังสีที่ปริมาณต่ำกว่า 20 กิโลเกรย์ ดังนั้นการฉายรังสีขมิ้นชันผงเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปริมาณรังสีไม่เกิน 10 กิโลเกรย์รังสีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณเคอร์คูมินแต่อย่างใด และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อค่าต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างรังสีทั้งสองชนิด ดังนั้นลำอิเล็กตรอนจึงเป็นทางเลือกใหม่อีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการกำจัดจุลินทรีย์ในผงขมิ้นชัน

เอกสารอ้างอิง

ปิยนุช ทองผาสุก จารุณีย์ ทองผาสุก ทิวัตถ์ กุลชนะภควัต สุรศักดิ์ สัจจบุตร สุชาดา พงษ์พัฒน์ และ จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ, 2550, ผลของรังสีแกมมาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชัน, การประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ครั้งที่ 10, กรุงเทพฯ.

Brand, W.W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995, Used of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensmittel - Wissenschaft und-technology, 28: 25-30.

Kim, D.O., Jeong, S.W. and Lee, C.Y., 2003, Antioxidant Capacity of Phenolic Phytochemicals from Various Cultivars of Plums, Food Chemistry, 81: 321-326.

Witkowska, A.M., Hickey, D.K., Alonso-Gomez, M. and Wilkinson, M.G., 2011, The Microbiological Quality of Commercial Herb and Spice Preparations Used in the Formulation of a Chicken Supreme Ready Meal and Microbial Survival Following a Simulated Industrial Heating Process, Food Control, 22: 616-625.

ผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพของไวน์เม่า

Effects of Gamma Irradiation on Mao Wine Quality

สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1] วชิราภรณ์ ผิวล่อง[1] ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์[1] และ จารุณีย์ ทองผาสุก[1]

Sajjabut, S.[1], Pewlong, W.[1], Prachasittisak, Y.[1] and Thongpasuk, J.[1]

Abstract

Mao is a berry fruit which commonly grown in the Northeastern region of Thailand. The objective of this research is to study the effects of gamma irradiation on Mao wine quality. Mao wine was gamma irradiated at 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 kGy and stored at 25°C for nine months. The alteration of their properties was determined at every three months. The results showed that the gamma radiation did not affect color, alcohol content, dissolved solids and pH throughout nine months. After the first three months, sensory evaluation indicated no difference in color, odor, flavor and overall of all treatment. However, storage for six and nine months showed significant difference in odor, flavor and overall. The panelists gave the highest score of hedonic scale (odor, flavor and overall) for Mao wine irradiated with 1.5 and 2.0 kGy.

Keywords: Mao wine, gamma, sensory evaluation

บทคัดย่อ

เม่าเป็นผลไม้ป่าชนิดหนึ่งที่มีแพร่หลายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อคุณภาพของไวน์เม่า โดยนำไวน์เม่ามาฉายรังสีแกมมาที่ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลเกรย์ แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 เดือน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไวน์ด้านต่างๆ ทุก 3 เดือน พบว่าตลอดทั้ง 9 เดือนรังสีแกมมาไม่มีผลต่อสี ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และความเป็นกรดด่าง ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า 3 เดือนแรก สี กลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวมของไวน์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทุกตัวอย่าง แต่พบว่ากลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออายุการเก็บที่ 6 และ 9 เดือน โดยผู้ทดสอบให้คะแนนตามระดับความพึงพอใจสูงสุดกับไวน์เม่าที่ฉายรังสี 1.5 และ 2.0 กิโลเกรย์

คำสำคัญ: ไวน์เม่า รังสีแกมมา การทดสอบทางประสาทสัมผัส

คำนำ

การทำไวน์ได้รับการส่งเสริมจากรัฐบาล ให้นำความรู้ที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน เพื่อเพิ่มโอกาสในการใช้ผลิตผลการเกษตรที่มีอยู่ทั่วไปนำมาเพิ่มมูลค่าและสร้างรายได้ให้กับชุมชนที่ตนเองอาศัย โดยเฉพาะสมุนไพรของไทยที่มีอยู่มากมายหลายชนิด หากนำมาแปรรูปเป็นไวน์สมุนไพร แต่ที่ผ่านมาผู้ผลิตไวน์สมุนไพรต้องประสบกับการขาดทุนจนต้องเลิกกิจการไปจำนวนมากเนื่องจากการขาดความรู้ความเข้าใจในการผลิตไวน์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่มีคุณภาพและรสชาติไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ปัญหาสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่พบในกระบวนการผลิตไวน์คือต้องใช้ระยะเวลาในการบ่มไวน์เนื่องจากไวน์ที่มีรสชาติดีนั้นต้องใช้เวลาในการบ่มค่อนข้างนานระยะเวลาในการบ่มไวน์จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการผลิต หากสามารถลดระยะเวลาบ่มให้สั้นลงโดยทำให้ไวน์มีรสชาติดีพอๆ กับไวน์ที่ต้องใช้เวลาเก็บนานๆ ก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อกระบวนการผลิตไวน์ ไม่ว่าจะเป็นการผลิตไวน์ในระดับผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือการผลิตระดับอุตสาหกรรม

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 ตำบลทรายมูล อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Tambon Saimon, Aumphur Ongkarak, Nakon Nayok province 26120

ปัจจุบันได้มีการนำรังสีแกมมาใช้ในด้านเกษตรและอาหารโดยมีวัตถุประสงค์ เช่น ลดปริมาณจุลินทรีย์ กำจัดแมลง ยับยั้งการงอก การทำหมันแมลงวันทอง เป็นต้น และจากการค้นคว้างานวิจัยทางด้านการฉายรังสีในไวน์และส่วนที่เกี่ยวข้องกับไวน์พบว่าได้มีการนำรังสีแกมมามาฉายกับไวน์หลายชนิด เช่น มีการฉายรังสีแกมมาใน yellow wine แล้วพบว่ามีปริมาณของสารเอสเทอร์เพิ่มขึ้นในปริมาณเดียวกับ yellow wine ที่ผ่านการบ่มครึ่งปีถึงหนึ่งปีครึ่งโดยวิธีการหมักบ่มตามปกติ และตรวจสอบไม่พบสารตกค้างหรือการเปลี่ยนแปลงของสารที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกายในไวน์ฉายรังสี (Hua และคณะ, 1989) ส่วนการฉายรังสีใน Cabernet Sauvignon wine ไม่พบว่าการฉายรังสีจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีในด้านที่เกี่ยวข้องกับสีไวน์ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสก็พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของไวน์ที่ฉายรังสี 0.6 – 2.4 กิโลเกรย์ (Caldwell และ Spayd, 1989)

อุปกรณ์และวิธีการ

น้ำเม่าหมักซึ่งผ่านการบ่มเป็นเวลา 3 เดือน จัดซื้อจาก บริษัท สกลนครมะเม่าไวน์เนอรี่ จ.สกลนคร บรรจุขวดขนาด 750 มิลลิลิตรนำมาฉายรังสีแกมมาที่ศูนย์ฉายรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ซึ่งเป็นการฉายรังสีในรูปแบบทางการค้า ปริมาณรังสีที่ฉายคือ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลเกรย์ หลังจากการฉายรังสีเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสแล้วทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ทุก 3 เดือนโดยทำการทดสอบปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่อง ebulliometer ทดสอบปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยใช้ hand refractometer ทดสอบความเป็นกรด-ด่างโดยใช้ pH meter ทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสีโดยใช้ chromameter วัดในระบบ Hunter L a b ทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และความรู้สึกโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ 15 คนให้คะแนนตามระดับความพึงพอใจ 9 ระดับ (9 point hedonic scale)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าไวน์เม่าที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสีแกมมาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรดด่าง และค่าความเป็นสีแดง (a value) ตลอดทั้งอายุการเก็บ 9 เดือน (Figure 1-4) ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการใช้ผู้ชิม 15 คน ให้คะแนนตามระดับความพึงพอใจ 9 ระดับ พบว่า ช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บไม่มีความแตกต่างกันของไวน์เม่าที่ไม่ฉายและฉายรังสีแกมมาของคะแนนสี กลิ่น รสชาติ และความรู้สึกโดยรวม โดยคะแนนทางของสีนั้นไม่มีความแตกต่างกันตลอดอายุการเก็บทั้ง 9 เดือน แต่ที่อายุการเก็บ 6 เดือน และ 9 เดือน คะแนนด้านอื่นๆ อันได้แก่ กลิ่น รสชาติ และความรู้สึกโดยรวมมีความแตกต่างกันของไวน์เม่าไม่ฉายและฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณต่างๆ โดยไวน์เม่าที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1.5 และ 2.0 กิโลเกรย์ ผู้ชิมให้คะแนนสูงที่สุด (Table 1) จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าที่อายุการเก็บ 3 และ 6 เดือน ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านกลิ่น รสชาติ และความรู้สึกโดยรวมของตัวอย่างไวน์เม่าที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1.5 และ 2.0 กิโลเกรย์ สูงนั้นอาจเป็นไปได้ว่าไวน์ที่ฉายรังสีมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับการให้กลิ่นรส ที่เมื่อฉายรังสีสารประเภท polyols เช่น 1-propanol, i-butanol, 2-methy butanol และ 3- methybutanol ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีและก่อให้เกิดลักษณะ greasy mouth feel ในไวน์ลดลงและสาร ethyl acetate ที่ให้กลิ่นผลไม้เพิ่มขึ้นเมื่อมีการฉายรังสีในปริมาณที่มากขึ้น (Chang, 2003)

สรุปผล

ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ความเป็นกรดด่าง และความเป็นสีแดง (a value) ของไวน์เม่าไม่ฉายรังสีและฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 กิโลเกรย์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนตามระดับความพึงพอใจ 9 ระดับนั้น พบว่า ผู้ชิมให้คะแนนด้านสีในไวน์เม่าที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสีที่ปริมาณต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผู้ชิมให้คะแนนด้านกลิ่น รสชาติ และความรู้สึกโดยรวมมีความแตกต่างกันระหว่างไวน์เม่าที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสีที่ปริมาณต่างๆอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อายุการเก็บ 6 และ 9 เดือน ผู้ชิมให้คะแนนด้านกลิ่น รสชาติ และความรู้สึกโดยรวมสูงที่สุดในไวน์เม่าที่ฉายรังสี 1.5 และ 2.0 กิโลเกรย์

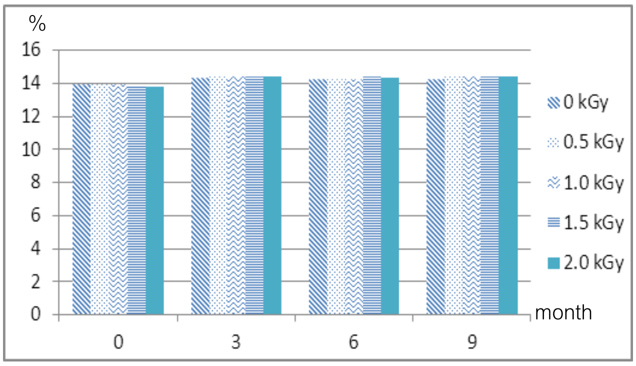


Figure 1 Effect of gamma radiation on alcohol content of Mao wine at various storage time.

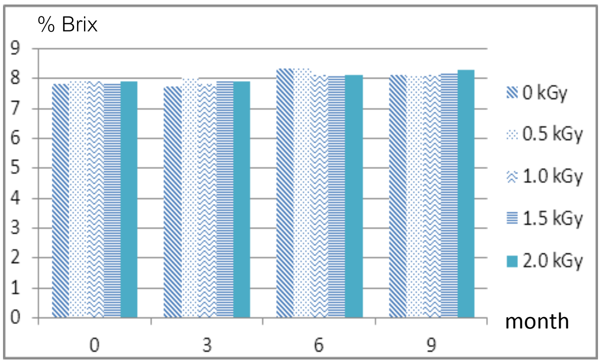


Figure 2 Effect of gamma radiation on soluble solid Mao wine at various storage time.

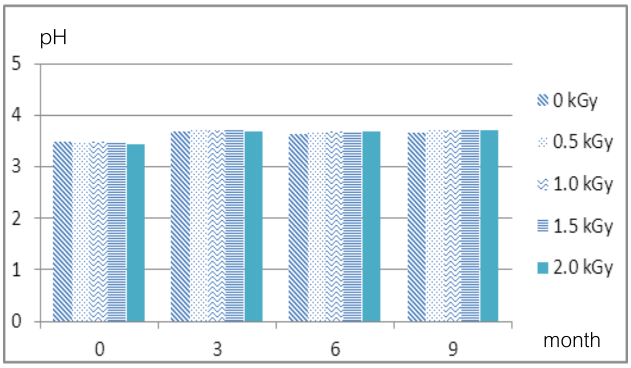


Figure 3 Effect of gamma radiation on pH of Mao wine at various storage time.

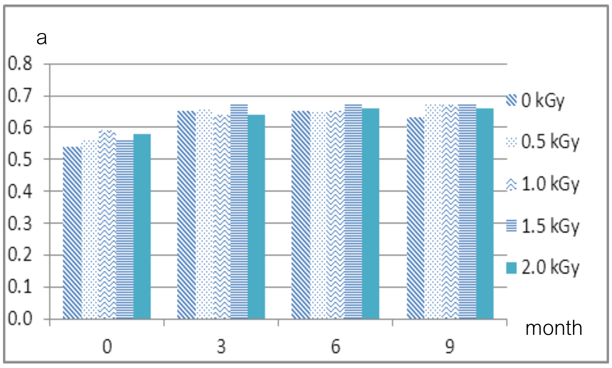


Figure 4 Effect of gamma radiation on a value of Mao wine at various storage time.

Table 1 Mean taste panel scores of non-irradiated and irradiated Mao wine at various storage time.

sensory characteristics.	storage time (month)	Dose (kGy)				
		0	0.5	1.0	1.5	2.0
color	3	7.0±1.4^{a}	7.2±1.4^{a}	7.1±1.4^{a}	7.1±1.4^{a}	7.1±1.3^{a}
	6	7.4±0.5^{a}	7.3±0.5^{a}	7.3±0.5^{a}	7.4±0.5^{a}	7.5±0.7^{a}
	9	7.1±0.9^{a}	6.9±1.2	6.7±1.5^{a}	7.1±0.9^{a}	6.7±0.6^{a}
odor	3	7.0±1.5^{a}	6.8±1.8^{a}	6.6±1.4^{a}	6.8±2.1^{a}	6.8±1.4^{a}
	6	6.6±1.5^{ab}	6.2±1.3^{a}	6.3±2.0^{a}	7.7±1.2^{b}	6.8±1.5^{ab}
	9	6.4±0.7^{a}	7.1±0.7^{ab}	6.5±1.6^{a}	7.5±0.7^{b}	7.7±0.9^{b}
flavor	3	6.5±1.0^{a}	7.0±1.4^{a}	6.8±1.5^{a}	6.6±1.8^{a}	6.7±1.5^{a}
	6	6.5±1.4^{a}	6.8±1.6^{ab}	6.1±1.4^{a}	7.5±0.8^{b}	6.9±1.2^{ab}
	9	6.5±0.7^{a}	6.4±1.4^{a}	6.4±1.1^{a}	7.5±0.7^{b}	7.4±0.7^{b}
overall	3	7.2±1.3^{a}	6.9±1.6^{a}	6.7±1.5^{a}	6.8±2.0^{a}	6.7±1.2^{a}
	6	6.6±1.6^{a}	6.5±1.5^{a}	6.8±1.2^{ab}	7.8±0.9^{b}	7.2±0.8^{b}
	9	6.7±0.9^{a}	6.5±1.4^{a}	6.9±1.4^{abc}	7.7±0.6^{c}	7.6±0.7^{bc}

Score of 6-9 = increasing order of likeness, 5 = borderline of acceptability, 4-1 = increasing order of dislikeness
Different letters in the same row indicate significant differences at $p < 0.05$

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 1990, Office Method of Analysis, 15th. ed., The Association of Official Analysis Chemists

Caldwell, C.L. and Spayd, S.E., 1989, Effects of Gamma Irradiation on Chemical and Sensory Evaluation of Cabernet Sauvignon Wine, American Chemical Society, 26: 337-345.

Chang, C.A., 2003, The Effect of Gamma Irradiation on Rice Wine Maturation, Food Chemistry, 83: 323-327.

Hua, F.M., Chen, Q.F., Yu, Y.T. and Huang, L.G., 1989, Acceleration of Yellow Rice Wine Mellowness by Cobalt Ray, Acta Agriculture Nucleatae Sinnica, 3: 178-186.

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 117-120 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 117-120 (2555)

การใช้เทคนิคพีเอสแอล และเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ เพื่อตรวจพิสูจน์เครื่องเทศ และเครื่องปรุงรสชนิดผงที่ผ่านการฉายรังสี

The Use of Photo-Stimulated Luminescence and Thermoluminescence Techniques to Identify Irradiated Spices and Seasonings Powders

เสาวพงศ์ เจริญ[1] และ เขมรุจิ เข็มทอง[1]

Charoen, S.[1] and Khemthong, K.[1]

Abstract

Study was carried out to investigate the use of photo-stimulated luminescence (PSL) and thermoluminescence (TL) techniques to identify 11 kinds of irradiated ground spices and seasonings (2 kGy) compared to those of unirradiated samples. The studied samples were ground clove, ground coriander, ground caraway, ground cinnamon, celery powder, Chinese five-spices blend, licorice powder, ground star anise, Chinese bay leaves powder, lemon grass powder and galangal powder. The results showed that the PSL technique gave absolutely correct measurements on 8 kinds of both unirradiated and irradiated samples. Two kinds of unirradiated seasonings, Chinese five-spices blend and licorice powder, showed intermediate results but the irradiated samples showed correct measurements (positive results). Only unirradiated ground coriander yielded incorrect measurement (reading as positive results as shown in the irradiated sample). However, all kinds of unirradiated and irradiated samples showed the 100% correct results by TL technique except Chinese five-spices blend, ground cinnamon and Chinese bay leaves powder. The minerals of those 3 kinds of seasonings could not be isolated for TL measurements due to colloid-like suspensions or else there were probably too small amounts of minerals in those samples. If then, the method of minerals extraction of some kinds of spices for TL technique should be further studied.

Keywords: irradiated foods, spice, photo-stimulated luminescence (PSL), thermoluminescence (TL)

บทคัดย่อ

การตรวจพิสูจน์เครื่องเทศและเครื่องปรุงรสชนิดผง 11 ชนิด ได้แก่ กานพลูป่น เมล็ดผักชีป่น ยี่หร่าป่น อบเชยป่น เมล็ดคื่นช่ายป่น ผงพะโล้ ชะเอมป่น โป๊ยกั๊กป่น ผงใบกระวาน ตะไคร้ป่น และข่าป่น ทั้งที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสีปริมาณ 2 กิโลเกรย์ ว่าเป็นอาหารผ่านการฉายรังสีมาแล้วหรือไม่ด้วยเทคนิคพีเอสแอล (PSL: photo-stimulated luminescence และทดสอบยืนยันด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ (TL: thermoluminescence) พบว่า เทคนิค PSL ให้ผลที่ถูกต้องกับตัวอย่าง 8 ชนิดทั้งที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสี ส่วนเครื่องปรุงรส 2 ชนิดคือผงพะโล้และชะเอมป่นที่ไม่ฉายรังสีให้ผลไม่แน่ชัดคืออ่านผลเป็น intermediate แต่ตัวอย่างที่ฉายรังสีทั้งสองชนิดแสดงผลถูกต้องคืออ่านผลเป็น positive สำหรับเมล็ดผักชีป่นที่ไม่ฉายรังสีแสดงผลไม่ถูกต้องเป็น positive แต่เมล็ดผักชีป่นที่ฉายรังสีก็แสดงผลถูกต้องเป็น positive อย่างไรก็ตามทุกตัวอย่างที่สกัดไปตรวจด้วยเทคนิค TL ได้ ให้ผลถูกต้องทั้งหมดทั้งในตัวอย่างที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสี ยกเว้นผงพะโล้ อบเชยป่น และผงใบกระวาน ที่ไม่สามารถสกัด minerals ออกมาได้เนื่องจากในขั้นตอนการสกัดเกิดสภาพคล้าย colloids หรือเป็นเพราะตัวอย่างเหล่านั้นมีสาร minerals อยู่จำนวนน้อยเกินไป เมื่อเป็นเช่นนั้นจึงควรศึกษาวิธีการสกัดที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างเครื่องเทศบางชนิดต่อไปเพื่อการตรวจพิสูจน์ด้วยเทคนิค TL

คำสำคัญ: อาหารฉายรังสี เครื่องเทศ เทคนิคพีเอสแอล เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ที่ 7 ตำบลทรายมูล อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Mu7 Tambon Saimun, Ongkharak, Nakhon Nayok, 26120

คำนำ

อาหารโดยเฉพาะเครื่องเทศ สมุนไพร และเครื่องปรุงรสต่างๆ มักนิยมนำมาฉายรังสีเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน (IAEA, 1992) ก่อนนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานผลิตอาหารหรือเพื่อการค้าขายระหว่างประเทศ สหภาพยุโรปได้ออกกฎหมายให้มีการตรวจพิสูจน์อาหารฉายรังสีที่นำเข้า โดยกำหนดให้มีการแสดงเอกสารการฉายรังสีจากโรงงานฉายรังสีอาหารที่ได้การรับรองการผลิตอย่างถูกต้อง เทคนิค photo-stimulated luminescence (PSL) (EN 13751, 2002) และเทคนิค thermoluminescence (TL) (EN 1788, 2001) เป็นวิธีมาตรฐานของการทดสอบที่กำหนดเพื่อการตรวจพิสูจน์อาหารนำเข้าในสหภาพยุโรป PSL เป็นวิธีการตรวจพิสูจน์เบื้องต้น (screening) ว่าอาหารผ่านการฉายรังสีมาแล้วหรือไม่ ส่วน TL เป็นวิธีตรวจพิสูจน์ยืนยัน (confirmation) ว่าอาหารผ่านการฉายรังสีมาแล้วหรือไม่ สำหรับการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเครื่องมือที่ใช้เทคนิค PSL และ TL กับอาหารที่ฉายรังสีปริมาณหนึ่งและที่ไม่ฉายรังสีว่า ให้ผลการตรวจพิสูจน์ถูกต้องเพียงใด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการให้บริการตรวจพิสูจน์อาหารฉายรังสีต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. บรรจุอาหารจำพวกเครื่องเทศ และเครื่องปรุงรส 11 ชนิด (ดังแสดงใน Table 1) ใส่ถุงพลาสติกชนิดหนา ปิดสนิทถุงละ 50 กรัม แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 2 กิโลเกรย์ ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมาที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) อ.องครักษ์ จ.นครนายก

2. นำอาหารนั้นๆ มาตรวจพิสูจน์คัดกรองเบื้องต้น (screening) ได้ว่าผ่านการฉายรังสีมาแล้วหรือไม่ โดยตรวจวัดสัญญาณด้วยเทคนิค PSL (เครื่อง PPSL ของ SUERC, Scotland, U.K.) ในสัปดาห์เดียวกับที่ฉายรังสีอาหารนั้นๆ ทำการวัดตัวอย่าง ๆ ละ 5 ซ้ำ เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี

เมื่อตรวจวัดอาหารที่ไม่ผ่านการฉายรังสี สัญญาณการตรวจวัดมักให้ผลเป็น negative โดยเครื่องมือตรวจวัดแสดงสัญญาณได้น้อยกว่า 700 counts ต่อ 60 วินาที

เมื่อวัดอาหารที่ผ่านการฉายรังสีแล้ว สัญญาณการตรวจวัดมักให้ผลเป็น positive โดยเครื่องมือตรวจวัดแสดงสัญญาณได้มากกว่า 5000 counts ต่อ 60 วินาที

สัญญาณการตรวจวัดที่ให้ผลเป็น intermediate โดยเครื่องมือตรวจวัดแสดงสัญญาณได้ระหว่าง 700-5000 counts ต่อ 60 วินาที ยังไม่สามารถแน่ใจว่าอาหารที่ตรวจวัดนั้นผ่านการฉายรังสีหรือไม่

3. นำอาหารนั้นๆ มามาสกัดด้วยวิธีของ EU[3] ในสัปดาห์เดียวกับที่ฉายรังสีอาหารนั้นๆ โดยทำการสกัดเอาสาร organics ออกจากตัวอย่างและนำ minerals ที่สกัดได้วางยึดบนแผ่นดิสก์สเตนเลสกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม. หนา 0.5 มม.

ตรวจวัดสัญญาณด้วยเทคนิค thermoluminescence (TL) (เครื่อง Harshow GS 3500)™ โดยใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 70 – 400 องศาเซลเซียส อัตราการให้ความร้อน 6 องศาเซลเซียส/วินาที ผลการวิเคราะห์แสดงเป็นอัตราส่วนของการตรวจวัดสัญญาณ TL ครั้งที่ 1 (T1) และการตรวจวัดสัญญาณ TL ครั้งที่ 2 (T2) หลังจากนำตัวอย่างไปฉายรังสี 1 กิโลเกรย์ ถ้าเป็นตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสีจะแสดงผลของอัตราส่วนสัญญาณ T1:T2 < 0.1 และตัวอย่างที่ฉายรังสีจะแสดงผลของอัตราส่วนสัญญาณ T1:T2 > 0.5 ส่วนอัตราส่วนสัญญาณ TL ที่อยู่ระหว่าง 0.1 – 0.5 ยังต้องมีการตรวจวัดซ้ำในการยืนยันผลอีกครั้ง ทำการวัดตัวอย่างๆ ละ 2 ครั้ง เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

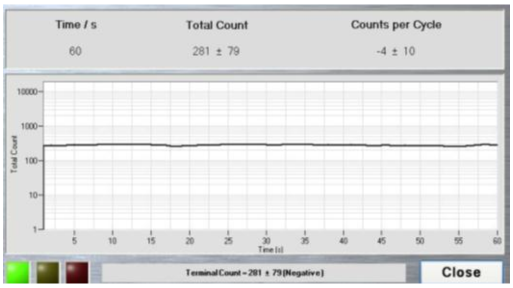
ผลของการตรวจพิสูจน์อาหารจำพวกเครื่องเทศ เครื่องปรุงรส และสมุนไพร 11 ชนิด ได้แก่ กานพลูป่น (ground clove) เมล็ดผักชีป่น (ground coriander) ยี่หร่าป่น (ground caraway) อบเชยป่น (ground cinnamon) เมล็ดคื่นช่ายป่น (celery powder) ผงพะโล้ (chinese five-spices blend) ชะเอมป่น (licorice powder) โป๊ยกั๊กป่น (ground star anise) ผงใบกระวาน (Chinese bay leaves powder) ตะไคร้ป่น (lemon grass powder) และข่าป่น (galangal powder) ที่ผ่านการฉายรังสีและไม่ฉายรังสีโดยการตรวจวัดสัญญาณ ด้วยเทคนิค PSL และ TL ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 1 เครื่องเทศ 8 ชนิดให้ผลการตรวจพิสูจน์เบื้องต้นด้วยเทคนิค PSL ถูกต้องว่าไม่ผ่านการฉายรังสีและฉายรังสีแล้ว คือได้ผลเป็น negative และ positive ตามลำดับ มีเครื่องเทศ 2 ชนิด ได้แก่ผงพะโล้ (Chinese five-spices blend) และชะเอมป่น (licorice powder) ที่ไม่ผ่านการฉายรังสีให้ผลของเทคนิค PSL เป็น intermediate แต่ตัวอย่างที่ฉายรังสีให้ผลถูกต้องเป็น positive มีเครื่องเทศชนิดเดียวคือเมล็ดผักชีป่น (ground coriander) ทั้งที่ไม่ผ่านการฉายรังสีและฉายรังสีให้ผลของเทคนิค

PSL เป็น positive อย่างไรก็ตาม ชะเอมป่นและเมล็ดผักชีป่นทั้งที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสี ให้ผลการตรวจพิสูจน์ด้วยเทคนิค TL อย่างถูกต้อง ส่วนผงพะโล้ (Chinese five-spices blend) อบเชยป่น (ground cinnamon) และผงใบกระวาน (Chinese bay leaves powder) ยังไม่สามารถสกัดตัวอย่างเพื่อการตรวจพิสูจน์ด้วยเทคนิค TL ได้ เนื่องจากตัวอย่างมีสภาพคล้าย colloid เหนียวเล็กน้อยจนไม่สามารถสกัด minerals ที่ต้องการออกมาได้ หรือในตัวอย่างอาจมี minerals น้อยมากจนไม่สามารถสกัดได้

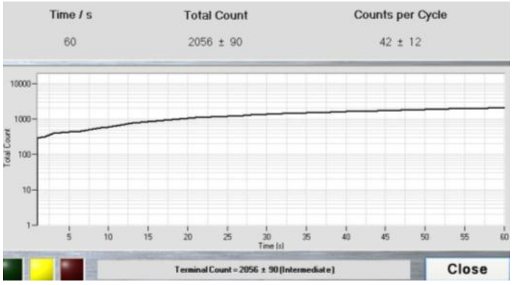
Table 1 PSL and TL signals of 11 kinds of non-irradiated and irradiated spices and seasonings

Foods	Irradiation Dose (kGy)	PSL signals	TL readings (T1/T2 ratio)
1. Ground clove (กานพลูป่น)	0	negative	< 0.1
	2	positive	>0.5
2. Ground coriander (เมล็ดผักชีป่น)	0	positive	< 0.1
	2	positive	>0.5
3. Ground caraway (ยี่หร่าป่น)	0	negative	< 0.1
	2	positive	>0.5
4. Ground cinnamon (อบเชยป่น)	0	negative	*Not done
	2	positive	*Not done
5. Celery powder (เมล็ดขึ้นฉ่ายป่น)	0	negative	< 0.1
	2	positive	>0.5
6. Chinese five-spices blend (ผงพะโล้)	0	Intermediate	*Not done
	2	positive	*Not done
7. Licorice powder (ชะเอมป่น)	0	Intermediate	< 0.1
	2	positive	>0.5
8. Ground star anise (โป๊ยกั๊กป่น)	0	negative	< 0.1
	2	positive	>0.5
9. Chinese bay leaves powder (ใบกระวานป่น)	0	negative	*Not done
	2	positive	*Not done
10. Lemon grass powder (ตะไคร้ป่น)	0	negative	< 0.1
	2	positive	>0.5
11. Galangal powder (ข่าป่น)	0	negative	< 0.1
	2	positive	>0.5

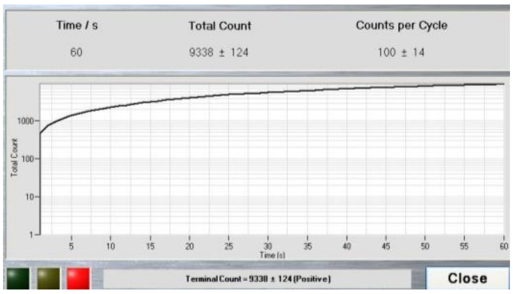
*Not done = minerals could not be isolated



a) PSL-negative signal; green box active

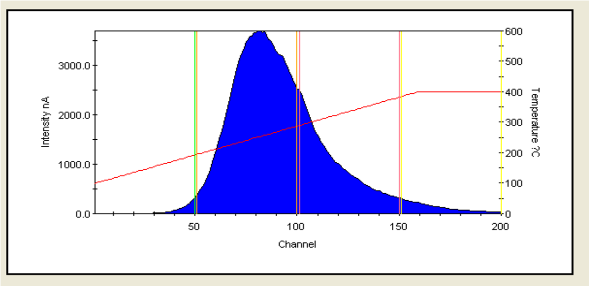


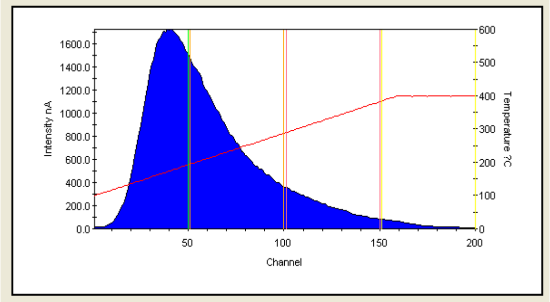
b) PSL-Intermediate signal; yellow box active



c) PSL-positive signal; red box active

TL1 Reading 58.80 microcounts before 1 kGy irradiation





TL2 Reading 30.60 microcounts after1 kGy irradiation

d) Example of TL signal calculation from irradiated caraway

TL1/TL2 = 58.80/30.60 = 1.92

Figure 1 PSL signals of non-irradiated and irradiated foods (a,b,c) and example of TL signals of irradiated food (d)

สรุปผล

การใช้เทคนิค PSL ในการตรวจพิสูจน์อาหารฉายรังสีเบื้องต้น มีความถูกต้องน่าเชื่อถือในเครื่องเทศ เครื่องปรุงรสหลายประเภท แต่การตรวจพิสูจน์ในตัวอย่างไม่ฉายรังสี ยังให้ผลไม่ถึงร้อยเปอร์เซนต์ บางตัวอย่างที่ไม่ฉายรังสียังแสดงผลไม่แน่ชัด คือแสดงเป็น intermediate แต่ทั้งนี้การตรวจพิสูจน์ยืนยันด้วยเทคนิค TL ยังให้ผลที่ถูกต้องว่าอาหารผ่านการฉายรังสีมาแล้วหรือไม่ แต่ถึงกระนั้นการตรวจยืนยันด้วยเทคนิค TL จะไม่สามารถกระทำได้ถ้าไม่สามารถสกัดสาร minerals จากเครื่องเทศหรือเครื่องปรุงรสบางชนิดได้ จึงเห็นว่าควรหาวิธีสกัดที่เหมาะสมต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณนายอรรถโกวิท สงวนสัตย์ และเจ้าหน้าที่ สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง TL และนางสาววีรนันท์ แตงทอง เจ้าหน้าที่สทน. ที่ช่วยในการฉายรังสีแกมมา

เอกสารอ้างอิง

IAEA, 1992, Irradiation of Spices, Herbs and Other Vegetable Seasonings, IAEA-TECDOC-639, IAEA, Vienna.

EN 13751, 2002, Foodstuffs - Detection of Irradiated Food Using Photo-stimulated Luminescence.

EN 1788, 2001, Foodstuffs – Thermoluminescence Detection of Irradiated Food from which Silicate Minerals Can Be Isolated.

การทำให้บริสุทธิ์และลักษณะเฉพาะของบริเวณเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ปาเปน โดยการศึกษาโมเลคิวลาร์ ด๊อกกิ้ง

Purification and Characterization of Catalytic Sites of Papain by Molecular Docking Studies

สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] **รัชนี ไสยประจง**[1] **และ กนก รัตนะกนกชัย**[2]
Pinitglang, S.[1], Saiprajong, R.[1] and Ratanakhanokchai, K.[2]

Abstract

The aim of this research was to investigate the understanding of the insight into structural, functional characteristics and electrostatic effects of the catalytic sites of papain. Papain was isolated by ammonium sulphate precipitation and purified by cation-exchange chromatography. However, the final using covalent chromatography by thiol-disulphide interchange and papain 1,000 mg proteins were obtained from 1 kg papaya latex. The purified enzymes showed specific activity of 12,000 CDU/mg. Application of this enzyme was investigated the effect on enzymatic hydrolysis of isolated soy protein. Molecular mass spectra of ultramembrane molecular weight cut off 3 kDa soy peptides penetrate were determined by MALDI- TOF Mass Spectrometry. The molecular mass spectra of amino acid and soy peptides were observed to be in the range of 61.177-862.628 Dalton. Three-dimensional structure models of interactions in a papain-*N*-Ac-L-Phe-Gly-*p*-nitroanilide, papain-*N*-Ac-L-Phe-Phe-*p*-nitroanilide, papain-*N*-Ac-L-Phe-Arg-*p*-nitroanilde and papain-*N*-Ac-L-Phe-Leu -*p*-nitroanilde adsorptive complex were studied by molecular docking using AutoDock program. The catalytic dyad of papain presented to the Cys25 and His159. The amino acids of papain involved for binding with hydrogen bonds and hydrophobic interactions located with 5Å of catalytic dyad such as Gln19, Gly20, Asn64, Gly65-66, Tyr67, Val133, Val137, Ala136-137, Gln142, His183, Asp158, Ala160 and Trp177.

Keywords: papain, covalent chromatography, soy peptide, molecular docking

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความเข้าใจโครงสร้าง ลักษณะเฉพาะหน้าที่ และผลของแรงดึงดูดที่มีประจุของบริเวณเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ปาเปน เอนไซม์ปาเปนตกตะกอนโปรตีนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต และทำให้บริสุทธิ์ด้วยโครมาโตกราฟีชนิดแลกเปลี่ยนประจุบวก ขั้นตอนสุดท้ายใช้วิธีโควาเลนท์โครมาโตกราฟี โดยการแลกเปลี่ยนหมู่ไธออลและน้ำยางปาเปน จำนวนปริมาตร 1 กิโลกรัมสามารถแยกเอนไซม์ปาเปนบริสุทธิ์ 1,000 มิลลิกรัม มีค่าแอกติวิตีจำเพาะเท่ากับ 12,000 CDU/มิลลิกรัม ได้มีการนำเอนไซม์ปาเปนมาประยุกต์ใช้ในการไฮโดรไลซิสโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และตรวจสอบน้ำหนักโมเลกุลด้วยวิธี MALDI-TOF Mass Spectrometry จากผลการวิเคราะห์โดยการนำสารละลายเพปไทด์มาผ่าน Ultramembrane ที่มี molecular weight cut off 3 กิโลดาลตัน พบว่ามีกรดอะมิโนและเพปไทด์จากถั่วเหลืองมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 61.177- 826.628 ดาลตัน ทำการศึกษาแบบจำลองโครงสร้างสามมิติของการทำปฏิกิริยาเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเอนไซม์ปาเปน-*N*-Ac-L-Phe-Gly-*p*-nitroanilide, เอนไซม์ปาเปน-*N*-Ac-L-Phe-Phe-*p*-nitroanilide, เอนไซม์ปาเปน-*N*-Ac-L-Phe-Arg-*p*-nitroanilide และ เอนไซม์ปาเปน-*N*-Ac-L-Phe-Leu-*p*-nitroanilide โดยวิธีโมเลคิวลาร์ ด๊อกกิ้งด้วยโปรแกรม AutoDock บริเวณเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ปาเปน 2 ตำแหน่งคือ Cys25 และ His159 บริเวณ 5Å บริเวณจับของเอนไซม์ปาเปนกรดอะมิโนเกิดพันธะไฮโดรเจนและแรงยึดเหนี่ยวไฮโดรโฟบิค และพบกรดอะมิโนบริเวณเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ Gln19, Gly20, Asn64, Gly65-66, Tyr67, Val133, Val137, Ala136-137, Gln142, His183, Asp158, Ala160 และ Trp177

คำสำคัญ: ปาเปน โควาเลนท์โครมาโตกราฟี เพปไทด์ถั่วเหลือง โมเลคิวลาร์ ด๊อกกิ้ง

[1] **สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400**
[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok,10400
[2] **สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150**
[2] Department of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

คำนำ

เอนไซม์ปาเปน (EC 3.4.22.2) เป็นเอนไซม์ที่ผลิตมาจากยางของมะละกอประกอบไปด้วยกรดอะมิโนทั้งหมด 212 กรดอะมิโน โครงสร้าง 3 มิติของเอนไซม์ปาเปนประกอบไปด้วย 2 domain โดย L-domain ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนลำดับที่ 12-112 และกรดอะมิโนลำดับที่ 208-212 ส่วน R-domain ประกอบไปด้วยมีกรดอะมิโนลำดับที่ 1-11 และ 113-207 กรดอะมิโนที่บริเวณเร่งปฏิกิริยาคือตำแหน่ง Cys25 และ His158 บริเวณเร่งปฏิกิริยา (active site) ของเอนไซม์โปรติเนส มี 2 บริเวณที่สำคัญได้แก่ บริเวณยึดจับ (binding site) และบริเวณย่อยสลาย (catalytic site) ส่วนแรกที่ทำอันตรกิริยากับซับสเตรต คือ บริเวณยึดจับโดยซับสเตรตถูกกรดอะมิโนที่อยู่ในบริเวณนี้ยึดจับด้วยพันธะทางเคมีต่างๆ เช่น electrostatic interaction, ionic bond, hydrogen bond, hydrophilic bond และ hydrophobic bond เป็นต้นเมื่อการยึดจับซับสเตรตอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมแล้ว กรดอะมิโนที่ทำหน้าที่เป็น catalytic ที่อยู่ในบริเวณ catalytic site จึงเริ่มทำการตัดพันธะเพปไทด์ของซับสเตรต ตำแหน่งและขนาดของ subsite ของเอนไซม์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เอนไซม์ปาเปน มีลักษณะของ S_2 subsite เป็น hydrophobic pocket โดยในบริเวณ S_2 subsite มีกรดอะมิโนชนิด hydrophobic หลายชนิด เช่น ไทโรซีน, ทริปโตเฟน, ฟีนิลอะลานีน และวาลีน ซึ่งกรดอะมิโนเหล่านี้ทำให้เกิดแรง hydrophobic กับอะตอมที่เป็น hydrophobic atom หรือ non-polar atom ของซับสเตรตได้ดี การวิเคราะห์ลักษณะของ subsite ตำแหน่งต่างๆของเอนไซม์ โดยใช้วิธีการวัดค่าจลนพลศาสตร์ ที่ได้จากการย่อยสลายซับสเตรตที่ทำการสังเคราะห์ขึ้นมาในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถใช้ซับสเตรตในการทดลองได้หลายกลุ่ม อาทิ กลุ่มเอสเทอร์ เช่น N-acetylphenlyalanylglycine methyl thionoester และ Z-lys-4-nitrophenyl ester (Brocklehurst และคณะ, 1981) กลุ่มไดซัลไฟด์ เช่น 2-(*N*-acetyl-L-phenylalanylamino)ethyl-2-pyridyl-disulphide (Brocklehurst และคณะ, 1983) และ 2-*N*-acetyl-D-phenylalanyl-hydroxyethyl-2-pyridyl-disulphide (Patel และคณะ, 1992) และกลุ่มที่เป็นอนุพันธ์ของพาราไนโตรอะนิไลด์ เช่น *N*-acetyl-L-phenylalanyl-glycine-*p*-nitroanilide และ*N*-α-benzoyl-L-arginine-4-nitroanilide (Pinitglang และคณะ, 1997) เป็นต้น ตำแหน่งกรดอะมิโน 1 ชนิดบนโครงสร้างของซับสเตรต แทนตำแหน่ง P จำนวน 1 ลำดับ และสังเคราะห์ปรับเปลี่ยนตำแหน่ง P_1 ของซับสเตรตเป็นกรดอะมิโนชนิดต่างๆ การนำเทคนิคโมเลคิวลาร์ ด๊อกกิ้ง มาศึกษาอันตรกิริยาระหว่าง โมเลกุลของเอนไซม์กับซับสเตรตหรือเอนไซม์กับตัวยับยั้งเป็นต้นเป็นที่นิยมและยอมรับในผลการทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแยกเอนไซม์ปาเปนให้บริสุทธิ์และการตรวจวัดแอกติวิตี

สามารถทำได้โดยการนำยางมะละกอมาตกตะกอนด้วยเกลือแอมโมเนียม ซัลเฟตอิ่มตัว 80% เก็บตะกอนโปรตีนที่ได้มาทำการแยกเกลือออกโดยการทำไดอะไลซีสและนำโปรตีนที่ได้มาผ่านกระบวนการโครมาโทกราฟีแบบแลกเปลี่ยนประจุบวกและใช้เกลือโซเดียม คลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 M -1.0 M ทำแกร์เดียนแบบเส้นตรงในการชะเอนไซม์ปาเปนออกจากคอลัมน์ หลังจากนั้นนำเอนไซม์ปาเปนที่แยกได้มาผ่านโควาเลนท์ โครมาโตรกราฟีโดยใช้ Thiopropyl Gel Sepharose 6B เป็นคอลัมน์เพื่อแยกเอาเอนไซม์ปาเปนที่สูญเสียศักยภาพในการเร่งปฏิกิริยาออกไปและตรวจวัดแอกติวิตีด้วยวิธี Casein Digestion Unit ต่อไป

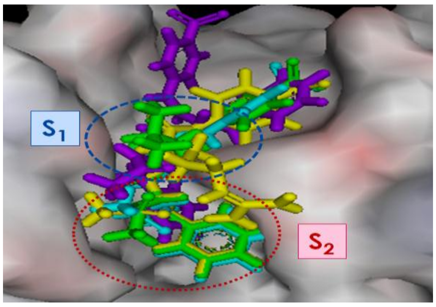
2. การทำโมเลคิวลาร์ ด๊อกกิ้งเอนไซม์ปาเปนและซับสเตรตโดยใช้โปรแกรม AutoDock

การศึกษาบริเวณเร่งปฏิกิริยาที่ตำแหน่ง S_1 subsite ของเอนไซม์ปาเปน โดยเปรียบเทียบความจำเพาะบริเวณตำแหน่ง P_1 subsite ของซับสเตรต ที่เป็นอนุพันธ์ของพาราไนโตรอะนิไลด์ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ *N*-Ac-L-Phe-Arg-*p*-nitroanilide, *N*-Ac-L-Phe-Gly-*p*-nitroanilide, *N*-Ac-L-Phe-Leu-*p*-nitroanilide และ *N* -Ac-L-Phe-Phe-*p*-nitroanilide ดำเนินการกำหนดค่าของซับสเตรตที่เป็นอนุพันธ์ของพาราไนโตรอะนิไลด์ที่ P_2 เป็นกรดอะมิโน Phe ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเอนไซม์ปาเปนและทำการปรับเปลี่ยนบริเวณ P_1 เป็นกรดอะมิโน 4 ชนิด วิธีการทำโมเลคิวลาร์ ด๊อกกิ้งทำได้โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเอนไซม์ปาเปนโดยการ Download ข้อมูลโครงสร้าง 3 มิติของเอนไซม์ปาเปนรหัส PDB 9PAP ที่ได้จากวิธีการ X-ray crystallography เปิดโครงสร้างของเอนไซม์ที่ได้จากด้วยโปรแกรม AutoDockTool จากนั้นคำนวณประจุของอะตอมด้วย Kollman-United atomic charges และบันทึกไฟล์โดยใช้นามสกุล .pdbq เติมตัวทำละลายเข้าไปในโมเลกุลของเอนไซม์และดำเนินการบันทึกไฟล์โดยใช้นามสกุล .pdbqs การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของซับสเตรตที่เป็นอนุพันธ์ของพาราไนโตรอะนิไลด์ที่ P_1 โดยการนำโครงสร้างของซับสเตรตที่ได้มาทำการ minimization โครงสร้างของซับสเตรตให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสมด้วย Discover module ในโปรแกรม InsightII โดยคำนวณด้วยวิธี conjugate gradient จำนวน 100

ครั้ง บันทึกโครงสร้างสุดท้ายหลังจาก minimization เป็นไฟล์นามสกุล .pdb เปิดโครงสร้างของซับสเตรตที่ได้ด้วยโปรแกรม AutoDockTool จากนั้นทำการคำนวณประจุของอะตอมด้วย Gasteiger การกำหนดค่า grid parameter และ docking parameter หลังจากกำหนดค่าของเอนไซม์ปาเปนและซับสเตรตทั้ง 4ชนิดแล้วจึงนำไฟล์ทั้งหมดมาคำนวณ grid energy map และ docking energy ซึ่งต้องสร้าง grid parameter และ docking parameter ขึ้นก่อนการคำนวณ ทำการสร้าง grid box เพื่อใช้ในการคำนวณ grid energy map ให้ครอบคลุมบริเวณเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยขนาดของ grid box เท่ากับ 60x60x60 Å ซึ่งชนิดของอะตอมที่นำมาทำการคำนวณ grid energy map ได้แก่อะตอมคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจนและคำนวณ grid energy map และ docking energy ด้วยโปรแกรม AutoDock และโปรแกรมจะทำการจัดโครงสร้างของซับสเตรตที่อยู่ในลักษณะเดียวกันให้อยู่ในกลุ่ม (Cluster) เดียวกันโดยใช้ค่าทางสถิติ (RMSD) เป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่ม ให้ทำการเลือกโครงสร้างที่มีพลังงาน (docking energy) ต่ำที่สุดไปศึกษาลักษณะของโครงสร้างและลักษณะการจัดเรียงตัวในบริเวณเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ (orientation) ด้วยโปรแกรม Insight II

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการทำโมเลคิวลาร์ โมเดลลิ้งระหว่างเอนไซม์ปาเปน กับซับสเตรตที่เป็นอนุพันธ์ของพาราไนโตรอะนิไลด์โดยให้ตำแหน่ง P_2 เป็นกรดอะมิโนฟีนิลอะลานินและเปลี่ยนตำแหน่ง P_1 เป็นกรดอะมิโนอีก 4 ชนิด (Figure 1) ด้วยโปรแกรม AutoDock version 4.0 และ Autodock Tool (Moriss และคณะ, 1998) จากผลที่ได้จากการทำ โมเลคิวลาร์ ด๊อกกิ้ง ค่าที่ได้จะได้ค่าพลังงานที่ต่ำที่สุดในการที่เอนไซม์ปาเปนเกิดอันตรกิริยากับซับสเตรต รวมไปถึงค่าพลังงานที่เกิดขึ้นภายในโมเลกุลทั้ง 2 และค่า k_i ในนัยนี้จะใช้ค่า k_i เพื่อบอกความสามารถในการยึดจับกันระหว่างเอนไซม์ปาเปน และซับสเตรต จากงานวิจัยได้ทำการศึกษาบริเวณเร่งปฏิกิริยาที่ตำแหน่ง S_1 subsite ของเอนไซม์ปาเปน โดยเปรียบเทียบความจำเพาะบริเวณ ตำแหน่ง S_1 subsite ของซับสเตรต ที่เป็นอนุพันธ์ของพาราไนโตรอะนิไลด์ ได้แก่ *N*-Ac-L-Phe-Arg-*p*-nitroanilide, *N*-Ac-L-Phe-Gly-*p*-nitroanilide, *N*-Ac-L-Phe-Leu-*p*-nitroanilide และ *N* -Ac-L-Phe-Phe-*p*-nitroanile (Figure 2) สามารถอธิบายได้จากผลของโมเลคิวลาร์ ด๊อกกิ้ง พบว่าผลการทดลองที่ได้จากการด๊อกกิ้ง ของซับสเตรต *N*-Ac-L-Phe-Arg-*p*-nitroanilide, *N*-Ac-L-Phe-Gly-*p*-nitroanilide, *N*-Ac-L-Phe-Leu-*p*-nitroanilide และ *N* -Ac-L-Phe-Phe-*p*-nitroanile มีค่า k_i เท่ากับ 116.65 µM, 1.53 mM, 20.23 µM และ 295.86 µM ตามลำดับโดยมีรายระเอียดของกรดอะมิโนที่เกิดพันธะไฮโดรเจนและ Hydrophobic interactions ที่ 3.5 และ 4.0 Å ตามลำดับ ทั้งนี้ที่บริเวณ S_1 subsite ของเอนไซม์ปาเปนมีกรดอะมิโนแอสพาราจีน 64 ไกลซีน 66 กลูตามีน 164 และ กรดแอสพาติก ที่ 158 มีความสำคัญกับการเกิดพันธะไฮรโดรเจนกับซับสเตรตที่เป็นอนุพันธ์ของพาราไนโตรอะนิไลด์ เนื่องจากซับสเตรตทุกตัวจะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับเอนไซม์ปาเปนตรงบริเวณนี้



A

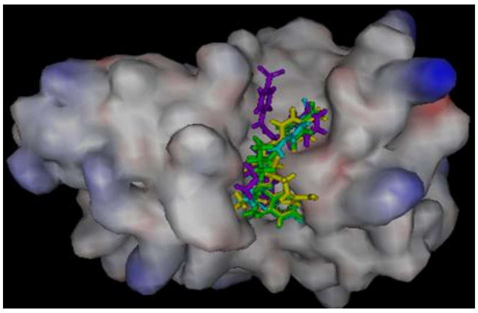

B

Figure 1 A. Superimposed of four sustrates, N-Ac-L-Phe-Arg-*p*-nitroanilide (yellow), N-Ac-L-Phe-Gly-*p*-nitroanilide (blue), N-Ac-L-Phe-Leu-*p*-nitroanilide (green) and N-Ac-L-Phe-Phe-*p*-nitroanilide (magenta) in the binding site of papain. The binding site was divided into 2 part, S1 and S2 subsite. These parts were shown with dashed circle. B. The structure of papain was shown in electrostatic surface by representing of these four substrates molecules with stick.

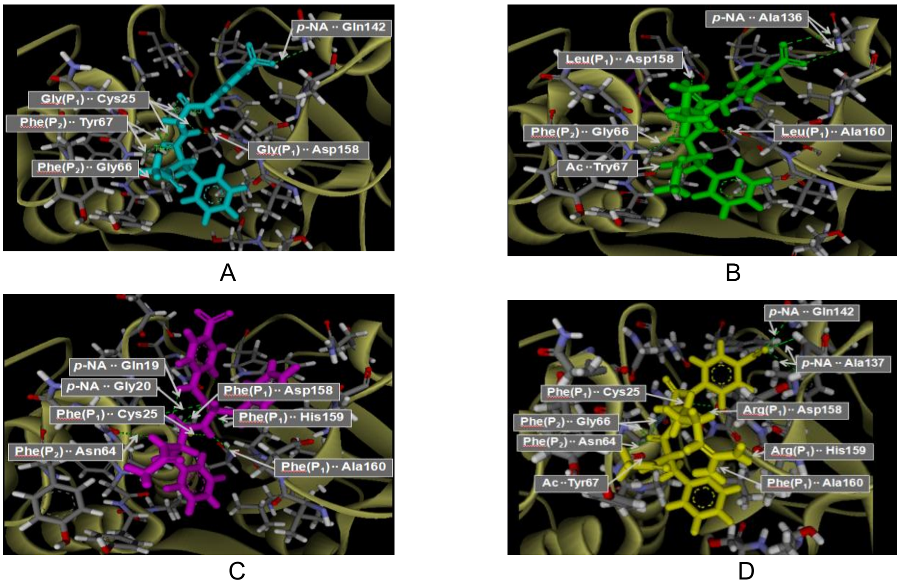


Figure 2 The postulated model of interactions of hydrogen bonds in a papain-sustrate adsoptive complex produced from molecular docking studies on enzyme-substrate analogues A. N-Ac-L-Phe-Gly-*p*-nitroanilide B. N-Ac-L-Phe-Leu-*p*-nitroanilide C. N-Ac-L-Phe-Phe-*p*-nitroanilide and D. N-Ac-L-Phe-Arg-*p*-nitroanilide.

สรุปผล

เอนไซม์ปาเปนที่แยกให้บริสุทธิ์โดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบแลกเปลี่ยนประจุบวกและโควาเลนท์ โครมาโตกราฟี ตรวจวัดแอกติวิตีมีค่าเท่ากับ 12,000 CDU/มิลลิกรัม จากผลการวิเคราะห์ในการทำโมเลคิวลาร์ ด๊อกกิ้งระหว่างเอนไซม์ปาเปนและซับสเตรตอนุพันธ์ของพาราไนโตรอะนิไลด์ทั้ง 4 ชนิดบริเวณ S_1 subsite ของเอนไซม์ปาเปน มีกรดอะมิโนแอสพาราจีน 64 ไกลซีน 20, 66 ไทโรซีน 67 กลูตามีน 19, 142 อะลานีน 137, 160 และกรดแอสพาติก ที่ 158 มีความสำคัญกับการเกิดพันธะไฮโดรเจนของเอนไซม์กับซับสเตรต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีงบประมาณ 2554-2555

เอกสารอ้างอิง

Brocklehurst, K., Baines, B.S. and Malthous, J.P.G., 1981, Differences in the Interaction of the Catalytic Group of the Active Centres of Actinidin and Papain, Biochemical Journal, 197: 739-746.

Brocklehurst, K., Willenbrock, S.J.F. and Salih, E., 1983, Effects of Conformational Selectivity and Overlapping Kinetically Influential Ionization on the Characteristic of pH-dependence Enzyme Kinetics Implication of Free Enzyme pKa Variability in Reactions of Papain for Its Catalytic Mechanism, Biochemical Journal, 211: 701-708.

Moriss, G.M., Goodsell, D.S., Halliday, R.S., Hart, W.E., Belew, R.K. and Olson, A.J., 1998, Automated Docking Using a Lamarckian Genetic Algorithm and Empirical Binding Free Energy Function, Journal of Computational Chemistry, 19: 1639-1662.

Patel, M., Kayani, I.S., Templeton, W., Mellor, G.W., Thomas, E.W. and Brocklehust, K., 1992, Evaluation of Hydrogen-bonding and Enantiomeric P_2-S_2 Hydrophobic Constacts in Dynamic Aspects of Milecular Recognition by Papain, Biochemical Journal, 287: 881-889.

Pinitglang, S., Watts, A.B., Patel, M., Reid, J.D., Noble, M.A., Gul, S., Bokth, A., Naeem, A., Patel, H., Thomas, E.W., Sreedharan, S.K., Verma, C. and Brocklehurst, K., 1997, A Classical Enzyme Active Center Motif Lacks Catalytic Compectence Until Modulated Electrostatically, Biochemistry, 36: 9968-9982.

การทำให้บริสุทธิ์บางส่วนของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสจากมะม่วงน้ำดอกไม้

Partial Purification of α-Amylase from Namdogmai Mango (*Mangifera indica* L.)

พรชัย เหลืองบริสุทธิ์[1] ภัชรี สิทธิกิจโยธิน[1] รัชนี ไสยประจง[1] และ สุรพงษ์ พินิจกลาง[1]

Luangborisut, P.[1], Sittikityotin, P.[1], Saiprajong, R.[1] and Pinitglang, S.[1]

Abstract

The amylase family of enzyme is of great significance do to its wide area of potential application. The objective of this research was to study the partial purification of α-amylase from Thai fruit Namdogmai mango (*Mangifera indica* L). Crude enzyme was isolated by 95% ethanol solution precipitation. The enzyme fraction from precipitation was loaded onto a α -cyclodextrin Sepharose 6B affinity column. α -Amylase was eluted by 0.1 M KCl-HCl buffer pH 2.0. α -Amylase solution was concentrated by Ultramembrane filtration molecular weight cut off 3 kDa. The enzyme was purified 6.89 fold to homogeneity with an overall recovery of 10% and specific activity of 125 U/mg. The protein bands showed a molecular weight in the range of 10.5-14, 22-29 and 30-35 kDa by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE). The protein bands corresponding to the α -amylase shown in the SDS-PAGE analysis were subsequently confirmed in mass spectra analysis and are in the process of being identified by MALDI-TOF Mass Spectrometry.

Keywords: α-amylase, affinity chromatography, α-cyclodextrin, mango

บทคัดย่อ

กลุ่มของเอนไซม์อะไมเลสมีความสำคัญอย่างยิ่งอย่างกว้างขวางต่อการประยุกต์ใช้ที่มีศักยภาพ งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำให้บริสุทธิ์บางส่วนของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส จากมะม่วงน้ำดอกไม้ (Namdogmai mango, *Mangifera indica* L.) เอนไซม์สกัดอย่างหยาบถูกแยกออกโดยวิธีทำให้ตกตะกอนกับสารละลายเอทานอลร้อยละ 95 นำเอนไซม์ส่วนที่ได้จากการตกตะกอนนี้ผ่านคอลัมน์ α-cyclodextrin Sepharose 6B โดยใช้สารละลาย KCl-HCl บัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 2.0 เป็นตัวชะเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ปรับสารละลายเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสให้มีความเข้มข้นขึ้นโดยการกรองผ่านอัลตร้าเมมเบรนที่มีการคัดกรองน้ำหนักโมเลกุล 3 กิโลดาลตัน เอนไซม์ที่ได้มีความบริสุทธิ์ 6.89 เท่าคิดเป็นร้อยละ 10 ค่าแอกติวิตีเฉพาะของเอนไซม์เท่ากับ 125 ยูนิตต่อมิลลิกรัม จากผลการทดลอง SDS-PAGE แถบโปรตีนบนเจลมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงระหว่าง 10.5-14, 22-29 และ 30-35 กิโลดาลตัน แถบโปรตีนที่เป็นเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่ได้จากผลการวิเคราะห์ SDS-PAGE กำลังอยู่ในระหว่างการยืนยันน้ำหนักโมเลกุลโดยวิธี MALDI -TOF Mass Spectrometry

คำสำคัญ: แอลฟาอะไมเลส แอฟฟินิตี้โครมาโตกราฟี แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน มะม่วง

คำนำ

แอลฟาอะไมเลสเป็นเอนไซม์ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยแป้ง (starch) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลมากให้ได้ผลผลิตที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยลง เช่น กลูโคส มอลโทส และมอลโทไตรโอส (Gupta และคณะ, 2003) เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสเป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญมากในเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรม การใช้เอนไซม์นี้ในอุตสาหกรรมมีทั้งหมดประมาณร้อยละ 25 (Rajagopalan และ Krishnan, 2008) ในพืช สัตว์ และแบคทีเรีย (microorganism) รวมถึงพวกเห็ด รา สามารถผลิตเอนไซม์ชนิดนี้ได้ โดยเฉพาะมีการประยุกต์ใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่ได้จากพวกแบคทีเรียและรา เป็นจำนวนมากในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมกระดาษ สารทำความสะอาด อุตสาหกรรมทอผ้า และอุตสาหกรรมการผลิตยาต่างๆ เป็นต้น

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce 126/1 Vibhavadee Rangsit Road, Dindaeng Bangkok 10400

การผลิตเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสบริสุทธิ์จากพืชโดยเฉพาะใน มะม่วงน้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* L) ไม่ค่อยมีการวิจัยมากนักในเชิงพาณิชย์ ถึงกระนั้นก็ตาม ประเทศไทยเรามีผลไม้เมืองร้อนอยู่มากเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่นำรายได้เข้าประเทศ ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการวิจัยคัดเลือกเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสให้บริสุทธิ์ได้ อีกทั้งยังเป็นการศึกษาวิจัยต่อยอดหาองค์ความรู้ใหม่ในการผลิตเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสจากผลไม้ ให้บริสุทธิ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

แหล่งของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการสกัดแยกเอนไซม์ได้จากตัวอย่าง มะม่วงน้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* L) โดยใช้ส่วนเนื้อที่กินได้ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองจะซื้อจากตลาดสด หรือ ซุปเปอร์มาเก็ต และแหล่งอื่นๆ

การเตรียมเอนไซม์สกัดอย่างหยาบ

ทำการคัดแยกเอนไซม์แอลฟาอะมัยเลสจากผลไม้โดยนำตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้สุกบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้กรองเอากากทิ้งด้วยผ้าขาวบางจะได้ส่วนที่เป็นเอนไซม์สกัดอย่างหยาบ หรือ crude enzyme จากนั้นนำ crude enzyme มาสกัดด้วยสารละลายเอทานอลร้อยละ 95 ในอัตราส่วน 1:3 โดยกวนให้เข้ากันเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงความเร็ว 6,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำตะกอนที่ได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

การแยกเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสโดยวิธี affinity chromatography

การเตรียม Epoxy activated sepharose 6B

นำสาร Epoxy activated sepharose 6B จำนวน 15 กรัม มาทำให้อิ่มตัวโดยแช่ในน้ำกลั่นและล้างหลายๆครั้ง ประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นเตรียม Coupling ลิแกนด์ โดยใช้สาร α-cyclodextrin จำนวน 25 กรัม ความเข้มข้น 200 ไมโครโมล มาผสมกับน้ำกลั่น โดยปรับความเป็นกรด-เบส ให้อยู่ในช่วง 9.0-13.0 นำลิแกนด์กับมีเดียมผสมเข้าด้วยกันใน stoppered vessel เขย่าเบาๆในอ่างน้ำประมาณ 16 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 20-40 องศาเซลเซียส ล้างลิแกนด์ส่วนเกินออกโดยใช้สารละลาย coupling บัฟเฟอร์ ปริมาตร 400 มิลลิลิตร แล้วทำการ Blocking โดยนำมารวมกับสารละลาย ethanolamine ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ความเป็นกรด-เบส 8.0 อย่างน้อย 4 ชั่วโมง หรือข้ามคืนที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส ต่อจากนี้ทำการล้างอย่างน้อย 3 ครั้ง ด้วยการล้างสลับค่าพีเอช ก่อนนำไปเทลงในคอลัมน์ขนาด 30 x 1.5 เซ็นติเมตร และ equilibrate ด้วยสารละลาย sodium acetate บัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ความเป็นกรด-เบส 5.5 นำเอนไซม์สกัดอย่างหยาบ ความเข้มข้น 10^{-3} กรัมต่อมิลลิลิตร จำนวน 30 มิลลิลิตร ใส่ลงในคอลัมน์ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที แล้วชะคอลัมน์ด้วยสารละลาย sodium acetate บัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 5.5 จนกระทั่งไม่มีโปรตีนถูกชะออกมา จากนั้นชะคอลัมน์ด้วยสารละลาย KCl-HCl บัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 2.0 เก็บสารที่ถูกชะออกมาในหลอดๆละ 10 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร

การตรวจสอบความบริสุทธิ์ด้วย SDS-PAGE (Laemmli, 1970)

ประกอบชุดเจลอิเล็กโตรโฟรีซีส เปิดกระแสไฟฟ้าที่ 160 โวลต์ นำตัวอย่างโปรตีนที่ต้องการทดสอบความบริสุทธิ์และหาน้ำหนักโมเลกุลมาต้มในอ่างน้ำเดือด ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ทิ้งให้เย็นลงแล้วแบ่งมา 28 ไมโครลิตรผสมกับสีย้อม bromophenol blue ปริมาณ 7 ไมโครลิตร เติมลงในช่องว่างสำหรับใส่ตัวอย่างโปรตีนบริเวณส่วนบนของ stacking gel โดยทำพร้อมกับโปรตีนมาตรฐานที่ทราบน้ำหนักโมเลกุล ปล่อยให้ตัวอย่างโปรตีนเคลื่อนที่ไปภายในเจล จนเห็นสีของ bromophenol blue เคลื่อนที่ลงไปจนสุดขอบล่างของเจล นำเจลและแม่พิมพ์ออกจากชุดทดสอบ นำเจลที่ได้ไป Fix ด้วย fixing solution ประมาณ 30 นาที แล้วย้อมด้วยสีย้อม Coomassie Billiant Blue R-250 นานประมาณ 10 นาที ล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำแล้วแช่เจลต่อใน Destaining solution ทำ 2-3 ครั้งๆละประมาณ 10 นาที จนกระทั่งส่วนที่เป็น background ใส

การตรวจสอบปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry (1951)

นำสารตัวอย่างปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสมระหว่างโซเดียมคาร์บอนเนต ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และคอปเปอร์ซัลเฟต 0.5 กรัม ในสารละลายโพแทสเซียม โซเดียมตราเตรท ร้อยละ 1 ในอัตราส่วน 50:1 ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติม Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร โดยใช้ bovine serum albumin (BSA) เป็นโปรตีนมาตรฐาน

การตรวจสอบแอกติวิตีของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Megazyme, 2006)

เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีความเป็นกรด-เบส 5.4 โดยนำ Malic acid จำนวน 134.1 กรัม และ Sodium hydroxide จำนวน 70 กรัมผสมให้เข้ากันโดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายให้ได้ปริมาตร 800 มิลลิลิตร รอให้อุณหภูมิของสารละลายลดลงที่อุณหภูมิห้องก่อนผสม calcium chloride·$2H_2O$ จำนวน 5.9 กรัม ลงไปและปรับค่าความเป็นกรด-เบส ให้ได้ 5.4 ต่อจากนั้นผสม sodium azide ความเข้มข้น 0.1% แล้วปรับให้สารละลายมีปริมาตรทั้งหมดเป็น 1 ลิตร เก็บไว้ที่อุณภูมิห้อง

เตรียมสารละลาย Red-starch โดยนำ Red-starch จำนวน 1 กรัม และ potassium chloride ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ จำนวน 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันในบีกเกอร์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 นาที จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เริ่มทำการตรวจสอบโดยนำสารละลาย Red-starch ใส่ลงในหลอดทดลอง 0.5 มิลลิลิตร ปรับให้ได้อุณหภูมิเป็น 40 องศาเซลเซียส ประมาณ 5 นาทีก่อน และสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้ก็ปรับอุณหภูมิเป็น 40 องศาเซลเซียส ประมาณ 5 นาทีเช่นเดียวกัน นำเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสจากการสกัดแบบหยาบและสารตัวอย่างจากการทำโครมาโตรกราฟี จำนวน 1 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย Red-starch อยู่ ผสมให้เข้ากัน บ่มไว้ที่อุณหภูมิเป็น 40 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลายเอทานอลลงไป 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer เป็นเวลา 10 วินาที ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 10 นาที แล้วนำไปปั่นแยกด้วยเครื่องเซ็นตริฟิวส์ที่ความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำสารละลายส่วนบนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการคัดแยกให้บริสุทธิ์บางส่วนของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

การทำให้บริสุทธิ์บางส่วนของเอนไซม์แอลฟาอะมัยเลสจากมะม่วงน้ำดอกไม้ (Namdogmai mango, *Mangifera indica* L.) โดยการสกัดอย่างหยาบถูกแยกออกโดยวิธีทำให้ตกตะกอนกับสารละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ นำเอนไซม์ส่วนที่ได้จากการตกตะกอนนี้ผ่านคอลัมน์ α-cyclodextrin Sepharose 6B โดยใช้สารละลาย KCl-HCl บัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 2.0 เป็นตัวชะเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Figure 1) ปรับสารละลายเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ให้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นโดยการใช้อัลตร้าเมมเบรนฟิลเตรชั่นที่มีการคัดกรองน้ำหนักโมเลกุล 3 กิโลดาลตัน พบว่าแอกติวิตีเฉพาะของเอนไซม์มีค่าเท่ากับ 125 ยูนิตต่อมิลลิกรัม และมีความบริสุทธิ์อยู่ที่ 6.89 เท่า (Table 1)

Table 1 Steps of partial purification of α- Amylase from Namdogmai Mango (*Mangifera indica* L.) by affinity chromatography

Purification steps	Volume (ml)	Total activity (Units/ml)	Total protein (mg)	Specific activity (U/mg)	Yield %	Purification fold
Crude extract	400	37.50	2.07	18.13	100	1.00
Affinity chromatography	4	3.75	0.03	125.00	10	6.89

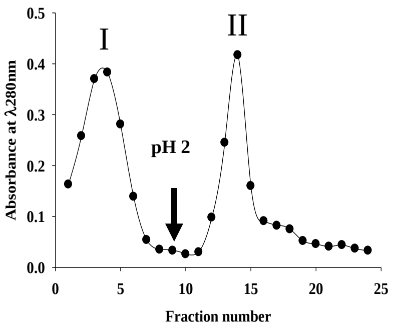


Figure 1 A typical elution profile for the chromatography of α-amylase from Namdogmai mango, *Mangifera indica* L.) crude extract on α-cyclodextrin affinity chromatography column elute with 0.1 M KCl-HCl buffer pH 2.0. The protein concentration was determined by measuring at absorbance 280 nm.

การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสโดยวิธี SDS-PAGE

จากผลทดลองโดยการทำ SDS-PAGE พบแถบโปรตีนเอนไซม์อะไมเลสบนเจล มีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนอยู่ในช่วงระหว่าง 10.5-14, 22-29, 30-35 กิโลดาลตัน ดังแสดงใน (Figure 2A และ Figure 2B)

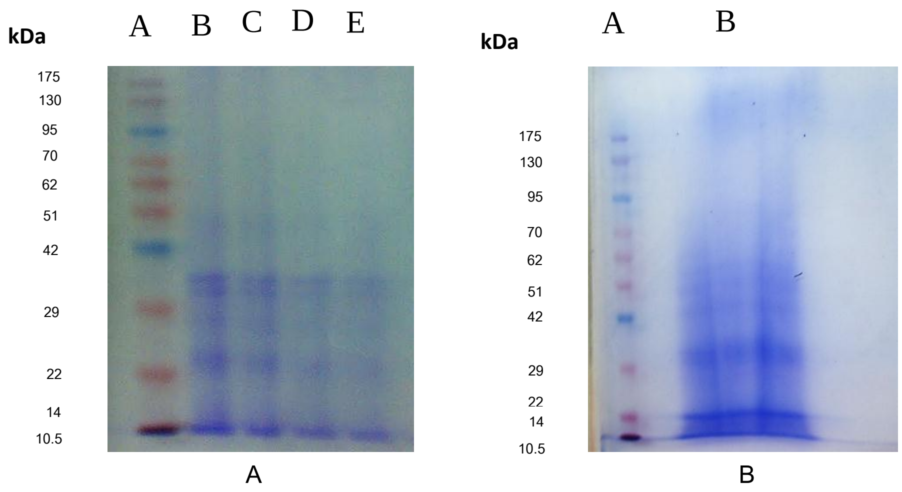


Figure 2 A Polyacrylamine gel electrophoresis of the partial purified α-amylase from Namdogmai mango (*Mangifera indica* L.). SDS-PAGE. Lane (A); Molecular weight standard protein: Chromatein Prestained Protein Ladder the range of 10-175 kDa. Lane (B) - (E) crude extraction. B Lane (A) Molecular weight standard protein, Lane (B) α-amylase purified by affinity chromatography.

สรุปผล

จากการนำตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้ (Namdogmai mango, *Mangifera indica* L.) มาทำให้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสบริสุทธิ์บางส่วน สามารถทำได้โดยการประยุกต์ใช้ตามขั้นตอนข้างต้นโดยผลการทดลองสามารถตรวจสอบได้ จากผลการวิจัยนี้เอนไซม์ที่ได้มีความบริสุทธิ์ 6.89 เท่าคิดเป็นร้อยละ 10 ค่าแอกติวิตีเฉพาะของเอนไซม์เท่ากับ 125 ยูนิตต่อมิลลิกรัม ผลทดลองโดยการทำ SDS-PAGE พบแถบโปรตีนบนเจล มีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนอยู่ในช่วงระหว่าง 10.5-14, 22-29, 30-35 กิโลดาลตัน เพื่อให้ผลการวิเคราะห์บอกน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนบนเจลจากการทำ SDS-PAGE ถูกต้องแม่นยำ ผู้วิจัยจึงนำผลจากการทำ SDS-PAGE นี้ไปวิเคราะห์โดยวิธี MALDI – TOF Mass spectrometry เพื่อยืนยันอีกครั้ง โดยขณะนี้อยู่ระหว่างการตรวจสอบ

เอกสารอ้างอิง

Gupta, R., Gigras, P., Mohapatra, H., Goswami, V.K. and Chauhan, B., 2003, Microbial α-amylase: a Biotechnological Perspective, Process Biochemistry, 38: 1599-1616.

Laemmli, U.K., 1970, Cleavage of Structural Proteins During the Assembly of the Head of Bacteriophage T4, Nature, 277: 680-685.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A., and Randall, R.J., 1951, Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent. The Journal Biological Chemistry, 193: 265-275.

Megazyme, 2006, Assay of Alpha-amylase Using Red-Starch. Megazyme International Ireland, Bray Business Park, Bray,Co. Wicklow, Ireland.

Rajagopalan, G. and Krishnan, C., 2008, Alpha-amylase Production from Catabolite Derepressed. *Bacillus subtilis* KCC103 Utilizing Sugarcane bagasse Hydrolysate, Bioresource Technology, 99: 3044-3050.

ผลของการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวแบบแผ่น

Effects of Replacement of Pregelatinized Banana Flour for Glutinous Rice Flour on Antioxidant Activity, Physical and Sensorial Properties of Snack Chips

จุฑารัตน์ คงโนนกอก[1] และ ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย[1]
Kongnonkok, J.[1] and Loypimai, P.[1]

Abstract

This study aimed to investigate the effects of replacement of pregelatinized banana flour (PBF) for glutinous rice flour (GRF) on antioxidant activity (AOA), physical and sensorial properties of snack chips. The PBF was replaced the GRF with different levels of substitution including 0, 15, 20, 25, 30, 35 and 40% (%w/w). The results indicated that the AOA increased when PBF replacement increased. Similarly, the darkness and hardness also increased, but the ratios of expansion decreased. In the study on sensory evaluation, the snack chips with not more than 20% substitution levels of the PBF had the highest in liking score of color, crispness, flavor, appearance and acceptability. However, an increase in liking score of odor was observed in snack chips that substituted with PBF.

Keywords: pregelatinized banana flour, antioxidant activity, snack chips

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ คุณสมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยว แบบแผ่น โดยทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ออกเป็น 7 ระดับคือ 0 15 20 25 30 35 และ 40% (%w/w) พบว่าเมื่อทดแทนปริมาณแป้งกล้วยพรีเจลทิไนซ์เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น ในทำนองเดียวกันค่าความเข้มสีและค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น แต่อัตราการพองตัวลดลง เมื่อวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส (7-hedonic scale) พบว่าการทดแทนแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ที่ระดับไม่เกิน 20% มีคะแนนความชอบด้านสี ความกรอบ รสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบรวมสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านกลิ่นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการเติมแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: แป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่น

บทนำ

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่น (Snack chips) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างแพร่หลาย ซึ่งคุณค่าทางสารอาหารที่ได้รับส่วนใหญ่คือ คาร์โบไฮเดรต ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจผลิตภัณฑ์สุขภาพผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติและมีผลดีต่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น แป้งกล้วยน้ำหว้า (*Musa sapientum Linn.*) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดค่าไกลซิมิคอินเดกซ์ในผลิตภัณฑ์อาหาร (Tiboonbun และคณะ, 2011) นอกจากนี้แป้งกล้วยยังมีกลิ่นเฉพาะตัว เกิดการพองตัวใส เมื่อได้รับความร้อน (ญาณิศา และคณะ, 2536) และเป็นแหล่งที่ดีของสารประกอบพวกฟีนอลิก (phenolic compounds) จากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Vergara-Valencia และคณะ, 2007) มีงานวิจัยจำนวนมากรายงานว่าการบริโภคกล้วยโดยเฉพาะกล้วยกึ่งดิบกึ่งสุกมีประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์ เนื่องจากมีปริมาณ dietary fiber และ resistant starch สูง (Faisant และ Champ, 1995) แต่อย่างไรก็ตามในบางฤดูกาลปริมาณผลผลิตกล้วยน้ำว้ามากเกินความต้องการ กล้วยที่ใช้บริโภคสดมีอายุการเก็บสั้นเพียง 5-7 วัน ก่อนเน่าเสีย ก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจของประเทศ จากคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพดังกล่าว การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นจากแป้งกล้วย

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, BansomdejchaoprayaRajaphat University, Thonburi, Bangkok 10600

พรีเจลาทิไนซ์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการเป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพให้เหมาะกับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย ผลิตได้จากวัตถุดิบทางธรรมชาติดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่น

เริ่มจากการเตรียมแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ ดัดแปลงวิธีของ ญาณิศา และคณะ (2536) โดยคัดเลือกกล้วยน้ำว้าผลสีเหลืองเขียวกึ่งดิบกึ่งสุก มีค่าความหวาน 8.0±1.0^{0}Brix นำไปนึ่งด้วยไอน้ำที่ 100^{0}C นาน 5 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาปอกเปือกและหั่นเป็นแว่นขนาด 2.0 มิลลิเมตร ลงในสารละลายกรดซิตริก 0.3% (w/v) แล้วอบให้แห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนที่ 65^{0}C ประมาณ 5 ชั่วโมง จนกระทั่งความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 2-3% (wet basis) หลังจากนั้นนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช แล้วนำแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ทดแทนแป้งข้าวเหนียวพรีเจลาทิไนซ์เป็น 7 ระดับคือ 0 15, 20, 25, 30, 35, และ 40% (%w/w) สำหรับผลิตเป็นขนมขบเคี้ยวแบบแผ่น แล้วอบด้วยไมโครเวฟ (LG, MS202W) ความถี่ 2450 MHz และ 900 W นาน 30 วินาที

2. วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 4 วิธี ทำตามวิธีของ Dasgupta และ De (2004) ได้แก่ (1) DPPH radical scavenging, (2) total antioxidant capacity, (3) total phenolic contents และ (4) Ferric reducing / antioxidant power (FRAP) คุณสมบัติทางด้านกายภาพได้แก่ อัตราการพองตัว (ดัดแปลงวิธี Kyaw และคณะ, 2001) ค่าสี (Munsell color system) เนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture analyzer (ดัดแปลงวิธีของ Wang และคณะ, 2012) และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน ให้คะแนนความชอบ (7-hedonic scaling) ผลิตภัณฑ์ด้านสี ความกรอบ กลิ่น รสชาติ ลักษณะที่ปรากฏ และความชอบรวม เปรียบเทียบกับขนมขบเคี้ยวทางการค้า

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ทดแทนแป้งข้าวในผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยวแบบแผ่น พบว่าผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (Table 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wutthikanon และคณะ (2011) กล่าวไว้ว่าการเติมแป้งกล้วยดัดแปรในผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปช่วยเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เติมแป้งกล้วย และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในแป้งกล้วยดิบ (Wang และคณะ, 2012) ในทำนองเดียวกันผลิตภัณฑ์มีค่าความเข้มสีและความแข็งเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามค่าของอัตราการพองตัวลดลง (Table 2) ผลคล้ายกับงานวิจัยของ Wang และคณะ (2012) รายงานว่าผลิตภัณฑ์แครกเกอร์มีค่าความสว่างลดลง (L^*) เมื่อเติมปริมาณแป้งกล้วยเพิ่มขึ้น และเมื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Table 3) พบว่าการทดแทนแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ที่ระดับไม่เกิน 20% มีคะแนนความชอบด้านสี ความกรอบ รสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบรวมสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านกลิ่นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการเติมแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์เพิ่มขึ้น ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ (%0) มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นต่ำสุด

สรุปผล

การทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์ที่ระดับ 20% ช่วยเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสสามารถเปรียบเทียบได้กับผลิตภัณฑ์ทางการค้า และช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นของขนมขบเคี้ยวแบบแผ่น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

ญาณิศา รัตอาภา วิภา สุโรจนะเมธากุล มาฤดี ผ่องพิพัฒนพงศ์ ตวิษา โลหะนะ ไพลิน ผู้พัฒน์ และ วารุณี ประดิษฐ์ศรีกุล, 2536, การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งกล้วย, วารสารอาหาร, 23(3): 197-208.

Dasgupta, N. and De, B., 2004, Antioxidant Activity of *Piper betle* L. Leaf Extract in Vitro, Food Chemistry, 88: 219-224.

Faisant, N., Gallant,D.J., Bouchet, B. and Champ, M., 1995, Banana Starch Breakdown in the Human Small Intestine Studied by Electron Microscope, European Journal of Clinical Nutrition, 49: 98-104.

Kyaw, Z.Y., Cheow, C.S., Yu, S.Y. and Dzulkifly, M.H., 2001, The Effect of Pressure Cooking on Microstructure and Expansion of Fish Cracker *(keropok)*, Food Qualities, 24: 181-194.

Tiboonbun, W., Sungsri-in, M. and Moong-ngarm, A., 2011, Effect of Replacement of Unripe Banana Flour for Rice Flour on Physical Properties and Resistant Starch Content of Rice Noodle, Food Science and Technology, 81: 608-611.

Vergara-Valencia, N., Granados-Pereza, E., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., Ruales, J. and Bello-Perez, L.A., 2007, Fibre Concentrate from Mango Fruit: Characterization, Associated Antioxidant Capacity and Application as a Bakery Product Ingredient, Lebensmittel Wissenschaftund Technologie, 40: 722–729.

Wang, Y., Zhang, M. and Mujumdar, S.A., 2012, Influence of Green Banana Flour Substitution for Cassava Starch on the Nutrition, Color, Texture and Sensory Quality in Two Types of Snacks, Food Science and Technology, 47: 1-8.

Wutthikanon, N., Joradej, P. and Loypimai, P., 2011, Effects of Directional Addition of Banana Flour on Antioxidant Activity, Physical and Sensorial Properties of Instant Porridge, Agriculture Science, 42(2): 489-492.

Table 1 Antioxidant activities of snack chips substituted with different levels of pregelatinized banana flour (PBF)

% PBF	DPPH, % radical scavenging	Total antioxidant capacity (µg STDs equivalent/g sample)			Total phenolic contents (µg gallic equivalent/ g sample	FRAP (µM $FeSO_4$ equivalent/ g sample)
		ascorbic acid	gallic acid	alpha-tocopherol		
0%	17.28±0.58 ^{g}	70.1±0.72 ^{g}	5.2±0.19 ^{g}	214.8±1.27 ^{g}	4.58±0.80 ^{e}	1.32±0.03 ^{f}
15%	31.09±0.88 ^{f}	101.8±0.72 ^{f}	41.1±0.33 ^{f}	304.8±0.83 ^{f}	4.75±0.32 ^{e}	1.38±0.01 ^{e,f}
20%	35.31±1.59 ^{e}	157.8±1.09 ^{e}	110.2±0.19 ^{e}	480.9±1.27 ^{e}	7.25±0.32 ^{d}	1.45±0.01 ^{d,e}
25%	38.65±0.17 ^{d}	181.7±0.78 ^{d}	137.9±0.19 ^{d}	551.5±0.83 ^{d}	8.42±0.69 ^{c}	1.48±0.01 ^{d}
30%	46.87±1.88 ^{c}	252.8±0.16 ^{c}	225.3±1.00 ^{c}	771.2±0.48 ^{c}	8.63±0.77 ^{c}	2.25±0.10 ^{c}
35%	53.21±0.29 ^{b}	654.8±0.72 ^{b}	714.0±0.38 ^{b}	2013.2±0.83 ^{b}	11.01±0.55 ^{b}	2.35±0.04 ^{b}
40%	62.40±0.13 ^{a}	665.9±0.62 ^{a}	726.8±0.50 ^{a}	2045.9±0.48 ^{a}	12.32±0.46 ^{a}	2.54±0.01 ^{a}

Values are means of triplicate samples. STDs are the referent standards (ascorbic acid, gallic acid, and alpha-tocopherol)
$^{a-g}$ Means within a column with different numbers are different (P<0.05).

Table 2 Physical properties of snack chips substituted with different levels of pregelatinized banana flour (PBF)

% PBF	Expansion ratio		color value	Hardness (N/mm)
	width	length		
0%	1.88±0.11 a	1.36±0.03 a	10Y9/2	36.24±0.57 g
15%	1.61±0.09 b	1.31±0.03 b	10Y8/2	46.95±0.77 f
20%	1.55±0.10 b,c	1.23±0.01 c	10Y8/2	57.12±0.34 e
25%	1.44±0.07 c,d	1.20±0.01 d	10Y7/2	63.48±0.52 d
30%	1.36±0.05 d,e	1.11±0.02 e	10Y7/2	72.12±0.71 c
35%	1.26±0.03 e,g	1.06±0.03 f	10Y7/4	74.72±0.34 b
40%	1.17±0.05 g	1.00±0.12 g	10Y7/4	88.78±0.25 a

Values are means of triplicate samples.

a-g Means within a column with different numbers are different (P<0.05).

Table 3 Sensorial characteristics of snack chips substituted with different levels of pregelatinized banana flour (PBF)

% PBF	liking score					
	Color	Crispness	Odor	Flavor	Appearance	Overall acceptability
0%	5.92±0.94 a	5.68±0.87 a	4.02±1.07 e	4.64±1.30 a	5.18±0.85 a	5.21±0.96 a
15%	5.60±0.97 a	5.62±1.05 a	4.41±0.85 d	4.46±1.07 a	5.16±0.91 a	5.19±0.75 a
20%	5.68±1.02 a	5.56±1.13 a	4.45±1.14 c	4.54±1.16 a	5.11±1.13 a	5.20±0.98 a
25%	4.92±1.08 b	4.30±1.05 b	4.54±0.84 c	4.02±1.02 b	4.51±0.92 b	4.34±1.08 b
30%	4.44±0.81 c	3.86±1.13 b,c	4.54±1.05 c	3.92±1.10 c	4.42±0.94 b	4.20±0.95 c
35%	4.14±1.03 c	4.08±1.14 b	4.76±1.29 b	3.70±1.21 d	4.28±1.09 c	3.92±1.14 cd
40%	3.56±1.21 d	3.44±1.15 c	4.84±1.51 a	3.60±1.16 d	4.01±1.22 e	3.76±1.20 d

a-e Means within a column with different numbers are different (P<0.05).

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและอายุการเก็บรักษาของสาหร่ายทะเลทอดกรอบในบรรจุภัณฑ์
Properties Changes of Crispy Seaweed in Flexible Films

บุษกร ประดิษฐนิยกูล[1] วิสะนี ดีสกุล[1] สักขี แสนสุภา[1] ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป[1] สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง[1] จิราภรณ์ ดำจันทร์[1] และ วิจิตร รัตนถาวรกิตติ[1]

Praditniyakul, B.[1], Deesakul, W.[1], Sansupa, S.[1],Tungsangprateep, S.[1], Prateepthinthong, S.[1], Damchan, C.[1] and Rattanatawonkiti, W.[1]

Abstract

The crispy seaweed samples storage at room temperature were periodically taken in flexible films in order to determine their physical, chemical properties and shelf-life evaluation. The results showed that the seaweed was packed in all films, had changed in brightness and crispness which was not significantly different. In addition, the seaweed in PP film had the highest toughness.There was no difference in water activity of seaweed which was contained in PP, PET/LLDPE and PET/NYLON/LLDPE films and likely to increase slightly in PET/ALU/LLDPE and PET/MPET/ LLDPE films all duration of storage. The longest shelf-life of 792 days was achieved when the crispy seaweed was packed in multi-layer PET/ALU/LLDPE film, compared to when packed in PET/MET/LLDPE, PET/NY/LLDPE, PET/LLDPE and PP films, respectively. In addition, the results of sensory tests showed that there was no significant difference in overall preferences for all films after storage at room temperature for 42 days.

Keywords: seaweed, water activity, shelf-life, flexible film

บทคัดย่อ

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสาหร่ายทอดกรอบในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวในสภาวะการเก็บที่อุณหภูมิปกติ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงความกรอบของสาหร่ายทอดกรอบที่บรรจุในฟิล์มอ่อนตัวทุกชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่สาหร่ายที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP มีความเหนียวมากที่สุด โดยสาหร่ายที่บรรจุในฟิล์ม PP PET/LLDPE และ PET/NYLON/LLDPE มีปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน ส่วนสาหร่ายในฟิล์มชนิด PET/ALU/LLDPE และ PET/MPET/LLDPE มีปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และพบว่าสาหร่ายที่บรรจุในฟิล์มหลายชั้นชนิด PET/ALU/LLDPE มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด คือ 792 วัน รองลงมาเป็นฟิล์ม PET/MPET/LLDPE PET/NYLON/LLDPE PET/LLDPE และ PP ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผลการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 42 วัน คะแนนความชอบรวมของฟิล์มทุกชนิดไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: สาหร่าย ปริมาณน้ำอิสระ อายุการเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

คำนำ

ผลิตภัณฑ์สาหร่ายปรุงรส เป็นผลิตภัณฑ์อาหารไวความชื้นที่ปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทุกเพศทุกวัยและมีแนวโน้มทางการตลาดสูงเป็นอย่างมาก และมีส่วนแบ่งตลาดรวมในปี 2554 มูลค่าประมาณ 1,500 ล้านบาท (สมเกียรติ, 2554) หรือคิดเป็นร้อยละ 8 ของมูลค่าการตลาดขนมขบเคี้ยวทั้งหมด ส่วนสาหร่ายทอดกรอบที่ทำการศึกษาวิจัยในโครงการนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในอาหารประเภทแห้งมาก หรืออาหารที่มีค่าความชื้นต่ำ โดยมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_W) อยู่ในช่วง 0.18 – 0.20 ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Jay, 1996) แต่สามารถเกิดความเสื่อมเสียได้ทั้งจากการเสื่อมเสียทางกายภาพ เช่น การสูญเสียความกรอบ เนื้อสัมผัส และการเปลี่ยนแปลงของสี ส่วนการเสื่อมเสียทางเคมีจะเกิดการหืน และการออกซิเดชั่นของไขมันขึ้นกับชนิดของน้ำมันและคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด (Rossell, 2000) หากมีการบรรจุผลิตภัณฑ์เหล่านี้ในบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสมกับระยะเวลาในการวางจำหน่ายในท้องตลาด จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้น การศึกษาวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาการ

[1] ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 196 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Thai Packaging Centre, Thailand Institute of Scientific and Technological Research 196 Phahonyothin Road Chatuchak Bangkok 10900

เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์สาหร่ายทอดกรอบในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวชนิดต่างๆ และอายุการเก็บรักษาในสภาวะการเก็บรักษาปกติ ที่สามารถใช้เป็นแนวทางให้ผู้ผลิตเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

สาหร่ายทะเลทอดกรอบซึ่งผลิตโดยโรงงานอุสาหกรรมขนาดกลาง (SME) มีขนาดโดยเฉลี่ยความกว้างประมาณ 5 เซนติเมตร และความยาวประมาณ 6 เซนติเมตร บรรจุขนาด 10 กรัมใน (1) ถุงพลาสติก PP ความหนา 45 ไมครอน (2) ถุงพลาสติก PET/LLDPE ความหนา 81 ไมครอน (3) ถุงพลาสติก PET/NYLON/LLDPE ความหนา 72 ไมครอน (4) ถุงพลาสติก PET/ALU /LLDPE ความหนา 48 ไมครอน และ (5) ถุงพลาสติก PET/ MPET/LLDPE ความหนา 96 ไมครอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปกติ ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85-90 จำนวน 3 ซ้ำ ทำการตรวจผลทุก 1 สัปดาห์เป็นระยะเวลา 42 วัน โดยประเมินอายุการเก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ และตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี คือ ความกรอบ วัดค่า Tensile โดยใช้เครื่อง Instron ตาม ASTM D882 ความเหนียว วัดค่า Puncture Resistance โดยใช้เครื่อง Instron ตาม ASTM D5748 ปริมาณน้ำอิสระ วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity: a_w) ตาม AquaLab 3TE, Decagon Devices Inc., USA. วิเคราะห์กรดไทโอบาร์บิทิวริก (TBA) ตามวิธี Jayasingh และคณะ (2003) ประเมินลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยใช้ผู้ทดสอบชายและหญิงจำนวน 10 คน ใช้การทดสอบแบบ 9 - point hedonic scale มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) และหาความแตกต่างทางสถิติของคะแนนความชอบในแต่ละลักษณะด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และประเมินอายุการเก็บรักษาด้วยวิธี Half – Value Period method.

ผลการทดลอง

สาหร่ายทะเลทอดกรอบที่บรรจุในฟิล์มทุกชนิดมีความกรอบลดลงอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Figure 1) และสาหร่ายทอดกรอบที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP PET/LLDPE และ PET/NYLON/LLDPE มีความเหนียวมากกว่าสาหร่ายที่บรรจุในฟิล์มชนิด PET/ALU/LLDPE และ PET/MET /LLDPE (Figure 2) และสาหร่ายที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP มีความเหนียวมากที่สุด โดยความเหนียวจะเพิ่มขึ้นและเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงชัดที่สุดในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา

ส่วนค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ในฟิล์มชนิด PET/ALU/LLDPE และ PET/MPET/LLDPE มีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มชนิดต่างๆ โดยสาหร่ายที่บรรจุในฟิล์ม PP PET/LLDPE และ PET/NYLON มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 3) และพบว่าปริมาณของกรดไทโอบาร์บิทิวริก มีปริมาณสูงสุดในวันที่ 21 ของการเก็บรักษาและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยฟิล์มชนิด PP มีการเพิ่มของปริมาณกรดไทโอบาร์บิทิวริก (TBA) สูงที่สุด (2.08 mg malonaldehyde/kg, Figure 4)

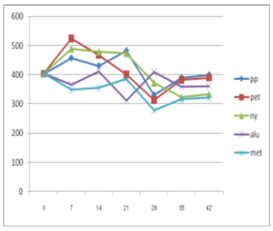


Figure 1 Brittleness

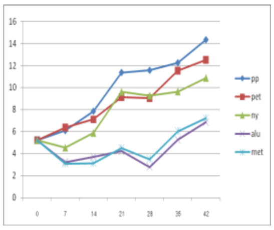


Figure 2 Thoughness

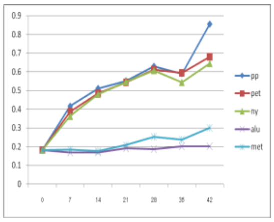


Figure 3 Water activity

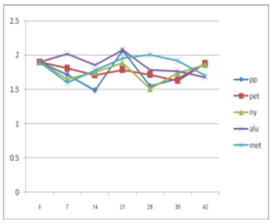


Figure 4 TBA

เมื่อประเมินอายุการเก็บรักษาพบว่าสาหร่ายที่บรรจุในฟิล์มชนิด PET/ALU/LLDPE มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด คือ 792 วัน รองลงมาเป็นฟิล์ม PET/MPET/LLDPE 301 วัน, PET/NYLON/LLDPE 33 วัน, PET/LLDPE 28 วัน และ PP 17 วันตามลำดับ และเมื่อประเมินผลการศึกษาทางประสาทสัมผัส พบว่า สาหร่ายในฟิล์ม PET/ALU/LLDPE มีคะแนนความชอบของผู้บริโภคโดยรวมไม่แตกต่างกับฟิล์มชนิดอื่นๆ ในสภาวะการเก็บปกตินี้ (Table 1)

Table 1 Sensory characteristics and shelf-life of seaweed crisps packed in different types of packaging films stored at room temperature

Films	Mean comparison scores					Shelf-life (days)
	color	odor	crispness	appearance	overall acceptability	
PP	7.5±1.20a	8.2±0.99b	5.5±1.10b	6.9±1.31a	7.6±0.87a	17
PET/LLDPE	7.1±1.32a	7.5±1.37 b	6.5±1.29b	7.0±0.92a	7.3±1.15a	28
PET/NY/LLDPE	7.3±1.19a	7.2±0.92b	7.6±0.77a	7.2±1.00a	7.1±1.11a	33
PET/ALU/LLDPE	7.3±0.95a	6.6±1.31a	8.1±0.96a	7.7±0.99c	8.1±1.15a	301
PET/MET/LLDPE	7.1±0.94a	7.0±0.74a	7.8±1.10a	7.6±0.86b	8.0±0.96a	792

The average of data with different characters in the vertical was significantly different at the statistical level of confidence of 95%

วิจารณ์ผล

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของสาหร่าย มีการเปลี่ยนแปลงค่าความกรอบไม่แตกต่างกัน แต่สาหร่ายทอดกรอบที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP, PET/LLDPE และ PET/NYLON/LLDPE มีความเหนียวมากกว่าสาหร่ายที่บรรจุในฟิล์มชนิด PET/ALU/LLDPE และ PET/MET /LLDPE โดยสาหร่ายในฟิล์มชนิด PP มีความเหนียวมากที่สุด เป็นผลมาจากฟิล์มชนิด PP เป็นบรรจุภัณฑ์ชั้นเดียวทำให้มีการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนในอัตราที่สูงกว่าฟิล์มชนิดอื่นๆ (ปุ่น และ สมพร, 2541)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของสาหร่าย ได้แก่ ปริมาณค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_W) ในฟิล์มชนิด PET/ALU/LLDPE มีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เนื่องมาจากบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้เป็นฟิล์มประกบซึ่งมีอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบอยู่ มีความสามารถในการป้องกันการสกัดกั้นการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้อย่างดีเยี่ยม (ปุ่น และ สมพร, 2541) จึงส่งผลให้สาหร่ายที่บรรจุในฟิล์มหลายชั้นมีอายุการเก็บรักษามากกว่าในฟิล์มชั้นเดียว นอกจากนั้นการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไทโอบาร์บิทิวริก (TBA) ของสาหร่ายในฟิล์ม PP ที่มีมากที่สุด เป็นดัชนีที่ชี้ให้เห็นถึงระดับการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์โดยตรงที่มีสาเหตุมาจากสารประกอบที่ระเหยได้ (Kilcast และ Subramaniam, 2000)

สรุปผล

ฟิล์มประกบหลายชั้นชนิด PET/ALU/LLDPE และ PET/MPET/LLDPE ช่วยสกัดกั้นความชื้นที่มีผลต่อความกรอบและความเหนียวของผลิตภัณฑ์ และสกัดกั้นก๊าซออกซิเจนที่มีผลต่อการออกซิเดชันของไขมัน ที่ก่อให้เกิดกลิ่นหืนในสาหร่ายทอดกรอบได้ดี ส่งผลให้สาหร่ายทอดกรอบที่บรรจุในฟิล์มทั้งสองชนิด มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยกว่าฟิล์มชนิดอื่นๆ จึงมีอายุการเก็บรักษามากกว่าฟิล์มอีก 3 ชนิด อย่างไรก็ตาม พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงความกรอบของสาหร่ายทอดกรอบที่บรรจุในฟิล์มอ่อนตัวทุกชนิดไม่แตกต่างกัน และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 42 วัน คะแนนความชอบรวมจากการยอมรับของผู้บริโภคของฟิล์มทุกชนิดไม่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

สมเกียรติ บุญศิริ, 2554, เถ้าแก่น้อยจาก Local brand สู่ Asia brand. Positioning Magazine, 13 กันยายน 2554, [สืบค้น] http://www.positioning.com/magazine/details.aspx?id=93028 [4/ April /2011].

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541, บรรจุภัณฑ์อาหาร, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม และสมาคมการบรรจุภัณฑ์ไทย, 358 หน้า.

Jay, J.M., 1996, Modern Food Microbiology, Rancidity in Food, Chapman and Hall, New York, p. 661.

Jayasinghe, C., Gotoh, N., Aoki, T. and Wada, 2003, Phenolics Comparison and Antioxidant Activity of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 4442–4449.

Kilcast, D. and Subramaniam, P., 2000, The Stability and Shelf-life of Food, Cambridge, Woodhead Publishing, p. 340.

Labuza, T.P. and Hyman, C.R., 1998, Moisture Migration and Control in Multi-domain Foods, Trends in Food Science and Technology, 9: 47-55.

Rossell, J.B., 2000, Measurement of Rancidity, In J.C. Allen and R.J. Hamilton (eds.), Rancidity in Food, Chapman and Hall, Suffolk, pp. 22-50.

การใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* Berliner สายพันธุ์ไทย JC590 เพื่อควบคุมหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabricus) ในสภาพเรือนปลูกทดลองและสภาพแปลงปลูก

Application of Thai Strain *Bacillus thuringiensis* JC590 for Controlling Common Cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) in Greenhouse and Famer Field Experiments

นันทนัช พินศรี[1] ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์[2] และ จริยา จันทร์ไพแสง[1]
Pinsri, N.[1], Tatchasinpitak, T.[2] and Chanpaisaeng, J.[1]

Abstract

Bacteria *Bacillus thuringiensis* strain JC590 Thailand was used to evaluate the effectiveness for controlling the common cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) compared to commercial *Bacillus thuringiensis* and cypermethin in both greenhouse and famer field experiments. Two types of flowers, *Gypsophila muralis* and *Petunia hybrid*, were used as a model. In greenhouse experiments, the results showed that during 24-48 hours after treating all of three treatments presented a similar effectiveness. Especially BT JC590 and commercial BT were insignificantly different (p>0.05). In famer field experiments, the completely randomized design (CRD) showed all treatments have a similar effectiveness for controlling common cutworm compared with the control. However *Bacillus thuringiensisis* JC590 better for health, environment, and ecosystem.

Keywords: *Bacillus thuringiensis* JC590, *Spodoptera litura*, *Gypsophila muralis*, *Petunia hybrid*

บทคัดย่อ

การใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* สายพันธุ์ไทย JC590 เพื่อควบคุมหนอนกระทู้ผักในไม้ดอกไม้ประดับ 2 ชนิด คือ จิบโซฟิลลาและพิทูเนียในสภาพเรือนปลูกทดลองและสภาพแปลงปลูก โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับ BT สายพันธุ์การค้าและสารเคมี (cypermethin) ในสภาพเรือนปลูกทดลองชั่วโมงที่ 24-48 พบว่าสารทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะ BT JC590 และ BT การค้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในสภาพแปลงปลูกเกษตรกรวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ พบว่าสารทั้ง 3 สามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงควบคุมและมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันหรือเทียบเท่า BT JC590 และ BT การค้าในการควบคุมหนอนกระทู้ผักในแปลงปลูกไม้ดอกไม้ประดับ อย่างไรก็ตามการใช้ BT สายพันธุ์ไทย JC590 ให้ผลที่ดีกว่าในแง่ด้านสุขภาพ สิ่งแวดล้อมและเป็นมิตรต่อระบบนิเวศด้วย

คำสำคัญ: *Bacillus thuringiensis* สายพันธุ์ไทย JC590 หนอนกระทู้ผัก ไม้ดอกไม้ประดับ

คำนำ

B. thuringiensis JC 590 เป็นสายพันธุ์ที่คัดแยกได้จากตัวอย่างดินที่รวบรวมจากเขตป่าสมบูรณ์บริเวณน้ำตกวังเหวอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อ.นาดี จ .ปราจีนบุรี เป็นแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนเทียบได้กับสายพันธุ์การค้าจัดอยู่ในสายพันธุ์ *kurstaki* (H3abc) มีผลึกโปรตีนรูปปิรามิดคู่ฐานชนกัน (จริยา และคณะ, 2544) โดย *B. thuringiensis* JC 590 มียีน *cry* จำนวน 6 ชนิดและยีนแต่ละชนิดกระจายอยู่บนโครโมโซมและพลาสมิดของ *B. thuringiensis* JC 590 ซึ่งจะส่งผลให้แบคทีเรียสายพันธุ์นี้มีการสร้างสารพิษ (toxicity) มากกว่าสายพันธุ์อื่นและการมียีนบนโครโมโซมทำให้ยีนมีความเสถียรมากขึ้น (เยาวลักษณ์, 2548) จึงส่งผลให้สามารถนำไปใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชในแปลงปลูกเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพส่วนใหญ่การใช้สารเคมีในไม้ดอกไม้ประดับเป็นเรื่องที่ไม่ได้คำนึงถึงพิษตกค้างจากสารเคมีมากนัก แท้จริงแล้วการใช้สารเคมีในไม้ดอกไม้ประดับผู้บริโภคส่วนมากจะได้รับสารเคมีเข้าไปในร่างกายทางระบบหายใจแทน นอกจากนี้ยังส่งผลต่อสภาพแวดล้อม และต่อตัวเกษตรกรแต่ในการใช้แบคทีเรีย BT จะไม่ส่งผลต่อแมลง

[1] ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10903
[1] Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10903
[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10903
[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10903

และสัตว์อื่นๆ ที่เป็นประโยชน์เพราะมีความจำเพาะเจาะจงกับชนิดของแมลงศัตรูพืช สามารถควบคุมปริมาณไม่ให้เกิดการระบาดได้

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แบคทีเรีย BT *B.thuringiensis* สายพันธุ์ไทย JC590 แบคทีเรีย *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* สายพันธุ์การค้าและสารเคมีทั้งในเรือนปลูกทดลองและสภาพแปลงปลูกของเกษตรกรเพื่อลดหรือทดแทนการใช้สารเคมีให้น้อยลง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียม *Bacillus thuringiensis* JC590 ทำการเลี้ยงเชื้อตามวิธีการของ ตุลยา (2550) โดยนำ *B. thuringiensis* JC590 จาก stock มา cross streak บนอาหารแข็งบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมงหลังจากนั้นเตรียมกล้าเชื้อเข้มข้นโดยเขี่ยเชื้อที่เจริญบนอาหารแข็งจำนวน 2 ลูปลงในฟลาสก์ขนาด 1000 มิลลิลิตรที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient broth ปริมาตร 500 มิลลิลิตรทำการเพาะเลี้ยงในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิโดยควบคุมอัตราการเขย่าที่ความเร็ว 250 รอบต่อนาทีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมงเพื่อให้ได้เชื้อที่ความเข้มข้น 10^8

การทดลองที่ 1 ในสภาพเรือนปลูกทดลอง

ทดสอบประสิทธิภาพ *B. thuringiensis* JC590 ในการควบคุมหนอนกระทู้ผักเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ *B. thuringiensis* ทางการค้าและสารเคมีในสภาพเรือนปลูกพืชทดลองภาควิชากีฏวิทยาคณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน โดยใช้ไม้ดอก 2 ชนิดคือจิปโซฟิลล่าและพิทูเนีย ชนิดละ 48 ต้น จากนั้นปล่อยหนอนกระทู้ผักวัย 2 (ที่อดอาหาร) กระถางละ 10 ตัวโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomize Design) มี 4 กรรมวิธี 4 ซ้ำดังรายละเอียดต่อไปนี้ 1. ฉีดพ่นสารเคมีไซเปอร์เมทริน (น๊อคทริน 25) อัตรา 10-20 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร 2. ฉีดพ่น *B. thuringiensis* JC 590 3. ฉีดพ่น *B. thuringiensis* สายพันธุ์การค้า 4. ฉีดพ่นน้ำเปล่า ฉีดให้ทั่วทั้งใต้ใบและบนผิวใบ (แปลงควบคุม) BTทั้ง 2 สายพันธุ์ใช้อัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตรและผสมน้ำยาจับใบฉีดพ่นให้ทั่วทั้งใต้ใบและบนใบ ปรับหัวฉีดพ่นให้ฝอยที่สุดฉีดในช่วงเวลาเย็น (16.00 -18.00 น.) บันทึกข้อมูลโดยนับจำนวนหนอนกระทู้ผักที่ตายและรอดชีวิตหลังการฉีด12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละสารโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS

ทำการประเมินความเสียหายของผลผลิตโดยคิดจากพื้นที่ใบของพืชจิบโซฟิลลาและพิทูเนียที่ถูกหนอนกระทู้ผักทำลายภายหลังการฉีดพ่น 3 วันโดยแบ่งเป็นระดับคะแนนดังนี้ 0 คะแนน = ไม่พบการทำลาย 1 คะแนน = พบพื้นที่ใบถูกทำลาย 1-35 เปอร์เซ็นต์ 3 คะแนน = พบพื้นที่ใบถูกทำลาย 36-70 เปอร์เซ็นต์ 5 คะแนน = พบพื้นที่ใบถูกทำลายมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 ในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกร

ทดสอบการใช้ *B. thuringiensis* JC590 เพื่อควบคุมหนอนกระทู้ผักโดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ *B. thuringiensis* ทางการค้าและสารเคมีในสภาพแปลงปลูกไม้ดอกไม้ประดับของเกษตรกร ในตำบลสาริกา อำเภอเมือง จ.นครนายก วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยจับสลากเลือกแถวเพื่อวางกรรมวิธีทำการฉีดพ่นสารและอัตราการใช้เหมือนกับในเรือนปลูกทดลองใช้พืชจิปโซฟิลล่าและพิทูเนีย อายุประมาณ 1 เดือนอย่างละ 400 ต้นแขวนบนเสาที่มีระยะห่าง 2.50×3.0 เมตร แขวนยาวแถวละ 50 ต้น อย่างละ 2 แถว รวมจำนวน 100 ต้น แบ่งเป็น 5 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ต้น โดยมีแพงพวย 200 ต้นเป็นตัวกั้นในแต่ละกรรมวิธีก่อนการฉีดพ่นทุกครั้งตรวจนับและบันทึกจำนวนแมลงทุกๆ 5 วันจนพืชอายุ 12 สัปดาห์รวบรวมข้อมูลจำนวนแมลงที่ลงทำลายผลที่ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการควบคุมกำจัดหนอนกระทู้ผัก โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การใช้ *B. thuringiensis* JC590 ในสภาพเรือนปลูกทดลอง

การควบคุมหนอนกระทู้ผักในเรือนปลูกทดลอง (Table 1 และ 2) พบว่า 12 ชั่วโมงแรกสารทั้ง 4 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันแต่ที่เวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมงแต่ละสารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อควบคุมด้วย BT เริ่มเห็นผลที่ 24 ชั่วโมงซึ่งสอดคล้องกับรายงานของทิพย์วดี (2535) เนื่องจากกลไกการออกฤทธิ์ของ *B. thuringiensis* ต่อแมลงจะใช้เวลาประมาณ 24-48 ชั่วโมงหลังจากแมลงได้รับ *B. thuringiensis* เข้าไปในร่างกายและจะขึ้นอยู่กับปริมาณของ *B. thuringiensis* ที่แมลงได้รับเข้าไปด้วย จากการแบ่งระดับคะแนนความเสียหายของต้นพืชทั้ง 2 ชนิด พบว่าพืชทั้ง 2

ชนิดที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมี, BT JC590, และ BT การค้า มีความเสียหายอยู่ในระดับ 1 คะแนนคือพบการทำลายของพื้นที่ใบ 1-35 เปอร์เซ็นต์ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและสามารถยอมรับได้ส่วนกรรมวิธีที่ 2 ที่ฉีดพ่นด้วย *B. thuringiensis* JC590 มีความเสียหายอยู่ในระดับ 3 คะแนน พบการทำลายของพื้นที่ใบ 36-70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสร้างความเสียหายต้นพืชมากจนไม่สามารถนำออกจำหน่ายได้

Table 1 Effectiveness for controlling the common cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) compared to commercial *Bacillus thuringiensis* (BT), BT JC590 and cypermethin in greenhouse on *Gypsophila muralis*

Time after treating (hr)	Treatment			
	Cypermethin	BT JC590	Commercial BT	Water
12 hr	4.83b	9.17a	9.25a	9.33a
24 hr	1.17a	5.17b	5.42b	9.33c
36hr	0.42a	2.92b	3.17b	9.1c
48hr	0.08a	1.33b	1.33b	9.1c
ระดับการถูกทำลาย	1	1	1	3

[1/]ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำซ้ำละ 3 ต้น ปรับค่าข้อมูลโดย Logarithm สูตรการคำนวณคือตัวแปรใหม่ = LG10 (ตัวแปรเดิม) ค่าเฉลี่ยที่ตามตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

Table 2 Effectiveness for controlling the common cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) compared to commercial *Bacillus thuringiensis* (BT), BT JC590 and cypermethin in greenhouse on *Petunia hybrid*

Time after treating (hr)	Treatment			
	Cypermethin	BT JC590	Commercial BT	Water
12 hr	5.00b	9.67a	9.17a	9.58a
24 hr	0.91a	5.08b	5.17b	9.42c
36hr	0.25a	2.67b	2.92b	9.25c
48hr	0.17a	1.17b	1.50b	9.25c
ระดับการถูกทำลาย	1	1	1	3

[1/]ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำซ้ำละ 3 ต้น ปรับค่าข้อมูลโดย Logarithm สูตรการคำนวณคือตัวแปรใหม่ = LG10 (ตัวแปรเดิม) ค่าเฉลี่ยที่ตามตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

2. การใช้ *B. thuringiensis* JC590 ในสภาพแปลงปลูกเกษตรกร

การควบคุมหนอนกระทู้ผักในเรือนแปลงปลูกเกษตรกร (Table 3 และ 4) พบว่าก่อนการฉีดครั้งที่ 1 และ 2 สารทั้ง 4 ชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนก่อนการฉีดครั้งที่ 3 ถึง 7 BT JC590 สามารถควบคุมได้ดีเทียบเท่า BT การค้าโดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ในการฉีดพ่นด้วยสารเคมีพบจำนวนหนอนน้อยกว่าการฉีดพ่น BT ทั้ง 2 ชนิด เนื่องจาก BT เป็นชีวภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพเลือกทำลายและสลายตัวง่ายเมื่อได้รับแสงอุลตร้าไวโอเลทซึ่งสอดคล้องกับ Dhanoothep (2000) ที่รายงานว่าแสงมีผลต่อประสิทธิภาพของ BT ในการควบคุมหนอนกระทู้หอม ถ้าทำการฉีดพ่นในช่วงแสงตั้งแต่ 10 นาฬิกาถึง 14 นาฬิกา ทำให้ประสิทธิภาพของ BT ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมลดลง ซึ่งช่วงเวลาที่ดีที่สุดในการฉีดพ่น BT คือ 18 นาฬิกาถึง 22 นาฬิกาเพราะช่วงเวลานี้ BT ไม่โดนแสงอุลตร้าไวโอเลททำลายทำให้มีประสิทธิในการควบคุมหนอนกระทู้หอมได้

สรุปผล

การใช้BTและสารเคมีควบคุมหนอนกระทู้ผักไม้ดอกไม้ประดับโดยทดสอบในเรือนปลูกทดลองและแปลงปลูกเกษตรกร พบว่าการใช้ BTJC590, BTการค้าและสารเคมีในไม้ดอกไม้ประดับมีปริมาณจำนวนหนอนที่พบหลังจากฉีดพ่นใกล้เคียงกัน แต่ BTJC590 มีแนวโน้มว่าสามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักได้ดีเทียบเท่าหรือดีกว่า BTการค้า ซึ่งสรุปได้ว่ามี

ประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้ผักได้ใกล้เคียงกัน แสดงว่า BT สายพันธ์ไทย JC590 สามารถใช้ควบคุมแมลงศัตรูในไม้ดอกไม้ประดับได้ดีเทียบเท่ากับ BT ทางการค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศ

Table 3 Effectiveness for controlling the common cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) compared to commercial *Bacillus thuringiensis* (BT), BT JC590 and cypermethin in famer field experiments on *Gypsophila muralis*.

No. of spraying	Treatment			
	Cypermethin	BT JC590	Commercial BT	Water
1st	0.6a	2.3a	2.7a	2.5a
2nt	2.9a	1.6a	0.1a	3.5a
3rt	6.0a	3.0a	6.6a	18.4b
4th	4.6a	3.7a	7.6a	45.3b
5th	8.9a	18.3b	17.1ab	57.1c
6th	4.5a	18.9a	15. 3a	62b
7th	8.8a	13.1a	18.9a	76.2b

1/ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำปรับค่าข้อมูลโดย Logarithm สูตรการคำนวณคือตัวแปรใหม่ = LG10 (ตัวแปรเดิม) ค่าเฉลี่ยที่ตามตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

Table 4 Effectiveness for controlling the common cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) compared to commercial *Bacillus thuringiensis* (BT), BT JC590 and cypermethin in famer field experiments on *Petunia hybrid*

No. of spraying	Treatment			
	Cypermethin	BT JC590	Commercial BT	Water
1st	0.0a	0.1a	0.01a	0.01a
2nt	0.7ab	0.0a	0.0a	3.9b
3rt	1.2a	3.9a	2.4a	10.9b
4th	1.6a	4.6a	3.0a	17.1b
5th	11.5a	12.1a	29.1a	83.6b
6th	8.6a	13.1a	30.7a	102b
7th	3.5a	19.7b	24.7b	140c

1/ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำปรับค่าข้อมูลโดย Logarithm สูตรการคำนวณคือตัวแปรใหม่ = LG10 (ตัวแปรเดิม) ค่าเฉลี่ยที่ตามตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยใช้การทดสอบแบบ Duncan's New Multiple Range Test

คำขอบคุณ

ผลงานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีการศึกษา 2554

เอกสารอ้างอิง

จริยา จันทร์ไพแสง ปทุมพร ฉิมอเนก และ เลาจนา เชาวนาดิศัย, 2544, ความหลากหลายของสายพันธุ์ *Bacillus thuringiensis* ที่พบในประเทศไทยและประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืช, รายงานการวิจัยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ตุลยา กลับแก้ว, 2550, อายุการเก็บรักษาและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ *Bacillus thuringiensis* JC590 ในการควบคุมหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (Fabricius), วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ, 88 หน้า

ทิพย์วดี อรรถธรรม, 2535, บทปฏิบัติการโรควิทยาของแมลง, ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 107 หน้า.

เยาวลักษณ์ พู่จิตร์กานนท์, 2548, คุณลักษณะของยีน *CryI* ที่ควบคุมการสร้างผลึกโปรตีนจาก *Bacillus thuringiensis* JC 590, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Dhanoothep, K., 2000, Effect of Environmental Factors to the Efficacy of *Bacillus thuringiensis* Against the Beet Armyworm, Master of Science, Kasetsart University.

การกลายพันธุ์เชื้อ *Rhizopus microsporus* TISTR 3518 ด้วยรังสีแกมมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกรดแล็กติกจากแป้งมันสำปะหลัง

Gamma Radiation Induced Mutation of *Rhizopus microsporus* TISTR 3518 for Over Production of Lactic Acid from Cassava Starch

จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ[1] สุชาดา พงษ์พัฒน์[1] วชิราภรณ์ ผิวล่อง[1] และ สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1]

Eamsiri, J.[1], Pongpat, S.[1], Pewlong, W.[1] and Sajjabut, S.[1]

Abstract

The gamma radiation resistance (D_{10} value) of *Rhizopus microsporus* TISTR 3518 was investigated to establish the optimal dose for the improvement of its lactic acid production by inducing the mutant strain with irradiation. Results showed that the D_{10} value of *Rhizopus microsporus* TISTR 3518 was 0.8824 kGy and the minimal dose for mutation induction was found to be 5.93 kGy. Fourty-three out of 425 isolates of *R. microsporous* TISTR 3518 exhibited higher total acid yield than the wild type. The selected strains were recultivated in liquid medium containing cassava starch as a carbon source to test the production of lactic acid. It was found that only 12 isolates showed the abilities to produced higher lactic acid yield than parent strain. The mutant strain M-69 showed the highest lactic acid production with the maximum yields of 5.1830 g/g of dry mycelium, whereas the yield of wild type was 3.1101 g/g of dry mycelium.

Keywords: mutation, lactic acid, gamma radiation, *Rhizopus microsporus*

บทคัดย่อ

จากการศึกษาความต้านทานรังสีแกมม่า (D_{10} value) ของเชื้อรา *Rhizopus microsporus* TISTR 3518 เพื่อใช้กำหนดปริมาณรังสีที่เหมาะสมสำหรับชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของเชื้อ พบว่าความต้านทานรังสีของเชื้อ *R. microsporus* TISTR -3518 มีค่าเท่ากับ 0.8824 กิโลเกรย์ และได้กำหนดปริมาณรังสีขั้นต่ำสำหรับการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ พบว่ามีค่า 5.93 กิโลเกรย์ หลังจากฉายรังสีเชื้อดังกล่าวตามปริมาณที่กำหนดหรือมากกว่า แล้วคัดเลือกเชื้อที่สามารถผลิตกรดได้สูงกว่าสายพันธุ์ตั้งต้น พบว่าเชื้อ *R. microsporus* สายพันธุ์กลายจำนวน 43 ไอโซเลท จาก 425 ไอโซเลท สามารถผลิตกรดทั้งหมดได้สูงกว่าสายพันธุ์เดิม และเมื่อนำไปเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าเชื้อสายพันธุ์กลายจำนวน 12 ไอโซเลทสามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงกว่าสายพันธุ์ตั้งต้น โดยเชื้อสายพันธุ์กลายที่สามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงสุดได้แก่ M-69 ซึ่งสามารถผลิตกรดได้ 5.1830 กรัม/กรัมของเส้นใยแห้ง ในขณะที่สายพันธุ์ตั้งต้นผลิตกรดได้เพียง 3.1101 กรัม/กรัมของเส้นใยแห้ง

คำสำคัญ: การกลายพันธุ์ กรดแล็กติก รังสีแกมมา *Rhizopus microsporus*

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้กรดแล็กติกในอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างกว้างขวาง เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมยา และอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้เป็นมอนอเมอร์ตั้งต้นในการผลิต Polylactate polymers ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพและเข้ากันได้กับสิ่งมีชีวิต ทำให้ความต้องการกรดแล็กติกมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยแนวโน้มความต้องการใช้ในปี 2553 เพิ่มขึ้นถึง 500,000 เมตริกตัน

กรดแล็กติกที่เหมาะสำหรับใช้เป็นมอนอเมอร์ตั้งต้นในการผลิตพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพควรอยู่ในรูปของไอโซเมอร์บริสุทธิ์ ซึ่งผลิตได้จากกระบวนการหมักวัตถุดิบประเภทแป้งด้วยเชื้อจุลินทรีย์ ให้ผลผลิตเป็นกรดแล็กติก-แอล (L-lactic acid) หรือกรดแล็กติก-ดี (D-lactic acid) ที่บริสุทธิ์ ส่วนกรดแล็กติกที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีจะเป็นสารผสมเรซมิก (racemic mixture) ของกรดแล็กติก-ดี และกรดแล็กติก-แอลในอัตราส่วนเท่าๆ กัน (DL-lactic acid) ซึ่งไม่

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ 8 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Moo 7, Sai Mun, Ongkharak, Nakorn Nayok, 26120

เหมาะสำหรับใช้เป็นมอนอเมอร์ตั้งต้น เชื้อราจัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีข้อได้เปรียบสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตกรดแล็กติก เนื่องจากมีความต้องการสารอาหารที่ไม่ซับซ้อน สามารถใช้แป้งและน้ำตาลหลายชนิดเป็นแหล่งคาร์บอนได้ Kitprechavanich และคณะ (2008) รายงานว่าเชื้อ *Rhizopus microsporus* TISTR 3518 สามารถผลิตกรดแล็กติกจากแป้ง ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้สูงกว่าเชื้อ *Rhizopus oryzae* TISTR 3523 โดยกรดที่ผลิตได้มากกว่าร้อยละ 95 เป็นกรดแล็กติก เนื่องจากเชื้อ *R. microsporus* TISTR 3518 สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูง จึงสามารถลดการใช้พลังงานในกระบวนการหมักในระดับอุตสาหกรรมลงได้ ส่งผลให้เชื้อดังกล่าวมีศักยภาพสูงในการพัฒนาสู่เชิงพาณิชย์

การทำให้เชื้อจุลินทรีย์กลายพันธุ์ เป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มปริมาณผลผลิตกรดแล็กติกที่ได้จากกระบวนการหมักวัสดุประเภทแป้ง Suntornsuk และ Hang (1994) ได้รายงานว่ามีการใช้สารเคมีหรือ physical agent เป็นตัวชักนำให้เชื้อ *R. oryzae* กลายพันธุ์ ทำให้มีความสามารถในการผลิตกรดแล็กติกได้สูงขึ้น และพบเชื้อสายพันธุ์กลายจำนวน 3 ไอโซเลทที่สามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงกว่าสายพันธุ์ตั้งต้น อย่างไรก็ตามรังสีจัดเป็น physical agent อย่างหนึ่งในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากรังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีสมบัติในการก่อให้เกิดไอออน และมีอำนาจในการทะลุทะลวงสูง สามารถก่อให้เกิดการแตกหักของโครโมโซมในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ส่งผลให้เกิดการกลายพันธุ์ของเซลล์ได้ จึงเป็นการเหมาะอย่างยิ่งในการนำรังสีแกมมามาประยุกต์ใช้ในการกลายพันธุ์เชื้อ *R. microsporus* TISTR 3518 เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกรดแล็กติกในกระบวนการหมักจากแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ผลิตมันสำปะหลังรายใหญ่ของโลกทำให้วัตถุดิบมีราคาถูก หากนำมาใช้ในกระบวนการหมักจะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่มันสำปะหลังได้อีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การหาปริมาณรังสีแกมม่าที่เหมาะสมในการชักนำให้สปอร์ของเชื้อรา *R. microsporus* TISTR 3518 เกิดการกลายพันธุ์

เตรียมสปอร์แขวนลอยใน 0.85% NaCl ที่มี Tween-80 ผสมอยู่ 0.02% แล้วปรับปริมาณให้ได้จำนวนของสปอร์ 1×10^6 สปอร์/มล. นำไปฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 0 ถึง 8 กิโลเกรย์ (อัตราปริมาณรังสีเท่ากับ 0.12 กิโลเกรย์ต่อนาที) จากนั้นหาจำนวนสปอร์ที่รอดชีวิต โดยนำไปเลี้ยงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร potato dextrose agar (PDA) บ่มที่ 40 องศาเซลเซียส 48 ชม. นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟ ระหว่างค่าสัดส่วนของเชื้อที่รอดชีวิตบนแกน Y กับปริมาณรังสีบนแกน X เพื่อหา D_{10} value และความกว้างของ shoulder ของกราฟ โดยความกว้างของ shoulder หาได้จากการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) เส้นกราฟให้ตัดแกน X จากนั้นลากเส้นตรงจากแกน Y ผ่านจุดสูงสุดของเส้นโค้งของกราฟไปยังเส้นกราฟส่วนที่ประมาณค่านอกช่วง จากนั้นจึงคำนวณหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการชักนำให้สปอร์ของเชื้อ *R. microsporus* TISTR 3518 เกิดการกลายพันธุ์ โดยปริมาณรังสีที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับค่า D_{10} value+ความกว้างของ shoulder

2. การฉายรังสีแกมม่าเพื่อชักนำให้เชื้อ *R. microsporus* TISTR 3518 เกิดการกลายพันธุ์

นำสปอร์แขวนลอยไปฉายรังสีแกมมาตามปริมาณรังสีที่คำนวณได้จากข้อ 1 จากนั้นนำไปเลี้ยงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Rich medium (อาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย Glucose 50 กรัม, yeast extract 15 กรัม, peptone 15 กรัม, $(NH_4)_2SO_4$ 2 กรัม, KH_2PO_4 0.3 กรัม, $MgSO_4.7H_2O$ 0.25 กรัม, $ZnSO_4.7H_2O$ 0.05 กรัม, NaCl 5 กรัม, Agar 20 กรัม, pH 6.0) บ่มที่ 40 องศาเซลเซียส 48 ชม. เขี่ยเชื้อที่เจริญเป็นโคโลนีเดี่ยวลงใน PDA slant เก็บไว้เพื่อทดสอบความสามารถในการผลิตกรดต่อไป

3. การทดสอบความสามารถในการผลิตกรดทั้งหมด (total acid) ของเชื้อรา *R. microsporus* ที่รอดชีวิต

เพาะเลี้ยงเชื้อ *R. microsporus* ที่รอดชีวิตบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร PDA บ่มที่ 40 องศาเซลเซียส 48 ชม. ตัดอาหารวุ้นบริเวณขอบโคโลนีด้วย cork borer จากนั้นนำแผ่นวุ้นที่ตัดไว้ไปวางบนผิวหน้าวุ้นในท่อพลาสติกที่ฝังอยู่ในจานอาหาร tube selective medium (อาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย soluble starch 10 กรัม, $(NH_4)_2SO_4$ 2 กรัม, $MgSO_4.7H_2O$ 0.05 กรัม, KH_2PO_4 0.1 กรัม, bromocresol green 0.1 กรัม, Agar 20 กรัม, pH 6.0) บ่มที่ 40 องศาเซลเซียส 24 ชม. วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณอาหารวุ้นที่เปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเหลือง เปรียบเทียบกับเชื้อสายพันธุ์เดิม (Bai และคณะ, 2004)

4. การทดสอบความสามารถในการผลิตกรดแล็กติก ของเชื้อรา *R. microsporus* สายพันธุ์กลายที่คัดเลือกจากข้อ 3

เตรียมสปอร์ของเชื้อรา *R. microsporus* สายพันธุ์กลายตามวิธีในข้อ 1 นำไปเลี้ยงในอาหาร fermentation

medium (อาหาร 1 ลิตรประกอบด้วยแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการไฮโดรไลส์ด้วย 3N HCl 120 กรัม, $(NH_4)2SO_4$ 2 กรัม, K_2HPO_4 0.6 กรัม, $MgSO_4.7H_2O$ 0.25 กรัม และ $ZnSO_4$ $.7H_2O$ 0.04 กรัม) ที่เตรียมเป็น Preculture medium ตามวิธีของ Bai และคณะ (2003) บ่มที่ 40 องศาเซลเซียส บนเครื่องเขย่าแบบ reciprocal ที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที 48 ชม. เก็บเส้นใยโดยกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 ล้างด้วย 3N HCl จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้งเพื่อกำจัดกรดออกจนหมด อบเส้นใยที่ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ (Naranong และ Poocharoen, 2001) และนำส่วนใสที่กรองได้ไปวิเคราะห์ปริมาณกรดแล็คติกโดยวิธี High Performance Liquid Chromatography ตามวิธีของ Vodnar และ Carmen (2008) โดยใช้ Phenomenex C18 column เปรียบเทียบปริมาณกรดแล็กติกต่อกรัมของเส้นใยแห้งกับเชื้อสายพันธุ์ตั้งต้น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การหาปริมาณรังสีแกมมาที่เหมาะสมในการชักนำให้สปอร์ของเชื้อรา *R. microsporus* TISTR 3518 เกิดการกลายพันธุ์

จากการทดลองฉายรังสีสปอร์ของเชื้อ *R. microsporus* TISTR 3518 ที่แขวนลอยใน 0.85% NaCl ที่มี Tween-80 ผสมอยู่ 0.02% ที่ปริมาณรังสี 0 ถึง 8 กิโลเกรย์ พบว่าปริมาณรังสีระดับต่ำสามารถทำลายสปอร์ได้น้อยมาก โดยเส้นกราฟแสดงช่วงที่เป็น shoulder และเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีให้สูงขึ้นถึงระดับหนึ่งจึงจะสามารถทำลายสปอร์ได้ เมื่อนำค่าที่ได้ไปเขียน survival curve แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีและสัดส่วนการรอดชีวิตของสปอร์เชื้อ จะได้ความสัมพันธ์ ดังสมการ Y = -1.1332X + 5.7200 ดังแสดงใน Figure 1 จากสมการแสดงให้เห็นว่าความชัน (slope) ของเส้นกราฟ มีค่าเท่ากับ -1.1332 ดังนั้น D_{10} value (1/ความชัน) มีค่าเท่ากับ 0.8824 กิโลเกรย์

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเชื้อมีความต้านทานต่อรังสีค่อนข้างสูง โดยสังเกตได้จากเส้นกราฟแสดงช่วงที่เป็น shoulder ดังนั้นในการกำหนดปริมาณรังสีที่เหมาะในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์จึงต้องคำนึงถึงค่าของความกว้างของ shoulder ด้วย โดยปริมาณรังสีน้อยที่สุดที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของสปอร์ คือค่า D_{10} value + ความกว้างของ shoulder จาก survival curve ของสปอร์ พบว่าเมื่อประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) เส้นกราฟให้ตัดแกน X (Y=0) จะได้ค่าความกว้างของ shoulder เท่ากับ 5.0476 กิโลเกรย์ นั่นคือ ปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของเชื้อ *R. microspores* TISTR 3518 มีค่าเท่ากับ 5.93 กิโลเกรย์

2. การฉายรังสีแกมมาเพื่อชักนำให้เชื้อ *R. microsporus* TISTR 3518 เกิดการกลายพันธุ์และทดสอบความสามารถในการผลิตกรดของเชื้อที่รอดชีวิต

จากการฉายรังสีสปอร์แขวนลอยที่ปริมาณรังสี 5.93 กิโลเกรย์ หรือมากกว่า สามารถคัดเลือกเชื้อที่รอดชีวิตได้จำนวน 425 isolates เมื่อนำไปทดสอบความสามารถในการผลิตกรดทั้งหมด (Total acid) เปรียบเทียบกับเชื้อสายพันธุ์เดิม โดยเชื้อถูกจำกัดให้เจริญอยู่ภายในพื้นที่หน้าตัดของท่อและผลิตกรดออกมา กรดที่ได้จะแพร่ออกมาสู่อาหารบริเวณรอบๆ ท่อ ทำให้อาหารเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเหลือง พบว่าเชื้อ *R. microsporus* สายพันธุ์กลายจำนวน 43 ไอโซเลตสามารถผลิตกรดทั้งหมดได้สูงกว่าสายพันธุ์ตั้งต้น

3. การทดสอบความสามารถในการผลิตกรดแล็กติก ของเชื้อ *R. microsporus* สายพันธุ์กลายที่คัดเลือกจากข้อ 2

จากการเพาะเลี้ยงเชื้อสายพันธุ์กลายทั้ง 43 ไอโซเลทที่คัดเลือกได้จากข้อ 2 ในอาหารเหลว (Fermentation Medium) พบว่าเชื้อสายพันธุ์กลายจำนวน 12 สายพันธุ์สามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงกว่าสายพันธุ์ตั้งต้นดังแสดงใน Table 1 โดยสายพันธุ์ที่สามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงสุด ได้แก่ สายพันธุ์ M-69 โดยสามารถผลิตกรดแล็กติกได้ 5.1830 กรัม/กรัมของเส้นใยแห้ง ซึ่งสูงกว่าสายพันธุ์ตั้งต้นที่สามารถผลิตกรดแล็กติกได้เพียง 3.1101 กรัม/กรัมของเส้นใยแห้ง

สรุปผล

ปริมาณรังสีแกมมา 5.93 kGy เป็นปริมาณรังสีขั้นต่ำที่เหมาะสำหรับกลายพันธุ์เชื้อรา *R. microsporus* TISTR 3518 จากการฉายรังสีปริมาณดังกล่าว พบเชื้อสายพันธุ์กลายจำนวน 12 ไอโซเลทสามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงกว่าสายพันธุ์ตั้งต้นโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอน เชื้อสายพันธุ์กลาย M-69 เป็นเชื้อที่สามารถผลิตกรดแล็กติกได้สูงสุด โดยสามารถผลิตกรดได้ 5.1830 กรัม/กรัมของเส้นใยแห้ง ซึ่งสูงกว่าสายพันธุ์ตั้งต้นที่ผลิตได้เพียง 3.1101 กรัม/กรัมของเส้นใยแห้ง

เอกสารอ้างอิง

Bai, D.-M., Jia, M.-Z., Zhao, X.-M., Ban, R., Shen, F., Li, X.-G. and Xu, S.-M., 2003, L(+)-lactic Acid Production by Pellet-form *Rhizopus oryzae* R1021 in a Stirred Tank Fermentor, Chemical Engineering Science, 58(3-6): 785-791.

Bai, D.-M., Zhao, X.-M., Li, X.-G. and Xu, S.-M., 2004, Strain Improvement of *Rhizopus oryzae* for Over Production of L(+)-lactic Acid and Metabolic Flux Analysis of Mutants. Biochemical Engineering Journal, 18(1): 41-48.

Kitpreechavanich, V., Maneeboon, T., Kayano, Y. and Sakai, K., 2008, Comparative Characterization of L-Lactic Acid-Producing Thermotolerant *Rhizopus* Fungi, Journal of Bioscience and Bioengineering, 106(6): 541-546.

Naranong, N. and Poocharoen, D., 2001, Production of L-Lactic Acid from Raw Cassava Starch by *Rhizopus oryzae* NRRL 395, Kasetsart Journal: Natural Science, 35(2): 164-170.

Suntornsuk, W. and Hang, D.Y., 1994, Strain Improvement of *Rhizopus oryzae* for Production of L(+)-Lactic Acid and Glucoamylase, Letters in Applied Microbiology, 19: 249-252.

Vodnar, D. and Carmen, S., 2008, Comparative Analysis of Lactic Acid Produced by Apple Substrate Fermentation Using HPLC and Tectronik Senzytec Biosensor, Bulletin UASVM, Agriculture, 65(2): 109-113.

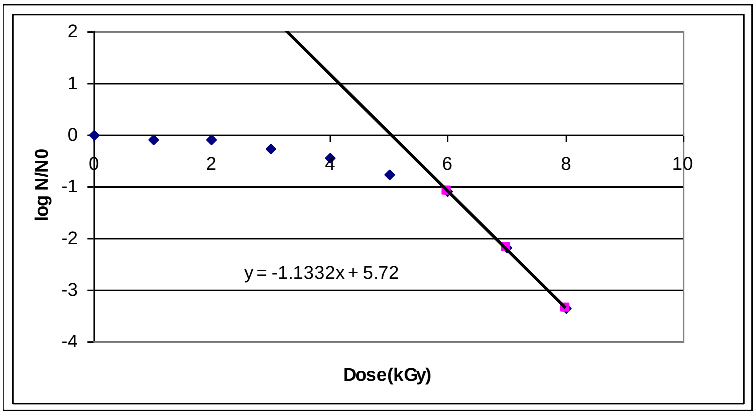


Figure 1 Survival fractions of the spores of *R. microsporus* TISTR 3518 after gamma irradiation at various doses

Table 1 Lactic acid production from mutant strains in liquid medium containing cassava starch

Isolate	Dry mycelium(g)	Lactic acid (mg/ml)	Yield (g lactic acid /g of dry mycelium)
3518	0.4310	13.3559	3.1101
M-33	0.4688	18.1335	3.4812
M-38	0.3270	17.5260	5.0063
M-42	0.3997	26.0720	4.5660
M-60	0.3618	16.0327	4.0114
M-65	0.2969	15.9199	4.8507
M-69	0.2662	14.8324	5.1830
M-88	0.4392	24.8766	5.0956
M-183	0.3702	19.6151	4.7704
M-271	0.5225	19.7998	3.4208
M-278	0.4415	26.5120	4.2035
M-287	0.5320	19.5013	3.3017

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 145-148 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 145-148 (2555)

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรในการยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียในขนมปัง

Efficiency of Essential Oils from Medicinal Plants for Inhibition of Fungal Causing Spoilage in Bread

จาตุรงค์ จงจีน[1]
Jaturong, J.[1]

Abstract

Fungas is a cause of spoilage in bread. The common of food born fungal pathogen is *Aspergillus* sp. This research aimed to study the efficiency of essential oils from medicinal plants on inhibition of fungal pathogen that cause spoilage in bread. They were isolated of *Aspergillus* sp. and *Penicilium* sp. from bread using tissue transplanting method, this fungal were grown on Potato dextrose agar (PDA) medium at 30^{O}C for a week. The essential oils from five kinds of medicinal plants *Citrus hystrix* DC., *Citrus aurantiforlia* (Christm) Swing., *Cymbopogon citratus* stapf., *Metha cordifolia* Opiz. and *Zingiber officinale* Rosc. were extracted with 95% ethyl alcohol using a distillation method at 60^{O}C for 3 hours, determined for antifungal activity by agar disk diffusion and compared effective of essential oils with control group (Distilled water). The results showed that at minimal concentration of essential oil of *Citrus hystrix* DC. (50,000 ppm) has showed highest inhibition activity on *Aspergillus* sp. (clear zone as 4.25±0.95 mm) while essential oil from *Cymbopogon citratus* stapf. showed highest inhibition growth of *Penicillium* sp. (clear zone as 4.50±0.69 mm) at the minimal concentrationlevel (100,000 ppm) when compared with control that did not inhibit growth of both fungi
Keywords: medicinal plant, essential oils, inhibition

บทคัดย่อ

เชื้อราเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในขนมปังส่วนใหญ่จะพบเชื้อราก่อโรค คือ *Aspergillus* sp. งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรในการยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียในขนมปัง โดยเชื้อรา *Aspergillus* sp. และ *Penicilium* sp. คัดแยกได้จากขนมปังด้วยวิธี Tissue transplanting บนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) ที่อุณหภูมิ 30^{o}C นาน 1 สัปดาห์ ทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร 5 ชนิด คือ มะนาว มะกรูด ตะไคร้ สะระแหน่และขิง ด้วยวิธีการกลั่น (Distillation) โดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์ 95% เป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 60^{o}C นาน 3 ชั่วโมง นำน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด มาทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 2 ชนิด ด้วยวิธี Agar disk diffusion เปรียบเทียบผลการยับยั้งกับชุดควบคุม พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aspergillus* sp. ได้ดีที่สุด ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด 50,000 ppm (ขนาดวงใสเท่ากับ 4.25±0.95 มม.) ในขณะที่ตะไคร้สามารถยับยั้งเชื้อ *Penicilium* sp. ได้ดีที่สุดที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด 100,000 ppm (ขนาดวงใสเท่ากับ 4.50±0.69 มม.) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้
คำสำคัญ: พืชสมุนไพร น้ำมันหอมระเหย การยับยั้ง

คำนำ

ประเทศไทยจัดอยู่ในเขตที่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น สภาวะอากาศและสิ่งแวดล้อมที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา ส่งผลให้อาหารและผลผลิตทางการเกษตรหรือวัตถุดิบที่นำมาทำเป็นอาหารของคนและสัตว์มีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเสื่อมเสียอย่างรวดเร็ว จุลินทรีย์บางชนิดยังก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค โดยจะมีการสร้างสารพิษที่สร้างจากเชื้อจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ขนมอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการความนิยมสูงจากผู้บริโภคซึ่งบางชนิดเกิดการเสื่อมเสียอย่างรวดเร็ว เนื่องจากขนมอบเป็นอาหารกึ่งแห้ง (Intermediates moisture food) และจุลินทรีย์ที่พบในอาหารกึ่งแห้งหรืออาหารที่มีความชื้นต่ำ ที่ทำให้การเสื่อมเสียของขนมอบโดยส่วนใหญ่แล้วจะมีสาเหตุมาจากเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มเชื้อราที่อยู่ในจีนัส *Eurotium Aspergillus* และ *Penicillium*

[1] **สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี** 2 ถนนราชธานี ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000
[1] Division of Biology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University, 2 Ratchathani Rd. Naimuang, Muang, Ubon Ratchathani, 34000

เชื้อราจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านกลิ่น สีและรสชาติ รวมทั้งมีการสร้างสารพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค ปัจจุบันการยืดอายุการเก็บอาหารประเภทขนมอบนิยมเติมสารกันเสียซึ่งเป็นสารเคมี ได้แก่ propionate และ sorbic acid เพื่อใช้ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ การนำสารเคมีมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น การแพ้สารเคมีในผู้บริโภค การสะสมซึ่งสารเคมีที่อาจทำให้เกิดโรค

"สมุนไพร" เป็นพืชที่มากด้วยคุณค่าและได้มีการนำเอาสมุนไพรหลายชนิดไปใช้ประโยชน์ทั้งทางยาบำรุงร่างกาย อาหาร และยังมีคุณประโยชน์ในด้านการรักษาโรคอีกด้วย ดังนั้นสมุนไพรคือพืชที่ใช้ทำเป็นเครื่องยา สมุนไพรกำเนิดมาจากธรรมชาติและมีความหมายต่อชีวิตมนุษย์โดยเฉพาะทางด้านสุขภาพซึ่งหมายถึงการส่งเสริมสุขภาพและการรักษาโรค เนื่องจากสมุนไพรมีคุณประโยชน์มากมายจึงเป็นที่น่าสนใจศึกษาสรรพคุณต่างๆ ของสมุนไพร กรรมวิธีการสกัดสารจากพืชสมุนไพรหมายถึงการทำให้สารออกฤทธิ์ทางธรรมชาติที่อยู่ในพืชออกมาด้วยวิธีทางเคมี วิทยาศาสตร์และแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน กรรมวิธีการสกัดสารเพื่อเอาฤทธิ์สมุนไพรแบบภูมิปัญญาชาวบ้านได้แก่ หมัก แช่ ต้ม กลั่น ด้วยตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำเย็น น้ำร้อน แอลกอฮอล์ เหล้า น้ำมันก๊าด จุลินทรีย์ ฯลฯ ดังนั้นการรู้จักกรรมวิธีการสกัด และวิธีการนำไปใช้ที่ถูกต้องเพื่อการนำสมุนไพรไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ได้ผลผลิตคุณภาพดีโดยไม่เสียเวลาและโอกาส

ปัจจุบันนี้ได้มีการใช้สมุนไพรเพื่อทำเป็นยารักษาโรคจากจุลินทรีย์ โดยการสกัดเอาสารจากสมุนไพรที่มีฤทธิ์สามารถนำไปใช้ยับยั้งเชื้อก่อโรคต่างๆ ได้ ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร เช่น ขิง ตะไคร้ มะนาว ใบมะกรูดและสะระแหน่ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคในขนมปัง

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นที่ 1 การคัดแยกเชื้อราที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบนขนมปัง

ทำการคัดแยกเชื้อราด้วยวิธี Tissue transplanting โดยการนำเอาชิ้นส่วนของขนมปังที่มีเชื้อราเจริญมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ PDA เมื่อเชื้อเจริญจึงทำการแยกเชื้อบริสุทธิ์ลงบนอาหาร PDA slant และทำการถ่ายเชื้อ (subculture) จนกว่าจะได้ชื้อที่บริสุทธิ์และนำมาตรวจสอบชนิดของเชื้อราที่คัดแยกได้

ขั้นที่ 2 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร (ขิงตะไคร้มะนาวใบมะกรูดและสะระแหน่)

นำสมุนไพรที่ใช้สกัดมาหั่นหรือปั่นให้มีขนาดเล็กที่สุดและสกัดด้วยวิธีการกลั่น โดยใช้เอทานอล 95% เป็นตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:5 ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงเก็บน้ำมันหอมระเหยที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

ขั้นที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในขนมปังด้วยวิธี Agar disk diffusion

เลี้ยงเชื้อราบนอาหารเหลว PDB เป็นเวลา 3 วันจากนั้นนำมาปรับปริมาณเชื้อตั้งต้นด้วยวิธี McFarland barium sulfate standard เท่ากับ NO.1 จากนั้นนำน้ำมันหอมระเหยมาปรับความเข้มข้นเป็น 500, 1,000, 5,000, 10,000, 50,000, 100,000 และ 500,000 ppm และมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราด้วยวิธี Agar disk diffusion บ่มที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 24 ชั่วโมง สังเกตวงใส (clear zone) และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส

ผลการทดลอง

ผลการคัดแยกเชื้อราที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบนขนมปัง

จากการคัดแยกเชื้อราที่ส่งผลให้เกิดการเน่าเสียในขนมปังด้วยวิธี Tissue transplantingสามารถคัดแยกเชื้อราได้ทั้งสิ้น 27 isolates และเมื่อนำเชื้อที่บริสุทธิ์มาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าสามารถจำแนกชนิดเชื้อราได้ 2 ชนิด คือ *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp.

ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร (ขิงตะไคร้มะนาวใบมะกรูดและสะระแหน่)

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร 5 ชนิด คือ ขิง ตะไคร้ มะนาว ใบมะกรูด และสะระแหน่ พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มีคุณภาพดี มีกลิ่นหอมและมีสีใส เนื่องจากตัวอย่างพืชไม่สัมผัสกับความร้อนโดยตรง ทำให้ไม่เกิดการไหม้ของตัวอย่าง จึงไม่มีกลิ่นไหม้ปนมากับกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยซึ่งปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้คือ มะนาว ขิง มะกรูด ตะไคร้ และสะระแหน่ ตามลำดับ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในขนมปังด้วยวิธี Agar disk diffusion

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในขนมปังด้วยวิธี Agar disk diffusionที่ความเข้มข้น 500, 1,000, 5,000, 10,000, 50,000, 100,000 และ 500,000 ppm บ่มที่อุณหภูมิ 30^{o}C นาน 24 ชั่วโมง ขนาดของวงใสของน้ำมันหอมระเหยเมื่อเทียบกับชุดควบคุม พบว่าในการยับยั้งเชื้อ *Aspergillus* sp. น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด 50,000 ppm (ขนาดวงใสเท่ากับ 4.25 มม.) รองลงมา คือ มะนาวระดับความเข้มข้นต่ำสุด 50,000 ppm (ขนาดวงใสเท่ากับ 4.00±0.95 มม.) ตะไคร้ระดับความเข้มข้นต่ำสุด 50,000 ppm (ขนาดวงใสเท่ากับ 4.50±0.9 มม.) ขิงระดับความเข้มข้นต่ำสุด 100,000 ppm(ขนาดวงใสเท่ากับ 2.50±0.95 มม.) และสะระแหน่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด 100,000 ppm (ขนาดวงใสเท่ากับ 2.50±0.95 มม.) ตามลำดับ

ผลการยับยั้งเชื้อ *Penicillum* sp. พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบตะไคร้สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด 100,000 ppm (ขนาดโซนใสเฉลี่ยเท่ากับ 4.50±0.69 มม. รองลงมาคือ สะระแหน่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด 50,000 ppm (ขนาดวงใสเท่ากับ 2.50±0.69 มม.) ขิงระดับความเข้มข้นต่ำสุด 100,000 ppm (ขนาดวงใสเท่ากับ 2.00±0.69 มม.) มะนาวระดับความเข้มข้นต่ำสุด 50,000 ppm (ขนาดวงใสเท่ากับ 2.50±0.69 มม.) และมะกรูดระดับความเข้มข้นต่ำสุด 50,000 ppm (ขนาดวงใสเท่ากับ 3.00±0.69 มม.) ตามลำดับ

วิจารณ์ผล

ขนมปังเป็นอาหารกึ่งแห้งหรืออาหารที่มีความชื้นต่ำ แต่ยังมีความเสี่ยงในการเน่าเสียได้ โดยเฉพาะการเน่าเสียที่เกิดจากจุลินทรีย์โดยเฉพาะในกลุ่มของเชื้อราซึ่งจะสามารถเจริญได้ดี ทำให้ขนมปังมีการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่น สี และรสชาติ เชื้อราที่พบว่ามีการเจริญบนขนมปังมีความหลากหลายกว่า 1,000 สายพันธุ์ กระจายอยู่ทั่วโลก ซึ่งทำให้อาหารเน่าเสียและเชื้อราอีกหลายสายพันธุ์ยังมีการสร้างสารพิษขึ้นในอาหาร ส่งผลต่อสุขภาพและอนามัยของผู้บริโภค เมื่อนำขนมปังที่มีเชื้อราเจริญทำคัดแยกด้วยวิธี Tissue transplanting นำไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ทำการบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30^{o}C สามารถคัดแยกเชื้อราได้ทั้งสิ้น 27 isolatesจำแนกได้ 2 ชนิด คือ *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp. ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของอุดมลักษณ์ สุขอัตตะ และคณะ (2545) ซึ่งได้ทำการศึกษา ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรบางชนิดในการยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ซึ่งพบเชื้อรา *Aspergillus flavus Eurotium* sp. *Penicillium chrysogenum* และ *Rhizopus stolonifer* เจริญบนขนมอบ และเมื่อนำเชื้อราทั้งสองชนิดมาทำการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรากับน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรทั้ง 5 ชนิด (ขิง ตะไคร้ มะนาว ใบมะกรูด และสะระแหน่) ด้วยวิธี Agar disk diffusion พบว่ามะกรูดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus* sp. ได้ดีที่สุด รองลงมา คือ มะนาว ตะไคร้ ขิง และสะระแหน่ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเกศรินทร์ (2552) ซึ่งในน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดมีสารประกอบหลักคือ citronellol (10.67%) limonene (7.32%) linalool (5.83%) o-cymene (5.51%) และยังได้ทำการศึกษาการยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษแอลฟาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *Aspergillus parasiticus* จากการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากผิวเปลือกส้ม 5 ชนิด คือ มะกรูด มะนาว ส้มโอ ส้มเช้งและส้มโชกุน โดยวิธี disc diffusion assay พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด และมะนาวสามารถออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุดส่วนการยับยั้งเชื้อ *Penicillum* sp. พบว่าตะไคร้สามารถยับยั้งการเจริญได้ดีที่สุด รองลงมา คือ สะระแหน่ ขิง มะนาว และมะกรูด ตามลำดับ

สรุปผล

1. สามารถคัดแยกเชื้อราได้ทั้งสิ้น 27 isolates จำแนกชนิดเชื้อราได้ 2 ชนิด คือ *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp.

2. มะกรูดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus* sp. ได้ดีที่สุดตามด้วย มะนาว ตะไคร้ ขิง และสะระแหน่ ตามลำดับ

3. ตะไคร้สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Penicillum* sp. ได้ดีที่สุดตามด้วย สะระแหน่ ขิง มะนาว และมะกรูด ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

เกศรินทร์ รามณี, 2552, การศึกษาการยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษแอลฟาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *Aspergillus parasiticus* โดยใช้สารสกัดจากพืชตระกูลส้ม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ปทุม อรุณวัชรินทร์ อาภากร สุภาพิพัฒน์ และ จิตศิริ ราชตนะพนธ์, 2550, การยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, กรุงเทพฯ

อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และ อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์, 2545, การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรบางชนิดในการยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิภัณฑ์ขนมอบ, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

Frazier, W.C., 1958, Food Microbiology ^{2}nd. McGRAW-HILL Book Company, New York.

Hocking, A.D., 1998, Moulds and yeast associated with foods of reduced water activity: Ecology Interaction, In Seow, C.C. Ed. Food Preservation by Moisture Control, Elsevier Applied Science Publishers, London.

Pauli, A., 2001, Antimicrobial Properties of Essential Oil Constituents, The International Journal of Aromatherapy 11(3): 126-133.

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 149-152 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 149-152 (2555)

การผลิตกลูโคสไซรัปจากแป้งเมล็ดขนุนและแป้งมันสำปะหลัง

Glucose Syrup Produced from Jackfruit Seed Flour and Tapioca Starch

เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1] สมบูรณ์ศักดิ์ ศิลาเปรื่อง[1] และ รพีพร เอี่ยมสะอาด[1]

Thumthanaruk, B.[1], Silapruang, S.[1] and Aeimsard, R.[1]

Abstract

Glucose syrup from jackfruit seed flour and tapioca starch was compared and produced by using commercial enzymes of alpha amylase and glucoamylase. The concentration of jackfruit seed flour and tapioca starch was at 50%. After hydrolyzing with alpha amylase at 85-90°C for 1 hour, the addition of glucoamylase was incubated at 60°C for 24, 48, 72 and 96 hours. Results showed that glucose syrup produced from tapioca starch had higher viscosity, glucose content and soluble solid than the syrup from jackfruit seed flour at the same time of incubation. However, the suitable time of glucoamylase hydrolysis for producing glucose syrup was at 48 hours. The glucose syrup produced from jackfruit seed flour had yellowish green color compared to light yellow color of the syrup from tapioca starch. The results suggested that glucose syrup produced from tapioca starch has higher than that syrup from jackfruit seed flour. Additionally, jackfruit seed starch should be used to produce glucose syrup instead of jackfruit seed flour.

Keywords: jackfruit seed flour, glucose syrup, alpha – amylase, glucoamylase

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อเปรียบเทียบกลูโคสไซรัปผลิตจากแป้งเมล็ดขนุนและแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและกลูโคอะไมเลส สารละลายแป้งเมล็ดขนุนและแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 50% หลังจากการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 85-90°C เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง และเอนไซม์กลูโคอะไมเลส โดยแปรระยะเวลาในการบ่มคือ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60°C ผลการทดลองพบว่าการย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ระยะเวลาเดียวกัน กลูโคสไซรัปผลิตจากแป้งมันสำปะหลังมีความหนืด ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงกว่ากลูโคสไซรัปจากแป้งเมล็ดขนุน โดยช่วงเวลาที่เหมาะสมคือ 48 ชั่วโมง กลูโคสไซรัปจากแป้งเมล็ดขนุนมีสีเหลืองอมเขียวในขณะที่กลูโคสไซรัปจากแป้งมันสำปะหลังมีสีเหลืองอ่อน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากลูโคสไซรัปจากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณสูงกว่าแป้งเมล็ดขนุนและสตาร์ชเมล็ดขนุนควรนำมาใช้ในการผลิตกลูโคสไซรัปมากกว่าแป้งเมล็ดขนุน

คำสำคัญ: แป้งเมล็ดขนุน กลูโคสไซรัป แอลฟาอะไมเลส กลูโคอะไมเลส

คำนำ

กลูโคสไซรัปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายพืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ อาทิเช่น มันสำปะหลัง มันเทศ และข้าวโพด เป็นต้น แป้งมันสำปะหลัง (tapioca starch) ผลิตจากส่วนรากของมันสำปะหลัง (cassava) โดยมีปริมาณแป้งตั้งแต่ 15-33% แป้งมันสำปะหลังมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากแป้งชนิดอื่น คือ มีปริมาณเถ้าต่ำ ปริมาณอะมิโลสต่ำ และอะมิโลสและอะไมโลเพกตินที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (Breuninger และคณะ, 2009) แป้งเมล็ดขนุน (jackfruit seed flour) ผลิตจากเมล็ดขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) ซึ่งมีปริมาณแป้งอยู่สามารถบริโภคได้โดยนำมาต้มให้สุก พันธุ์ขนุนที่นำมาบริโภคภายในประเทศมีจำนวนมากกว่า 38 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ขนุนหนังเป็นสายพันธุ์ที่นิยมบริโภคเนื้อยวงมากที่สุด ผลิตภัณฑ์ขนุนนอกจากการรับประทานสดแล้วสามารถนำมาแปรรูปได้หลายอย่างเช่น ขนุนในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ขนุนทอด ขนุนอบ เป็นต้น ส่วนของเมล็ดขนุนสามารถผลิตเป็นแป้งเพื่อใช้ประโยชน์เป็นอาหาร (อมรรัตน์,

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800

2544) แป้งเมล็ดขนุนจัดเป็นส่วนที่เหลือและไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ สามารถนำมาใช้เป็นสารให้ความข้นและให้ความคงตัวในซอสพริก (Rengsutthi และ Charoenrein, 2011) และแป้งดัดแปร (Kittipongpatana และ Kittipongpatana, 2011) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตกลูโคสไซรัปใช้แป้งเมล็ดขนุนและแป้งมันสำปะหลัง (ชุดควบคุม) โดยผ่านขั้นตอน liquefaction ด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และ saccharification ด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส แปรระยะเวลาการย่อยของเอนไซม์กลูโคอะไมเลส แล้วตรวจสอบคุณภาพกลูโคสไซรัป เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้สูงขึ้นเพื่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) เฉพาะสายพันธุ์ทองประเสริฐ (Thong Prasert cultivar) การเตรียมแป้งเมล็ดขนุนดัดแปลงวิธีการของอมรรัตน์ (2544) โดยนำเมล็ดขนุนมาล้างทำความสะอาด ลอกเยื่อบางสีขาวครีมที่หุ้มชั้นนอกออกจากนั้นลอกเยื่อน้ำตาลออก โดยแช่ลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5% นาน 30 นาที วางให้สะเด็ดน้ำแล้วแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟท์เข้มข้น 0.5% นาน 30 นาที ล้างน้ำและเอาเยื่อสีน้ำตาลออก แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้งจนหมดคราบลื่น ได้ส่วนเอนโดสเปิร์ม นำมาหั่นเป็นชิ้นบางๆนำเข้าตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วบดด้วยเครื่องบดละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช เก็บในถุงซิปล็อคที่อุณหภูมิห้อง แป้งมันสำปะหลังตราปลาไทยห้าดาว เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส มีกิจกรรม 1,000 ยูนิต FA/ml และเอนไซม์กลูโคอะไมเลส มีกิจกรรม 300 ยูนิต AG/ml ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Brenntag Ingredients Thailand (มหาชน) การผลิตกลูโคสไซรัปโดยนำแป้งจากเมล็ดขนุนและแป้งมันสำปะหลัง(ชุดควบคุม) ย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และกลูโคอะไมเลส โดยใช้ปริมาณแป้ง 50 เปอร์เซ็นต์ ปรับพีเอชเป็น 5.7 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มอลให้ความร้อนในอ่างน้ำอุ่น (Model WB7, Memmert, Büchenbach, Germany) ปรับอุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 10 นาที ใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส 35 ไมโครลิตร ต่อ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 60 องศาเซลเซียส ปรับพีเอชให้อยู่ระหว่าง 4.0 - 4.5 เติมเอนไซม์กลูโคอะไมเลสปริมาณ 60 ไมโครลิตร ต่อ 100 มิลลิลิตร นำมาบ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แปรเวลาการบ่มเป็น 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง กรองกลูโคสไซรัปที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เปรียบเทียบลักษณะปรากฏของกลูโคสไซรัปที่ได้เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมต่อไป

การวิเคราะห์ทางเคมีและคุณภาพของกลูโคสไซรัป

คุณภาพของแป้งมันสำปะหลังและแป้งเมล็ดขนุนวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า ด้วยวิธี AOAC (1990) สำหรับกลูโคสไซรัปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Associates Laboratory, Inc., USA) คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Hand Refractrometer (ATAGO, USA) ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Synchorolectic viscometer (model LVDV II+, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., USA) โดยเลือกใช้หัวเข็มขนาดเบอร์ 1 ปรับความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ให้หัวเข็มหมุนเป็นเวลา 1 นาที และปริมาณกลูโคสด้วยเครื่อง HPLC (1200 Series Agilent Technology, USA) ใช้คอลัมน์ Zorbax Carbohydrate Analysis Column (1200 Series Agilent Technology, USA) ขนาด 4.6 × 250 mm, 5 µm โดย Flow rate 1.00 ml/min อุณหภูมิ 23°C ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของกลูโคสไซรัปด้วยวิธี FT-IR (Model Spectrum One, Perkin Elmer, USA)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเมล็ดขนุนและแป้งมันสำปะหลัง พบว่าแป้งเมล็ดขนุนมีปริมาณความชื้น (5.96±0.22%) ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดไว้ คือ ความชื้นไม่เกิน 13% (มอก. 638-2529) ต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลัง (12.38±0.10%) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ของอมรรัตน์ (2544) คือ มีค่าความชื้นเท่ากับ 6.34±0.04% แต่แป้งเมล็ดขนุนปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง โดยแป้งเมล็ดขนุนมีปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้า เท่ากับ 10.19±0.06%, 0.72±0.05% และ 3.35±0.08% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ของอมรรัตน์ (2544) ที่พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้า เท่ากับ 10.06±0.8, 1.36±0.03, 4.23±0.05%

คุณภาพสีของกลูโคสไซรัปจากแป้งเมล็ดขนุนและแป้งมันสำปะหลัง มีค่าความสว่าง (L*) ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 22.72±0.07, 22.65±0.21 เมื่อบ่มที่เวลา 96 ชั่วโมง และสูงสุดมีค่าเท่ากับ 24.13±0.98, 25.37±0.20 เมื่อบ่มที่เวลา 24

ชั่วโมง และค่าสีเหลือง (b*) ต่ำสุดเท่ากับ 6.62±0.03, -1.32±0.11 เมื่อบ่มที่เวลา 24 ชั่วโมง และสูงสุดมีค่าเท่ากับ 10.10±0.35, 3.43±0.23 บ่มที่เวลา 96 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น คุณภาพกลูโคสไซรัปมีสีเข้มขึ้น อาจเป็นผลเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (นิธิยา, 2551) แสดงให้เห็นว่าชนิดของแป้งและระยะเวลาการบ่มมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์กลูโคสไซรัปจากแป้งเมล็ดขนุนมีสีเหลืองอมเขียวอันเป็นผลมาจากสีของแป้งวัตถุดิบเริ่มต้น ซึ่งไม่ผ่านกระบวนฟอกสีเหมือนแป้งทางการค้า การย่อยด้วยเอนไซม์ในช่วงเวลาเดียวกัน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของกลูโคสไซรัปจากแป้งเมล็ดขนุนมีค่าระหว่าง 14.8–24.8°Brix ซึ่งน้อยกว่ากลูโคสไซรัปจากแป้งมันสำปะหลังมีค่า 31.7-37°Brix งานวิจัยของดวงภรณ์ (2544) ศึกษากระบวนการแปรรูปโดยเอนไซม์และลักษณะเฉพาะของน้ำเชื่อมขนุนพบว่าการแปรรูปน้ำเชื่อมขนุนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 17-20°Brix

ความหนืดของกลูโคสไซรัปจากแป้งมันสำปะหลังมีค่ามากกว่ากลูโคสไซรัปจากแป้งเมล็ดขนุนหลังจากการย่อยด้วยกลูโคอะไมเลสที่เวลา 96 ชั่วโมง เมื่อระยะเวลาการย่อยมากขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายและความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย (Figure 1) โดยคุณภาพของกลูโคสไซรัปของแป้งเมล็ดขนุนด้อยกว่ากลูโคสไซรัปของแป้งมันสำปะหลัง ทั้งนี้อาจเนื่องจากแป้งเมล็ดขนุนมีปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง โดยไขมันมีโอกาสเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอะมิโลส ซึ่งจะยับยั้งการพองตัวและการละลาย ส่งผลให้การทำงานของเอนไซม์ทั้งสองชนิดถูกขัดขวางไม่สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นคือแป้งได้ ซึ่งแป้งเมล็ดขนุนที่นำมาใช้ผลิตกลูโคสไซรัปควรเพิ่มขั้นตอนในการกำจัดไขมันและโปรตีนให้เหลือในปริมาณน้อยลง เมื่อใช้ปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เป็นผลเนื่องมาจากสารตั้งต้นมีปริมาณมากทำให้เอนไซม์เข้าไปย่อยและทำปฏิกิริยาได้มากและทั่วถึง กลูโคสไซรัปที่ผลิตได้จากแป้งเมล็ดขนุนและแป้งมันสำปะหลังแตกต่างอย่างกัน ($p>0.05$) เมื่อปริมาณแป้งเมล็ดขนุนและแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นและเวลาบ่มนานขึ้น กลูโคสไซรัปที่ผลิตจากแป้งเมล็ดขนุน 50% เวลาบ่ม 48 ชั่วโมง มีความเข้มข้นน้ำตาลกลูโคสมากที่สุด คือ 57.6% สอดคล้องผลการวิจัยของ Johnson และคณะ (2009) ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี FTIR พบกลูโคสในช่วง 2,700-2,750 cm^{-1} ซึ่งเป็นช่วงของหมู่ฟังก์ชันแอลดีไฮด์ (CHO) (Figure 2) นอกจากนี้ยังพบน้ำตาลฟรุกโทสอีกด้วย ข้อเสนอแนะจากการทดลอง พบว่าควรเพิ่มระยะเวลาในการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าเพิ่มมากขึ้นและแป้งเมล็ดขนุนควรผ่านขั้นตอนการกำจัดโปรตีน ไขมัน เพื่อให้มีความบริสุทธิ์มากขึ้นทำให้เอนไซม์เข้าไปทำปฏิกิริยาได้ดีและให้ปริมาณกลูโคสไซรัปมากขึ้น

สรุปผล

แป้งเมล็ดขนุนมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังทางการค้าซึ่งเป็นสตาร์ชดัดแปร แต่แป้งเมล็ดขนุนมีความชื้นต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลังทางการค้า กลูโคสไซรัปจากแป้งขนุนและแป้งมันสำปะหลังทางการค้าที่ได้มีคุณภาพด้านเคมีและกายภาพที่ต่างกัน สภาวะที่เลือกใช้ในการผลิตกลูโคสไซรัปจากแป้งเมล็ดขนุน คือ แป้งเมล็ดขนุน 50% บ่มที่เวลา 48 ชั่วโมง และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในกลูโคสไซรัปไม่พบยีสต์และรา

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท Brenntag Ingredients Thailand (มหาชน) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและกลูโคอะไมเลสตลอดงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2551, เคมีอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 3, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลูโคสไซรัป, มอก. 268-2521, ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 95 ตอนที่ 100, คุรุสภา, ลาดพร้าว, กรุงเทพฯ.

อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, 2544, การสกัดและศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งจากเมล็ดขนุน, รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th edition, Washington D.C. USA.

Breuninger, W.F., Piyachomkwan, K. and Sriroth, K., 2009, Chapter 12 - Tapioca/Cassava Starch: Production and Use, Starch, 3rd edition, 541-56p.

Johnson, R., Padmaja, G. and Moorthy, S.N., 2009, Comparative Production of Glucose and High Fructose Syrup from Cassava and Sweet Potato Roots by Direct Conversion Techniques, Innovative Food science and Emerging Technologies, 10: 616-620.

Rengsutthi, K. and Charoenrein, S., 2011, Physico-chemical Properties of Jackfruit Seed Starch *(Artocarpus heterophyllus)* and Its Application as a Thickener and Stabilizer in Chilli Sauce. LWT - Food Science and Technology, 44(5): 1309-1313.

Kittipongpatana, O.S. and Kittipongpatana, N., 2011, Preparation and Physicochemical Properties of Modified Jackfruit Starches LWT, Food Science and Technology, 44(5): 1766-1773.

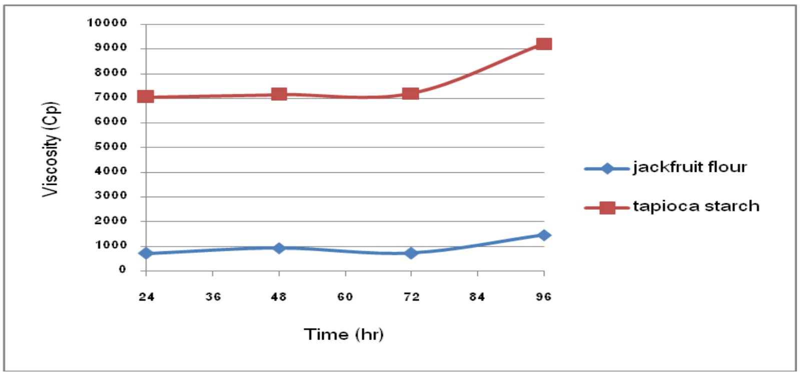


Figure 1 Effect of reaction time on viscosity of tapioca starch and jackfruit seed flour

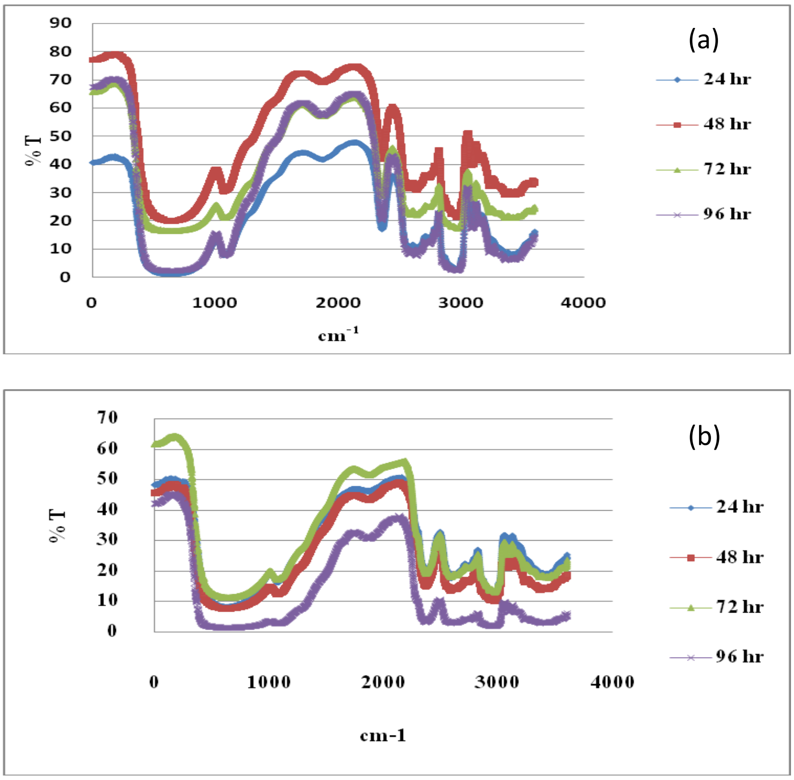


Figure 2 Effect of FTIR on tapioca starch (a) and jackfruit seed starch (b)

การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร

Bio-Fuel Production from Agricultural Wastes

เพ็ญจา จิตจำรูญโชคไชย[1]
Jitjumroonchokchai, P.[1]

Abstract

FAO mentions about wastes from agricultural area are increasing and it is becoming a burgeoning problem as rotten waste agricultural biomass emits methane and leachate. Agricultural waste such as bagasse and sedge (*Cyperus imbricatus*) were collected from agricultural areas at Nong-chok district. They were retreated by 2 days drying and mixing dried agricultural wastes and mixed with sawdust as ratios were: 100:0, 90:10, 70:30 and 50:50(by weight). Tapioca starch at 10% (by weight) was used as a blender. To make the bio-fuel, a screw-press machine compressed agricultural wastes that mixed with various ratios of sawdust. A size of green energy block was 15 centimeters diameter, 5 centimeters height and 150 grams weight. Energy values were tested using a Bomb-calorimeter measurement instrument. The results of testing found: the best ratio of green energy compressed for high heating value was 70:30 (Sedge: sawdust) and the maximum heating value was 4,739.83 J/g. This bio-fuel made from agricultural waste is a way of recycle waste to be energy and reducing waste from agricultural areas.

Keywords: bagasse, sedge, bio-fuel, waste, agriculture

บทคัดย่อ

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติกล่าวถึงของเสียจากการเกษตรว่ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้น และเป็นสาเหตุของการเกิดก๊าซมีเทนและการชะล้างสารพิษออกจากพื้นที่ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประกอบด้วย กก และชานอ้อย โดยนำมาจากพื้นที่เขตเกษตรกรรมบริเวณอำเภอหนองจอก ตากวัสดุทิ้งไว้ 2 วันและผสมกับขี้เลื่อยในอัตราส่วน 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 (โดยน้ำหนัก) ผสมแป้งมันสำปะหลัง 10% ใช้เครื่องมืออัดเกลียวอัดวัสดุที่ผสมในอัตราส่วนต่างๆ ขนาดของเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 1 ก้อน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. ความสูง 5 ซม. และมีน้ำหนัก 150 กรัม ค่าประสิทธิภาพเชิงพลังงานทำการทดสอบโดยใช้เครื่อง Bomb-calorimeter ผลการทดสอบพบว่าค่าความร้อนสูงสุด ของพลังงานอัดก้อนที่มีส่วนผสมของกกและขี้เลื่อยที่อัตราส่วน 70:30 มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุดที่ 4,739.83 J/g พลังงานชีวมวลที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นหนทางในการนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วมาแปรรูปเป็นพลังงานและเป็นการกำจัดของเสียที่ไม่ใช้แล้วจากพื้นที่ทางการเกษตร

คำสำคัญ: ชานอ้อย กก พลังงานชีวมวล ของเสีย เกษตรกรรม

Introduction

Residual from agriculture area is becoming increasingly important globally as a clean alternative source of energy to fossil fuel as a result of rising energy demand, high cost of fossil fuels, dwindling fossil fuel reserves and contribution of fossil fuel usage to greenhouse effect. Chistopher *et al.* (2009) studied on the development of electricity power plant less than 10 Megawatt by using biomass fuels that was suitable for investment in local areas. Prokis *et al.* (1999) studied on biomass combustion in fixed bed incinerator for bagasse combustion. Edick and Brown (2000) studied on direct and indirect heat rotational dryer design for biomass and calculated for energy consumption of biomass drying and proper moisture content of bagasse for biomass fuel. The initial mass flow rate of biomass was 1,000 kg/hr. Jareanroy (1993) studied on

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[1] Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

compressed biomass fuel by cold compressed extrusion method and used gelatinized flour as combiner. Rice husk ash from rice mill was mixed with corncob charcoal powder and coconut shell charcoal powder to be fuels. The objectives of this research were to reduce wastes from agriculture and agro-industries, to produce compressed bio-fuels from agricultural wastes and test the efficiency of these fuels for new energy sources in urban and rural areas.

Materials and Methods

Agricultural waste such as bagasse and sedge (*Cyperus imbricatus*) were collected from an agricultural areas at Nong-chok district, in Bangkok. Sawdust was taken from Bangpoo Timber Industry at Bangsue district in Bangkok. They were retreated by 2 days drying at ambient and mixing dried agricultural wastes and mixed with sawdust as ratios were: 100:0, 90:10, 70:30 and 50:50 (by weight). Tapioca starch at 10% (by weight) was used as a blender. To make the bio-fuel, a screw-press machine compressed agricultural wastes that mixed with various ratios of sawdust. All samples were analyzed for fuel properties under American Society for Testing and Material (ASTM) using a Bomb-calorimeter measurement instrument. The fuel properties were tested such as heating value (%), moisture (%), ash (%), volatile substances (%), fixed carbon and sulfur (%).

Results and Discussion

Fuel properties

A normal size of green energy block is 15 cm. diameter, 5 cm. height and 150 g weight. The best ratio of green energy block was 95:5 (sludge:tapioca by weight). The basic of material were tested and found that moisture (%), ash (%), volatile substances (%), fixed carbon and sulfur (%) as 13.1, 7.8, 15.2, 44 and 4.5 respectively.

Heat of combustion was tested by Bomb Calorimeter. Heating value can calculated by equation 1.

$$Q = mc(T_1 - T_2) \qquad (1)$$

Where Q = Fuel combustion heat; m = mass of water in Calorimeter

c = specific heat of water; T_1 = water temperature before combustion

T_2 = water temperature after combustion

Fuel thermal energy can be determined from equation 2.

$$HHV = \frac{(\Delta T \cdot w) - e}{g} \qquad (2)$$

Where HHV = Combustion heat

ΔT = heat increasing temperature (°C); w = 1,724.187 (Cal/°C)

e = combustion heat correction factor (= 2.3 (cal/cm) x combustion wire length (cm))

g = fuel sample weight (g)

The heating value of various ratios of green energy block (sludge:tapioca) were tested and the results is shown in figure 2. From figure 2, the mixing ratios of residual and tapioca as 100:0, 90:10, 70:30 and 50:50 respectively. The maximum heating value by Bomb Calorimeter was about 4,739.83 J/g from the ratio of green energy block was 70:30 (sedge:tapioca by weight).

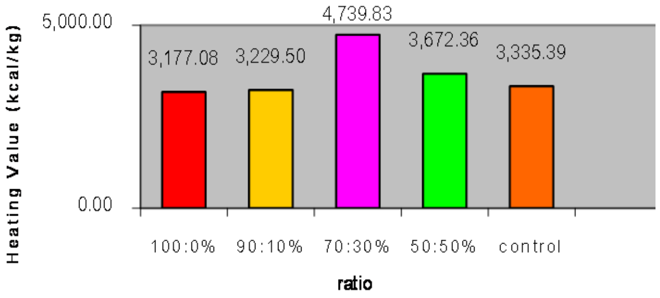


Figure 2 The heating values of various ratios of green energy block (sludge:tapioca)

Determination of heat utilization efficiency

Combustion thermal energy could be measured by the time from initial until water boiling. The maximum average time for heat utilization efficiency was about 18 minutes from the ratios of the mixtures.

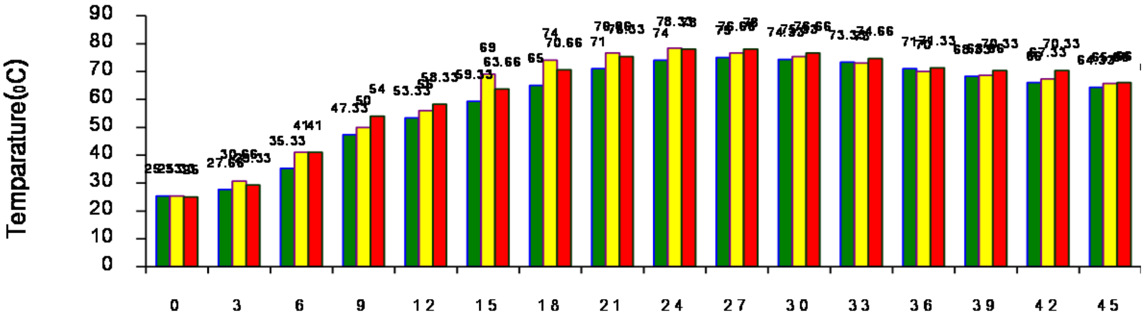


Figure 3 Heat utilization efficiency (average time for boiling water in various ratios of fuels)

Various binders should be tested for mixing green energy block such as sticky rice starch or molasses. The size of green energy block should to have varied sizes and find the best size that can provide highest heating value from burning.

Summary

The best ratio of green energy compressed for high heating value was 70:30 (Sedge : sawdust) and the maximum heating value was 4,739.83 J/g. The advantages of bio-mass fuel production are as follows: alternative energy for people both in the urban and rural areas , wastes reduction by agricultural wastes reuse and recycle, renewable energy from living organisms, alternative fuel market for low cost production about 2-3 Baht/piece for 15-20 minutes burning time and launched project for communities by self sufficiency economy. Moreover, these fuels can be developed for export to increase national incomes.

Acknowledgements

This Project get the research grant from Faculty of Applied Science, King Mongkut’s University of Technology North Bangkok in year 2012. The author would like to thanks for Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology, North Bangkok for supporting Bomb-calorimeter measurement instrument.

Literature cited

Edick, S. and Brown, A., 2000, Biomass Producers: Key Partners in Development of Bio-energy Enterprises, In Proceedings of Bio-energy, October 15-19, 2000, Buffalo, New York.

Jareanroy, P., 1993, Agricultural Waste Utilization, Master Degree Thesis, Mahasarakarm University, Thailand.

Proakis, G.J., Vasselli, J.J., Neuhauser, E.H. and Volk, T.A., 1999, Accelerating the Commercialization of Biomass Energy Generation within New York State, In Overend, R.P. and E. Chornet (Eds.), Proceedings of the Fourth Biomass Conference of the Americas. Biomass: A Growth Opportunity in Green Energy and Value-Added Products, August 29-September 2, 1999, Oakland, California, p. 1711-1716.

Zygarlicke, C., Pavlish, J., Laumb, J. and Hinman, N., 2009, Suitability of Rice Straw Lignin as Boiler Fuel. [Online], Available: www.agmrc.org/media/cms/34203_7158A78C979E9.pdf [May 19, 2012].

ผลของสารละลายโปรตีนไหมและไคโตซานฉายรังสีต่อผลผลิตและคุณภาพอ้อย

Effects of Irradiated Silk Protein Solution and Chitosan on Yield and Quality of Sugarcane

วไลลักษณ์ แพทย์วิบูลย์[1] รังษี เจริญสถาพร[2] วรทรรศน์ สหัสธรรมรังสี[3] มยุรี จันทร์สายทอง[1] ธีรนันท์ แตงทอง[1] และ ปรารถนา คิ้วสุวรรณ[1]

Phadvibulya, V.[1], Charoensataporn, R.[2], Sahusathammarangsi, V.[3], Junsaithong, M.[1], Tangthong, T.[1] and Kewsuwan, P.[1]

Abstract

Sugarcane variety LK 92-11 grown at a plantation of the Thai Identity Sugar Company limited, Uttaradit were sprayed with water, silk protein solution, irradiated silk protein solution and irradiated chitosan, compared to non sprayed one (check). Effects on yield and quality were studied. It was found that all treatments were not significantly different (*P > 0.05*) in stalk height, length and diameter of internode, polarization, fiber and purity of the sugar but significantly different (*P > 0.05*) in number of stalks per area (rai), number of shoots per rai, brix, ccs, sugar yield, production yield/rai, production capital, income and profit. Irradiated silk protein solution and chitosan provided high production yield, good quality in brix and ccs of sugar and cost of production. However, the highest in income and profit were obtained from spraying with nothing which is a conventional method of growing sugarcane in rainfed areas.

Keywords: silk protein solution, irradiated silk protein solution, irradiated chitosan, sugarcane

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้สารละลายโปรตีนไหม สารละลายโปรตีนไหมฉายรังสี ไคโตซานฉายรังสี พ่นต้นอ้อยพันธุ์ LK 92-11 เปรียบเทียบกับการพ่นด้วยน้ำและไม่พ่น ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพอ้อยในแปลงอ้อยของบริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P > 0.05)* ต่อความสูงของต้นอ้อย ความยาวปล้อง เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ค่าโพล ไฟเบอร์ และเพียวริตี้ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P < 0.05*) ของจำนวนลำต่อไร่ จำนวนหน่อต่อไร่ ค่าบริกซ์ ซีซีเอส ผลผลิตน้ำตาล ผลผลิตอ้อยต่อไร่ ต้นทุนการผลิต รายได้ และกำไร โดยการพ่นด้วยสารละลายโปรตีนไหมฉายรังสี ไคโตซานฉายรังสีให้ผลผลิตอ้อยต่อไร่และคุณภาพอ้อยในเรื่องค่าบริกซ์และซีซีเอสมากที่สุด แต่มีค่าต้นทุนการผลิตมากที่สุด การไม่พ่นจะให้รายได้และกำไรมากที่สุด ดังนั้นการไม่พ่นซึ่งเป็นวิธีที่เกษตรกรส่วนใหญ่ปฏิบัติในการปลูกอ้อยในเขตอาศัยน้ำฝนจะให้ผลคุ้มค่าที่สุด

คำสำคัญ: สารละลายโปรตีนไหม สารละลายโปรตีนไหมฉายรังสี ไคโตซานฉายรังสี อ้อย

คำนำ

อ้อย (Sugarcane - *Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชพวกหญ้าชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อมนุษย์มากในแง่ของการใช้เป็นอาหาร อ้อยนับเป็นพืชสำคัญอันดับ 4 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าว ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาในแง่ของผลผลิตคิดเป็นน้ำหนักแห้งที่เก็บเกี่ยวได้ต่อเนื้อที่ต่อปี อ้อยขึ้นมาเป็นอันดับหนึ่ง ทั้งนี้เพราะอ้อยสามารถใช้ปัจจัยสำหรับการเจริญเติบโต เช่น แสงแดด น้ำ อากาศ และธาตุอาหารได้มีประสิทธิภาพมากกว่า นอกจากนี้อ้อยยังเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้งต่อการลงต้นปลูกหนึ่งครั้ง สำหรับประเทศไทยได้มีการปลูกอ้อยมาแต่โบราณกาล แต่การทำน้ำตาลจากอ้อยได้เริ่มในสมัยกรุงสุโขทัยประมาณปี พ.ศ. 1920 ปัจจุบันอ้อยยังเป็นพืชพลังงานที่สำคัญ โดยใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์สำหรับเป็นพลังงานทดแทน ทำให้มีการขยายพื้นที่การปลูกมากขึ้นเรื่อยๆ จึงนับได้ว่าอ้อยเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ 9/9 หมู่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

[1] Thailand Institute of Nuclear Technology, 9/9 Mu 7, Tambon Sai Mun, Ongkharak, Nakon Nayok 26120

[2] สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ10900

[2] Field Crop Research Institute, Department of Agriculture, Ladyao, Chatujak, Bangkok 10900

[3] บริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด 42/1 หมู่ 5 ต.คุ้งตะเภา อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 53000

[3] Namtal Thai Ekalaksana Co.,Ltd., 42/1 Mu 5, Tambon Khungtapao, Muang, Utaradith 53000

กรมวิชาการเกษตร (2554) รายงานว่าปริมาณผลผลิตอ้อยในแต่ละปีไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับผลผลิตต่อไร่และพื้นที่ปลูก โดยเป็นพื้นที่ชลประทานประมาณร้อยละ 20 ที่เหลือเป็นพื้นที่เขตอาศัยน้ำฝน ทั้งที่มีและไม่มีน้ำธรรมชาติ ผลผลิตอ้อยโดยรวมอยู่ระหว่าง 50-70 ล้านตัน ผลผลิตอ้อยต่อไร่ผันแปรระหว่าง 9-11 ตันต่อไร่ ซึ่งสามารถเพิ่มขึ้นได้ถ้ามีการจัดการอย่างเป็นระบบ ปัจจุบันมีการนำสารสกัดธรรมชาติ เช่น ไคโตซานมาใช้ในการเพิ่มผลผลิตอ้อย วไลลักษณ์ และคณะ (2553) รายงานการศึกษาผลของสารละลายโปรตีนไหมต่อผลผลิตข้าวไร่ ณ ศูนย์ภูฟ้าพัฒนา จังหวัดน่าน พบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตเมล็ดข้าวไร่มากกว่าที่ไม่พ่นร้อยละ 19 ถึง 92 วไลลักษณ์ และคณะ (2554) รายงานการศึกษาผลของสารละลายโปรตีนไหมต่อคุณภาพของมังคุดพบว่าทำให้ได้ผลมังคุดคุณภาพดีขึ้นกว่าที่ไม่พ่น ดังนั้นการนำสารละลายโปรตีนไหม สารละลายโปรตีนไหมฉายรังสี และไคโตซานฉายรังสีมาทดลองพ่นกับต้นอ้อย เปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกรที่ปลูกอ้อยในเขตอาศัยน้ำฝนที่ไม่พ่นสารใดเลย เพื่อศึกษาว่าสารใดจะมีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพ ซึ่งบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด มีความสนใจในการดำเนินงานวิจัยร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์และนักวิจัยกรมวิชาการเกษตร เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำไปคำนวณความคุ้มทุนสำหรับกรรมวิธีต่างๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติดูแลแปลงปลูกอ้อย เพื่อนำไปถ่ายทอดให้เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมอ้อยตอพันธุ์ LK 9211 ที่แปลงของบริษัทน้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด จังหวัดอุตรดิตถ์ วางแผนการทดลองแบบ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ปฏิบัติ 3 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ได้แก่ ไม่พ่น (กรรมวิธีเกษตรกร) พ่นด้วยน้ำเปล่า สารละลายโปรตีนไหม สารละลายโปรตีนไหมฉายรังสี ไคโตซานฉายรังสี แต่ละกรรมวิธีมี 5 แถว ขนาดแถวยาว 8 เมตร พ่นภายหลังตออ้อยอายุ 3 สัปดาห์ และพ่นทุก 1 เดือนจนถึงเดือนที่เจ็ดจึงหยุดพ่นเพราะต้นแน่นทึบไม่สามารถพ่นได้ ทำการเก็บข้อมูล เก็บจาก 3 แถวกลาง บันทึกข้อมูลดังนี้ ค่าเฉลี่ยความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำอ้อย ความยาวปล้อง จำนวนลำอ้อยต่อไร่ จำนวนหน่อต่อไร่ ผลผลิตน้ำตาล (ตันต่อไร่) คุณภาพน้ำคั้นอ้อย เช่น ค่าบริกซ์ (ค่าร้อยละโดยน้ำหนักของของแข็งที่ละลายน้ำที่มีอยู่ในอ้อย) ไฟเบอร์ (กากอ้อย) ค่าโพล (pol หรือ polarization เป็นค่าร้อยละโดยน้ำหนักโดยประมาณของน้ำตาลซูโครสที่วัดด้วยโพลาริมิเตอร์) เพียวริตี้ (ค่าร้อยละความบริสุทธิ์ของน้ำตาล) ค่า ccs (ซีซีเอส ย่อมาจากคำเต็มว่า Commercial Cane Sugar หมายถึง ปริมาณของน้ำตาลซูโครสที่มีอยู่ในอ้อยจำนวนหนึ่ง ซึ่งสามารถสกัดออกมาได้ในรูปของน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ หาน้ำหนักสดผลผลิตอ้อยต่อไร่ (ตัน) แล้วนำมาคำนวณต้นทุน (เป็นต้นทุนการปลูก การจัดการแปลง ค่าตัดอ้อย ค่าขนส่ง ที่ยังไม่รวมราคาของสารละลายโปรตีนไหมและไคโตซาน) รายได้ (คำนวณจากการซื้อขายอ้อยตามค่าซีซีเอส) และคิดค่ากำไร (รายได้ – ต้นทุน) วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติแบบ RCBD และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลอง ด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SPSS version 17.0 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลศึกษาการเจริญเติบโตพบว่ากรรมวิธีไม่พ่น พ่นด้วยน้ำและสารต่าง ๆ ให้ผลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในเรื่องความสูง ความยาวปล้อง เส้นผ่านศูนย์กลางลำ แต่การพ่นด้วยไคโตซานฉายรังสี และน้ำให้จำนวนลำต่อไร่มากกว่าสารละลายโปรตีนไหมและสารละลายโปรตีนไหมฉายรังสี แต่สารละลายโปรตีนไหมฉายรังสีให้จำนวนหน่อต่อไร่มากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 1, 2) การวิเคราะห์หาคุณภาพน้ำคั้นอ้อยและผลผลิตน้ำตาล พบว่าค่าโพล ไฟเบอร์ เพียวริตี้ ไม่แตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่กรรมวิธีต่าง ๆ มีผลต่อค่าบริกซ์ ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ไคโตซานฉายรังสีให้ค่าบริกซ์และค่าซีซีเอสสูงสุด การไม่พ่นให้ค่าผลผลิตน้ำตาลสูงสุด (Figure 3, 4, 5) จากการเก็บเกี่ยวหาผลผลิตอ้อยสดต่อไร่ แล้วคำนวณหาต้นทุน รายได้และกำไร พบว่าทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 6, 7, 8, 9) โดยการไม่พ่น พ่นด้วยสารละลายโปรตีนไหมฉายรังสี ไคโตซานฉายรังสีให้ผลผลิตต่อไร่และต้นทุนมากที่สุด การพ่นด้วยน้ำให้ค่าต่ำสุด แต่เมื่อคิดเป็นรายได้แล้วพบว่าการไม่พ่นให้รายได้และกำไรสูงสุด การพ่นด้วยน้ำให้รายได้และกำไรต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น

ดังนั้นในระยะแรกของการปลูกอ้อยจากต้นตออ้อยนั้นอาศัยเพียงน้ำฝนเพื่อให้ต้นเจริญเติบโต ไม่มีความจำเป็นต้องพ่นสารใดๆ จนถึงระยะเก็บเกี่ยว ทำให้ได้ผลผลิตสูง ต้นทุนต่ำ และได้ผลกำไรดี ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่เกษตรกรส่วน

ใหญ่ใช้ในเขตอาศัยน้ำฝน เนื่องจากการพ่นสารใดๆ แล้วไม่มีการให้น้ำ พืชอาจไม่สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งเกษตรกรควรศึกษาเรื่องการใช้สารต่างๆ ในการปลูกอ้อยว่ามีความคุ้มค่าหรือไม่

สรุปผล

การพ่นใบต้นอ้อยด้วยน้ำเปล่า สารละลายโปรตีนไหม สารลายโปรตีนไหมฉายรังสี ไคโตซานฉายรังสี และไม่พ่น ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในด้านความสูงต้นอ้อย ความยาวปล้อง เส้นผ่าศูนย์กลางลำ ค่าโพล ไฟเบอร์ เพียวริตี้ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ของจำนวนลำต่อไร่ จำนวนหน่อต่อไร่ ค่าบริกซ์ ซีซีเอส ผลผลิตอ้อยสดต่อไร่ ผลผลิตน้ำตาลต่อไร่ ต้นทุนการผลิต รายได้ และกำไร โดยการพ่นด้วยน้ำและไคโตซานฉายรังสีให้จำนวนลำต่อไร่มากที่สุด ส่วนสารละลายโปรตีนไหมฉายรังสีให้จำนวนหน่อต่อไร่มากที่สุด ไคโตซานฉายรังสีให้ค่าบริกซ์และซีซีเอส มากที่สุด การไม่พ่นให้ผลผลิตน้ำตาลมากที่สุด การไม่พ่น พ่นด้วยสารละลายโปรตีนไหมฉายรังสี ไคโตซานฉายรังสีให้ผลผลิตอ้อยต่อไร่และมีค่าต้นทุนการผลิตมากที่สุด แต่เมื่อดูรายได้และกำไรแล้ว การไม่พ่นให้ผลดีที่สุด การใช้สารละลายโปรตีนไหมฉายรังสี ไคโตซานฉายรังสีช่วยเพิ่มผลผลิตอ้อยและคุณภาพอ้อยในเรื่องค่าบริกซ์และซีซีเอส แต่เป็นการเพิ่มต้นทุน เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พ่นซึ่งเป็นวิธีที่เกษตรกรส่วนใหญ่ปฏิบัติในการปลูกอ้อยในเขตอาศัยน้ำฝน ดังนั้นการไม่พ่นให้ผลคุ้มค่าที่สุด รองลงไปคือการพ่นด้วยสารละลายโปรตีนไหมฉายรังสี และไคโตซานฉายรังสี การพ่นด้วยน้ำเปล่าให้ผลน้อยที่สุด

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผู้บริหารของบริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์แปลงอ้อยสำหรับการทดลองและเจ้าหน้าที่ในการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์คุณภาพน้ำตาล ต้นทุน รายได้ และกำไร

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2554, เทคโนโลยีการผลิตอ้อย, สถาบันวิจัยพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร.

วไลลักษณ์ แพทย์วิบูลย์ ศรีศักดิ์ ธานี กันยารัตน์ ปัญญารัมย์ มยุรี จันทร์สายทอง และ ผ่องพรรณ เอกอาวุธ, 2553, การศึกษาผลของสารละลายโปรตีนไหมต่อผลผลิตข้าวไร่ ณ ศูนย์ภูฟ้าพัฒนา จังหวัดน่าน, สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ.

วไลลักษณ์ แพทย์วิบูลย์ บุญญา สุดาทิศ กันยารัตน์ ปัญญารัมย์ มยุรี จันทร์สายทอง และ อรพิน เกิดชูชื่น, 2554, การศึกษาผลของสารละลายโปรตีนไหมต่อคุณภาพของผลมังคุด, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่ 12, 6-7 กรกฎาคม 2554, โรงแรมแชงกรี-ลา, กรุงเทพมหานคร.

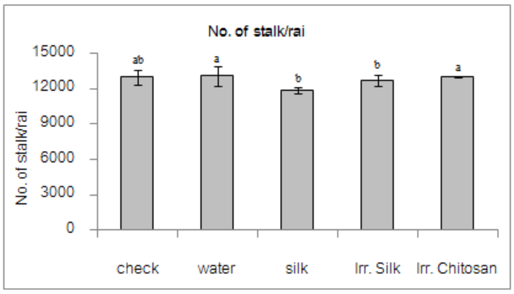


Figure 1 Number of stalks per rai compared within five treatments

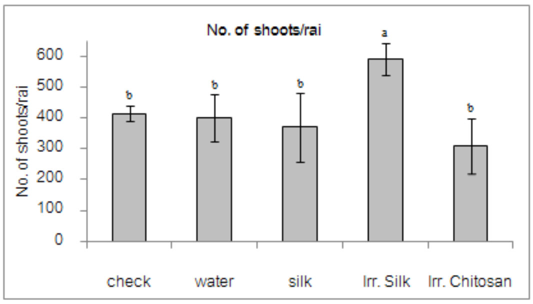


Figure 2 Number of shoots per rai of sugarcane compared within five treatments

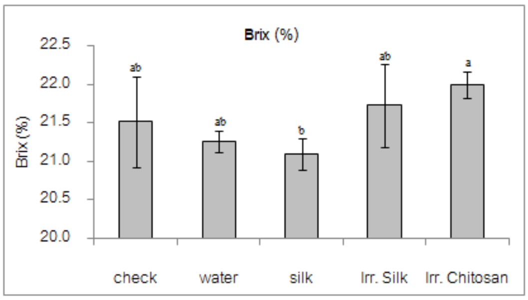


Figure 3 % Brix of sugarcane compared within five treatments

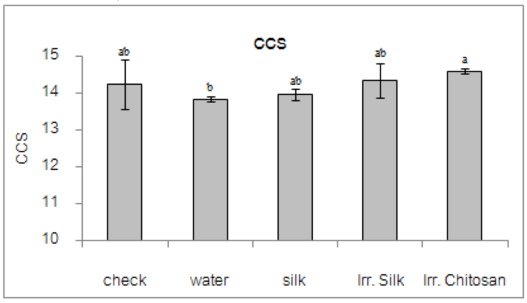


Figure 4 Ccs of sugarcane compared within five treatments

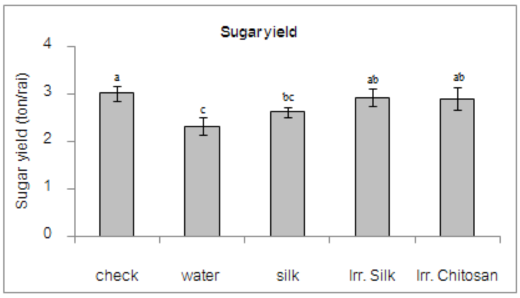


Figure 5 Sugar yield of sugarcane compared within five treatments

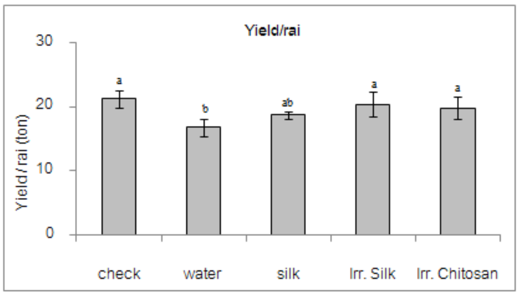


Figure 6 Yield per rai of sugarcane compared within five treatments

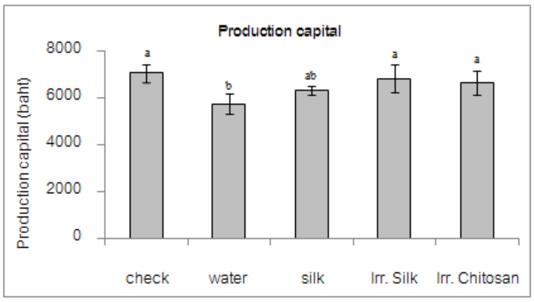


Figure 7 Production capital of sugarcane compared within five treatments

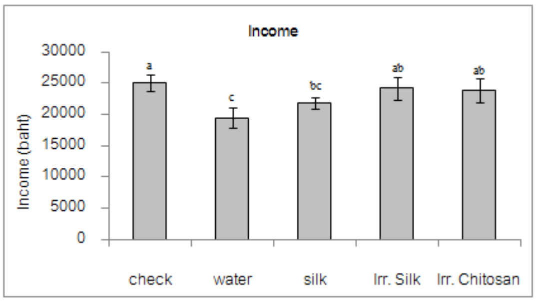


Figure 8 Income of sugarcane compared within five treatments

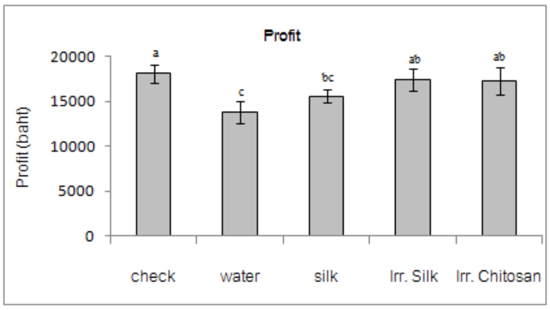


Figure 9 Profit of sugarcane compared within five treatments

การคัดเลือกพันธุ์ทนน้ำท่วมในข้าว 15 พันธุ์

Selection for Flooding Tolerance in Fifteen Rice Varieties

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] สุวิทย์ เฑียรทอง[1] และ กิตติภูมิ งามสมทบ[1]

Sawatdikarn, S.[1], Teanthong, S.[1] and Kansomtob, K.[1]

Abstract

The objective of this study was to evaluate flooding tolerance in fifteen rice varieties, namely, Pin Kaew, Poung, Ded, Hom Thung, Dang, Hang, Pathumthani 80, Suphunburi 1, Suphunburi 2 Suphunburi 3, Hom Suphunburi, Ayutthaya 1, Chainat 1, Pathumthani 1 and Khaw Malet Lek in waterlogging conditions. The rice varieties were planted in plastic pots (32 cm. of diameter) and watered according to two treatments: normal condition (control treatment) and water logging treatment. Stem heights at 11, 12 and 13 weeks after planting, seed fresh weights, seed dry weights, stem fresh weights and stem dry weights were measured. The results showed that the rice varieties showed the adaptability to water logging conditions at different levels of the flooding tolerance index (FI). The Chinat 1 rice variety had the flooding tolerance index growth characteristics in terms of stem heights in water logging conditions which were higher than the mean of the flooding tolerance index. For yield components characteristics, each rice variety showed different levels of adaptability to water logging conditions.

Keywords: flooding tolerant, flooding tolerant index (FI), rice, selection

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวทนน้ำท่วมในข้าว 15 พันธุ์ โดยทำการปลูกข้าว 15 พันธุ์ คือ ปิ่นแก้ว พวง ดีด หอมทุ่ง แดง หาง ปทุมธานี 80 สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 หอมสุพรรณบุรี อยุธยา 1 ชัยนาท 1 ปทุมธานี 1 และขาวเมล็ดเล็ก ในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 เซนติเมตร. แล้วแบ่งกลุ่มให้น้ำเป็น 2 พวก คือ ข้าวที่ให้น้ำปกติ (สภาพควบคุม) และข้าวที่ได้รับน้ำท่วมขัง วัดการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว 5 ลักษณะ คือ ความสูงต้นที่อายุ 11, 12 และ 13 สัปดาห์ หลังปลูก น้ำหนักสดของเมล็ด น้ำหนักแห้งของเมล็ด น้ำหนักสดของต้น และน้ำหนักแห้งของต้น แล้วคำนวณเป็นดัชนีทนน้ำท่วม (Flooding Tolerance Index) ของข้าวทั้ง 15 พันธุ์ พบว่า ข้าวแต่ละพันธุ์มีดัชนีทนน้ำท่วมต่างกันของลักษณะการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตที่ทำการศึกษา โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีดัชนีทนน้ำท่วมของความสูงกอมากกว่าดัชนีทนน้ำท่วมเฉลี่ยในทุกอายุการเจริญเติบโต สำหรับการทดสอบองค์ประกอบผลผลิต พบว่า ข้าวแต่ละพันธุ์มีการปรับตัวขององค์ประกอบผลผลิตแต่ละลักษณะในสภาพน้ำท่วมขังต่างกัน

คำสำคัญ: การทนน้ำท่วม ดัชนีทนน้ำท่วม ข้าว การคัดเลือกพันธุ์

คำนำ

การเกิดสภาพน้ำท่วมขังเป็นปัญหาที่มักพบอยู่เสมอในการปลูกพืชของเกษตรกรทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ การมีข้อมูลเกี่ยวกับพันธุ์พืชที่มีคุณสมบัติเกี่ยวกับการทนทานในสภาพน้ำท่วมขังเป็นข้อมูลซึ่งเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้พันธุ์พืชเพื่อปลูกในสภาพที่มีน้ำท่วมขังได้อย่างเหมาะสม Ferreira และคณะ (2007) รายงานว่า ข้าวโพดแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ต่างกัน โดยพันธุ์ BR 107 จัดเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อสภาพน้ำท่วมขัง ส่วนข้าวโพดพันธุ์ BRS 1010 จัดเป็นพันธุ์ทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขัง สำหรับการทดสอบพันธุ์ข้าวสาลี 3 พันธุ์ในสภาพน้ำท่วมขัง พบว่า ข้าวสาลีพันธุ์ Vee/Nac มีน้ำหนักแห้งของลำต้นและความยาวรากในสภาพน้ำท่วมขังสูงกว่าข้าวสาลีอีก 22 พันธุ์ คือ ZGS11 และ ZGS31 (Ghobadi และคณะ, 2007) สำหรับการทดสอบพันธุ์ข้าวในสภาพน้ำท่วมขัง พบว่า ข้าวแต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ต่างกัน Yamauchi และ Biswas (1997) รายงานว่า ข้าวพันธุ์ ASD1 และ IR41996-50-2-1-3 มีความสูงของลำต้นที่เพาะในสภาพน้ำท่วมขังมากกว่าข้าวพันธุ์ IR 72 ส่วนข้าวพันธุ์ Mahsuri มีความสูงของลำต้นใน

---

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

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

สภาพน้ำท่วมขังต่ำสุด การมีข้อมูลเกี่ยวกับความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังของข้าวมีประโยชน์ในการเลือกใช้พันธุ์ข้าวให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกที่มีน้ำท่วมขัง ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลของการทนทานต่อน้ำท่วมขังของข้าว 15 พันธุ์ คือ ปิ่นแก้ว พวง ดีด หอมทุ่ง แดง หาง ปทุมธานี 80 สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 หอมสุพรรณบุรี อยุธยา 1 ชัยนาท 1 ปทุมธานี 1 และขาวเมล็ดเล็ก ซึ่งไม่มีรายงานเกี่ยวกับข้อมูลของการทนทานต่อน้ำท่วมขังมาก่อน เพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์ของข้าวแต่ละพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูกในแต่ละท้องที่

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดยทำการปลูกข้าว 15 พันธุ์ คือ ปิ่นแก้ว พวง ดีด หอมทุ่ง แดง หาง ปทุมธานี 80 สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 หอมสุพรรณบุรี อยุธยา 1 ชัยนาท 1 ปทุมธานี 1 และขาวเมล็ดเล็ก โดยใช้พันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้ว แล้วแบ่งกลุ่มให้น้ำเป็น 2 พวก คือ ข้าวที่ให้น้ำปกติ (สภาพควบคุม) และข้าวที่ให้น้ำท่วมขังนาน 3-5 วันแล้วปล่อยน้ำออกในครั้งที่ 1 หลังจากนั้นให้น้ำท่วมขังแก่ข้าวทุก 7 วันแล้วปล่อยน้ำออกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 4 ซ้ำ วัดการเจริญเติบโตของข้าว 5 ลักษณะ คือ ความสูงกอที่อายุ 11, 12 และ 13 สัปดาห์ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเมล็ดที่ระยะเก็บเกี่ยว และน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว แล้วคำนวณเป็นดัชนีทนน้ำท่วม (Flooding Tolerance Index; FI) ตามสูตรที่ได้จากการดัดแปลงสูตรคำนวณดัชนีทนน้ำท่วมของพันธิภา และ สุทัศน์ (2554) ดังนี้

ดัชนีทนน้ำท่วมของความสูงกอ (Flooding Tolerance Index; DI) = $\frac{\text{ความสูงกอในสภาพน้ำท่วม}}{\text{ความสูงกอในสภาพควบคุม}}$

สำหรับดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะอื่นของข้าว คือ น้ำหนักสดของเมล็ด น้ำหนักแห้งของเมล็ด น้ำหนักสดของลำต้น และน้ำหนักแห้งของลำต้นให้คำนวณโดยใช้วิธีเดียวกับความสูงกอ แล้วทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีทนแล้งของลักษณะต่างๆ ที่ได้กับค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ คือ พันธุ์ปทุมธานี 1 สำหรับค่าดัชนีทนน้ำท่วมของข้าวแต่ละพันธุ์ที่คำนวณได้ให้พิจารณาดังนี้ 1) มีค่าดัชนีทนน้ำท่วมมากกว่า 1.0 หรือมีค่าไม่ต่างจาก 1.0 จัดเป็นพันธุ์ที่มีคุณสมบัติในการทนน้ำท่วมได้ดี และ 2) มีค่าดัชนีทนน้ำท่วมต่ำกว่า 1.0 จัดเป็นพันธุ์ที่มีคุณสมบัติไม่ทนน้ำท่วม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ค่าดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะความสูงกอของข้าว 15 พันธุ์ที่วัดเมื่อข้าวมีอายุการเจริญเติบโตที่ระยะ 11, 12, และ 13 สัปดาห์ พบว่า ดัชนีทนน้ำท่วมของความสูงกอของข้าวแต่ละพันธุ์ในแต่ละอายุมีความแตกต่างกัน ในการพิจารณาค่าดัชนีทนน้ำท่วมเฉลี่ยของลักษณะความสูงกอที่อายุการเจริญเติบโต 3 ระยะ คือ 11, 12 และ 13 สัปดาห์ ที่มีดัชนีทนน้ำท่วมเฉลี่ย เท่ากับ 1.11, 0.95 และ 1.05 ตามลำดับ เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีคุณสมบัติในการทนน้ำท่วม พบว่า ข้าวจำนวน 6 พันธุ์ คือ พันธุ์พวง ข้าวดีด ข้าวแดง สุพรรณบุรี 1 ชัยนาท 1 และขาวเมล็ดเล็ก มีดัชนีทนน้ำท่วมมากกว่าดัชนีทนน้ำท่วมเฉลี่ยที่อายุ 11, 12 และ 13 สัปดาห์ (Table 1) สำหรับการใช้ดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะความสูงกอที่อายุ 11, 12 และ 13 สัปดาห์ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ทนน้ำท่วมได้ดีซึ่งมีดัชนีทนน้ำท่วมมากกว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มีข้อมูล ดังนี้ 1) ดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะความสูงกอที่อายุ 11 สัปดาห์ พบว่า ข้าว 8 คือ พันธุ์พวง ข้าวดีด หอมทุ่ง ข้าวแดง สุพรรณบุรี 1 หอมสุพรรณบุรี ชัยนาท 1 และขาวเมล็ดเล็กมีดัชนีทนน้ำท่วมมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 และ 2) ดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะความสูงกอที่อายุ 12 สัปดาห์ พบว่า ข้าว 7 พันธุ์ คือ ข้าวดีด หอมทุ่ง ข้าวแดง สุพรรณบุรี 1 หอมสุพรรณบุรี ชัยนาท 1และขาวเมล็ดเล็ก มีดัชนีทนน้ำท่วมมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 และ 3) ดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะความสูงกอที่อายุ 13 สัปดาห์ พบว่าไม่มีข้าวพันธุ์ใดที่มีดัชนีทนน้ำท่วมมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 เนื่องจากพันธุ์ปทุมธานี 1 ให้ค่าดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะความสูงกอที่อายุ 13 สัปดาห์สูงสุด

ในการวัดดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะองค์ประกอบผลผลิต 4 ลักษณะ คือ น้ำหนักสดเมล็ด น้ำหนักแห้งเมล็ด น้ำหนักสดลำต้น และน้ำหนักแห้งลำต้น ของข้าวทั้ง 15 พันธุ์ พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีดัชนีทนน้ำท่วมแตกต่างกัน ในการใช้ดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะน้ำหนักแห้งลำต้นที่ใช้ทดสอบข้าวทั้ง 15 พันธุ์ พบว่าข้าวที่นำมาทดสอบมีดัชนีทนน้ำท่วมต่างกัน สำหรับค่าเฉลี่ยของดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะน้ำหนักแห้งลำต้นมีค่าเท่ากับ 1.28 มีข้าวจำนวน 6 พันธุ์ คือ พันธุ์พวง หอมทุ่ง ข้าวแดง หอม สุพรรณบุรี ชัยนาท และขาวเมล็ดเล็ก ที่มีดัชนีทนน้ำท่วมอยู่ระหว่าง 1.46-3.44 ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยของทุกพันธุ์ (Table 1) และเมื่อทำการเปรียบเทียบดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะน้ำหนักแห้งลำต้นระหว่างข้าว 14

พันธุ์กับพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 มีดัชนีทนน้ำท่วม เท่ากับ 0.38 ซึ่งพันธุ์ปทุมธานี 1 ให้ดัชนีทนน้ำท่วมค่อนข้างต่ำซึ่งข้าวทุกพันธุ์ที่นำมาทดสอบมีดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะน้ำหนักแห้งลำต้นมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 ยกเว้นพันธุ์อยุธยา 1 สำหรับพันธุ์อยุธยา 1 มีดัชนีทนน้ำท่วม เท่ากับ 0.33 ซึ่งเป็นดัชนีทนน้ำท่วมของข้าวเพียงพันธุ์เดียวที่มีค่าน้อยกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 จะเห็นได้ว่าพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์มีการเจริญเติบโตในสภาพน้ำท่วมขังได้ต่างกัน เช่นเดียวกับการทดสอบพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์ในสภาพน้ำท่วมขังที่มีการเจริญเติบโตได้ต่างกัน (Yamauchi และ Winn,1996; Yamauchi และ Biswas, 1997) รวมทั้งให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบในพืชชนิดอื่นในสภาพน้ำท่วมขัง เช่น อ้อยพันธุ์ CP 85-1308 มีผลผลิตสูงกว่าอ้อยอีก 8 พันธุ์ เมื่อปลูกในสภาพที่มีน้ำท่วมขัง (Glaz และคณะ, 2002) และอ้อยพันธุ์ CP 95-1376 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตในสภาวะน้ำท่วมขังดีกว่าพันธุ์ CP 95-1429 (Glaz และคณะ, 2004)

เมื่อใช้ดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะองค์ประกอบผลผลผลิตของข้าว 4 ลักษณะ คือ น้ำหนักสดเมล็ด น้ำหนักแห้งเมล็ด น้ำหนักสดลำต้น และน้ำหนักแห้งลำต้นที่มีดัชนีทนน้ำท่วมเฉลี่ย เท่ากับ 1.59, 1.57, 1.25 และ 1.28 ตามลำดับ เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีคุณสมบัติในการทนน้ำท่วม พบว่าข้าวเพียงพันธุ์เดียว คือ พันธุ์หอมทุ่งมีดัชนีทนน้ำท่วมสูงกว่าดัชนีทนน้ำท่วมเฉลี่ยของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตทั้ง 4 ลักษณะ (Table 1) จะเห็นได้ว่าพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์มีองค์ประกอบผลผลิตในสภาพน้ำท่วมขังต่างกัน เช่นเดียวกันกับการทดสอบความสามารถในการปรับตัวในสภาพน้ำท่วมขังของข้าวบาร์เลย์ จำนวน 36 พันธุ์ ที่มีการตอบสนองแตกต่างกันไปในข้าวบาร์เลย์แต่ละพันธุ์ (พันธิภา และ สุทัศน์, 2545) และให้ผลเช่นเดียวกันกับการทดสอบพันธุ์ถั่วลิสงในพื้นที่ปลูกที่มีสภาพน้ำท่วมขัง โดยใช้ถั่วลิสงจำนวน 6 พันธุ์ คือ Zhunghua 5, Hua 311, Hua 119, Yuhua 115, Hua 269 และ Hua 55 แล้ววัดศักยภาพในการเจริญเติบโตในสภาพน้ำท่วมขังสามารถจำแนกพันธุ์ถั่วลิสงตามการตอบสนองต่อสภาพน้ำท่วมขังได้เป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่ทนทานต่อน้ำท่วมขัง (strong tolerance to water logging) มี 2 พันธุ์ คือ Zhunghua 5 และ Hua 311 2) กลุ่มที่ทนทานต่อน้ำท่วมปานกลาง (medium tolerance to water logging) มี 2 พันธุ์ คือ Hua 119 และ Yuhua 115 และ 3) กลุ่มที่อ่อนแอต่อสภาพน้ำท่วมขัง (weak to water logging) มี 2 พันธุ์ คือ Hua 269 และ Hua 55 (Wang และ Lin, 2007) และเช่นเดียวกับการทดสอบในอ้อยที่พบว่าอ้อยต่างพันธุ์กันเจริญเติบโตในสภาพน้ำท่วมขังได้ต่างกัน โดยอ้อยพันธุ์ CP 80-1827 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตในสภาวะน้ำท่วมขังดีกว่าพันธุ์ CP 72-2086 (Glaz และคณะ, 2006) ในการใช้ดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะองค์ประกอบผลผลิต 4 ลักษณะ คือ น้ำหนักสดเมล็ด น้ำหนักแห้งเมล็ด น้ำหนักสดลำต้น และน้ำหนักแห้งลำต้นในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีดัชนีทนน้ำท่วมมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใช้เปรียบเทียบ มีข้อมูลที่สำคัญที่ได้จากการทดลอง ดังนี้ 1) การใช้ลักษณะน้ำหนักสดเมล็ดเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก พบว่า ข้าวจำนวน 13 พันธุ์ยกเว้นพันธุ์ปิ่นแก้ว มีดัชนีทนน้ำท่วมมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1และ 2) การใช้ลักษณะน้ำหนักแห้งเมล็ดเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก พบว่าข้าว 13 พันธุ์ ยกเว้นพันธุ์ปิ่นแก้วและข้าวหาง มีดัชนีทนน้ำท่วมมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 3) การใช้ลักษณะน้ำหนักสดลำต้นเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก พบว่ามีข้าว 10 พันธุ์ คือ พันธุ์พวง หอมทุ่ง ข้าวแดง สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 3 หอมสุพรรณบุรี ชัยนาท 1 ข้าวดีดสุพรรณบุรี 2 และขาวเมล็ดเล็กมีดัชนีทนน้ำท่วมมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี และ 4) การใช้ลักษณะน้ำหนักแห้งลำต้นเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก พบว่า มีข้าว 13 พันธุ์ ยกเว้นพันธุ์อยุธยา 1 มีดัชนีทนน้ำท่วมมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี

สรุปผล

ข้าวแต่ละพันธุ์มีดัชนีทนน้ำท่วมต่างกันของลักษณะการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตที่ทำการศึกษา โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีดัชนีทนน้ำท่วมของลักษณะความสูงกอมากกว่าดัชนีทนน้ำท่วมเฉลี่ยในทุกอายุการเจริญเติบโต สำหรับการทดสอบองค์ประกอบผลผลิต พบว่า ข้าวแต่ละพันธุ์มีการปรับตัวขององค์ประกอบผลผลิตแต่ละลักษณะในสภาพน้ำท่วมขังต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

พันธิภา สอนเมือง และ สุทัศน์ จุลศรีไกวัล, 2545, ความสามารถในการปรับตัวของสายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ต่อสภาพน้ำท่วมขัง, วารสารเทคโนโลยีสุรนารี, 9: 23-28.

Ferreira, J.L., Coelho, C.H.M., Magalhaes, P.C., Gama, E.E.G. and Borem, A., 2007, Genetic Variability and Morphological Modifications in Flooding Tolerance in Maize, Variety BRS-4154, Crop Breeding and Applied Biotechnology, 7: 314-320.

Ghobadi, M.E., Nadian, H., Bakhshandeh, A., Fathi, G., Gharinch, M.H. and Ghobadi, M., 2007, Study of Root Growth Biological Yield and Grain Yield of Wheat Genotypes under Water Logging Stress during Different Growth Stage, Seed and Plant, 22: 513-527.

Glaz, B. and Gilbert, R.A., 2006, Sugarcane Responses to Water Tables, Periodic Flood and Foliar Nitrogen on Organic Soil, Agronomy Journal, 98: 616-621.

Glaz, B., Edme, S.J., Miller, J.D., Milligan, S.B. and Holder, D.G., 2002, Sugarcane Cultivar Response to High Summer Water Tables in the Everglades, Agronomy Journal, 94: 624-629.

Glaz, B., Morris, D.R. and Daroub, S.H., 2004, Periodic Flooding and Water Table Effects on Two Sugarcane Genotypes, Agronomy Journal, 96: 832-838.

Wang, L.D. and Lin, L., 2007, The Response of Alcohol Dehydrogenase Activity and Development of Peanut to Water Logging and their Relationship, Journal of Peanut Science, 4: 8-15.

Yamauchi, M. and Winn, T., 1996, Rice Seed Vigor and Seedling Establishment in Anaerobic Soil, Crop Science, 36(3): 680-686.

Yamauchi, M., Aragones, D.V., Casayuran, P.R., Cruz, P.C.S., Asis, C.A. and Cruz, R.T., 2000, Seedling Establishment and Grain Yield of Tropical Rice Sown in Paddled Soil, Agronomy Journal, 92(2): 275-282.

Table 1 Flooding Tolerance Index (FI) of stem height at 11, 12 and 13 weeks after planting, seed fresh weight, seed dry weight, stem fresh weight and stem dry weight in fifteen rice varieties

Rice Varieties	Stem height at 11 weeks	Stem height at 12 weeks	Stem height at 13 weeks	Seed fresh weight	Seed dry weight	Stem fresh weight	Stem dry weight
Pinkaew	0.89	0.88	0.80	0.65	0.67	0.38	0.39
Poung	1.31	1.09	1.13	1.07	0.91	1.61	1.55
Ded	1.35	1.28	1.30	1.02	1.01	0.91	1.06
Hom Thung	1.24	1.23	0.98	2.64	2.79	1.33	1.58
Dang	1.48	1.45	1.41	1.42	1.19	2.47	2.42
Hang	0.98	0.97	0.99	1.00	0.84	0.51	0.49
Pathumthani 80	0.83	0.83	1.00	2.46	2.66	0.33	0.27
Suphunburi 1	1.12	1.12	1.21	3.66	3.41	1.57	1.26
Suphunburi 2	0.89	0.91	1.06	3.36	3.40	0.86	0.80
Suphunburi 3	0.88	0.92	0.91	1.21	1.23	1.18	1.22
Hom Suphunburi	1.16	1.17	0.99	1.28	1.27	1.52	1.46
Ayutthaya 1	0.93	0.92	0.85	0.98	1.09	0.40	0.33
Chainat 1	1.13	1.16	1.25	1.11	1.12	1.66	1.50
Pathumthani 1	1.08	1.10	1.56	0.83	0.85	0.57	0.38
Khaw Malet Lek	1.37	1.34	1.35	1.24	1.23	3.54	3.44
Mean	1.11	0.95	1.05	1.59	1.57	1.25	1.28

การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อผลผลิตข้าวสายพันธุ์หอมนิลในระบบเกษตรเขตชลประทาน

The Respond of Bio Extract Use for Products of Hom Nil Variety; Black Jasmine Rice on Agricultural System Irrigated Area

ชินกฤต สุวรรณคีรี[1]
Suwanakeree, C.[1]

Abstract

The aim of this research was compare products rice for use bio extract to production factor. The experiments were designed as RCBD that comprised 3 reps 3 treats. In T1, was introduced with chemical fertilizer 46-0-0 at 5 kg/rai at active tillering stage and with 16-20-0 at 10 kg/rai at booting stage. T2, the rice was after grown 15 days as introduced with waste bio extract's mix vegetable to 14 kg and pour with bio extract to 4 l. T3 was introduced with waste bio extract's santol to 14 kg and pour with bio extract to 4 l at booting stage. Data collection of each treatment of tiller number, height, mix seed weight and good seed weight was performed at harvesting day (95 days) as triplicate; 10 plants/replicate. The results was the experimental data showed that in tiller number of 179, 178 and 175.20 tillers of t2, t1 and t3, were found. There were showed that in the plant height among 3 treatments to 73.43, 69.63 and 69.12 cm, were found that t2, t1 and t3. There were showed that in the mix seed among 3 treatments to 266, 229 and 235.50 g, were found that t2, t1 and t3, respectively. And there were showed that in good seed weight of 216.67 g (554.53 kg/rai), 207.67 g (531.49 kg/rai) and 206.27 g (527.91 kg/rai) of t2, t1 and t3, respectively. The analysis data was found that no significant ($p>0.05$) to 4 treatments.

Keywords: bio extract, Hom Nil rice (Black Jasmine rice), agricultural research irrigated station

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวหอมนิลโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเป็นปัจจัยการผลิต วางแผนการทดลองแบบ RCBD 3 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ คือ ตำรับ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ ในระยะข้าวแตกกอ และสูตร 16-20-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ระยะข้าวตั้งท้อง ตำรับ 2 หลังปลูก 15 วัน ใส่กากปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรผักรวม 14 กิโลกรัม และราดด้วยปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 4 ลิตร ตำรับ 3 ใส่กากปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรกระท้อน 14 กิโลกรัม และราดด้วยปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 4 ลิตร ในระยะข้าวตั้งท้อง เมื่อข้าวอายุได้ 95 วัน เก็บตัวอย่าง 10 กอต่อ 1 ซ้ำ วิเคราะห์หาจำนวนหน่อ ความสูง น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดี ผลการวิจัยพบว่า จำนวนหน่อของข้าว คือ ตำรับ 2 เท่ากับ 179 หน่อ รองลงมาคือ ตำรับ 1 และ 3 เท่ากับ 178 และ 175.20 หน่อ ตามลำดับ ส่วนความสูงพบว่า ตำรับ 2 เท่ากับ 73.43 เซนติเมตร รองลงมาคือ ตำรับ 1 และ 3 เท่ากับ 69.63 และ 69.12 เซนติเมตร. ตามลำดับ น้ำหนักเมล็ดรวมคือ ตำรับ 2 เท่ากับ 266 กรัม รองลงมาคือ ตำรับ 1 และ 3 เท่ากับ 229 และ 235.50 กรัม ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักเมล็ดดีคือ ตำรับ 2 เท่ากับ 216.67 กรัม (554.53 กิโลกรัมต่อไร่) รองลงมาคือ ตำรับ 1 และ 3 เท่ากับ 207.67 (531.49 กิโลกรัมต่อไร่) และ 206.27 ก. (527.91 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิตพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้ง 4 ตำรับการทดลอง

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ข้าวหอมนิล สถานีวิจัยเกษตรเขตชลประทาน

คำนำ

ปัจจุบันปุ๋ยอินทรีย์น้ำได้มีบทบาทสำคัญมากในกระบวนการผลิตทางการเกษตรและสิ่งแวดล้อม จะเห็นได้ว่าหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชนได้ให้ความสำคัญต่อเกษตรอินทรีย์หรือเกษตรปลอดสารพิษ โดยเฉพาะการผลักดัน

[1] **ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่** 50200
[1] Center for Agricultural Resource System Research, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200

ให้เกษตรอินทรีย์เป็นวาระแห่งชาติ ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่เกษตรกรและนักวิชาการ ได้นำมาศึกษาวิจัยและใช้ในกระบวนการผลิตผลทางการเกษตร เพื่อตอบสนองต่อนโยบายภาครัฐที่ผลักดันเกษตรอินทรีย์เป็นวาระแห่งชาติ โดยได้พยายามศึกษาวิจัยให้ผู้ผลิตพืชหรือสัตว์สามารถลด เลิก ละ การใช้สารเคมีทางการเกษตร โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเป็นปัจจัยการผลิต ซึ่งในปุ๋ยอินทรีย์น้ำจะมีทั้งสารอาหารและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและสัตว์ ตลอดจนเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดี สามารถนำมาทดแทนปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ ส่วนข้าวก็เป็นพืชอาหารหลักที่สำคัญในการเลี้ยงประชากรโลก หลายพื้นที่มีการผลิตข้าวปลอดภัยจากสารพิษ ข้าวปลอดสารพิษ และข้าวอินทรีย์ โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ตลอดจนจังหวัดใกล้เคียงของจังหวัดเชียงใหม่ เช่น จังหวัดพะเยา และจังหวัดเชียงราย แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาการผลิตข้าวเจ้าหอมนิลของเกษตรกรและความต้องการของผู้บริโภคมีค่อนข้างสูง ซึ่งข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวที่ได้รับการคัดเลือก และพัฒนาพันธุ์จนได้ข้าวที่มีเมล็ดข้าวกล้องลักษณะเรียวยาว สีม่วงเข้ม เมื่อหุงสุกจะนุ่มเหนียวและมีกลิ่นหอม น่ารับประทาน ที่สำคัญคือ มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 12.5 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารอะไมโลส 16 เปอร์เซ็นต์ และยังประกอบด้วยธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และธาตุโพแทสเซียม ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวนาสวน ไม่ไวต่อช่วงแสง เป็นข้าวที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี มีการแตกกอดี แต่ไม่ต้านทานต่อโรคขอบใบแห้ง และแมลงศัตรูพืชโดยทั่วๆ ไป (ศิริวรรณ, 2555) ลักษณะดีเด่นของข้าวเจ้าหอมนิลที่พบนอกจากคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ข้าวเจ้าหอมนิลยังมีลักษณะ ได้แก่ ทรงต้นเตี้ย แตกกอดี เมล็ดมีน้ำหนักดี อายุสั้นเพียง 90 วัน ทำให้สามารถปลูกได้ถึง 3 ครั้งต่อปี หากได้รับการจัดการดีที่เหมาะสมก็จะให้ผลผลิตต่อปีสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ ความสูงของต้นข้าวเจ้าหอมนิลสูงประมาณ 75 เซนติเมตร ลักษณะสีของใบและลำต้นคือ สีเขียวเข้มอมม่วง เมล็ดข้าวกล้องยาวประมาณ 6.5 มิลลิเมตร มีสีม่วงดำ เปลือกหุ้มเมล็ดข้าวมีสีเขียวเข้ม อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 95-100 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 400-700 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ข้าวเจ้าหอมนิลมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) อันเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยป้องกันการเกิดความบกพร่องในร่างกาย รำเป็นสารที่ให้เยื่อใยที่เป็นประโยชน์ (dietary fiber) ซึ่งวงการแพทย์รายงานว่า เยื่อใยเหล่านี้มีส่วนช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ และมะเร็งกระเพาะอาหาร ทั้งยังเป็นส่วนช่วยป้องกันการดูดซึมไขมันชนิดอิ่มตัวเข้าสู่กระเพาะอาหารได้เป็นอย่างดี ด้วยความต้องการของผู้บริโภคและความห่วงใยเรื่องสุขภาพ ทำให้เกิดความต้องการของข้าวเจ้าหอมนิลในวงกว้าง และอีกทั้งเกษตรกรผู้ปลูกยังมีความจำเป็นจะต้องใช้สารเคมีทางการเกษตรในการป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างผลผลิตและในเลือดของผู้ผลิตและผู้บริโภค ตลอดจนตกค้างในดินในน้ำในสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาต่อสุขภาพอนามัย

ผู้ทำการวิจัยได้ตระหนักถึงเรื่องนี้ จึงได้ดำเนินการศึกษาวิจัยโดยเฉพาะในการผลิตข้าวเจ้าหอมนิลอินทรีย์ เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรผู้ผลิตข้าวเจ้าหอมนิลอินทรีย์ได้ ลด เลิก ละ หรืองดการใช้สารเคมีทางการเกษตร โดยหันมาใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ โดยเฉพาะปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพื่อทดแทนสารเคมีที่ใช้ทางการเกษตรกันต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตข้าวสายพันธุ์หอมนิลต่อการตอบสนองของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ใช้เป็นปัจจัยการผลิต และสร้างนวัตกรรมใหม่จากการผลิตข้าวสายพันธุ์หอมนิลปลอดภัยจากสารพิษนำไปสู่การผลิตข้าวสายพันธุ์หอมนิลอินทรีย์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเปรียบเทียบผลผลิตโดยการปลูกข้าวด้วยเครื่องจักรกลการเกษตร ในแปลงปลูกขนาด 20x40 เมตร ณ สถานีวิจัยเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทำการทดลองแบบ RCBD (Randomize Complete Block Design) มี 3 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตราส่วน 5 กิโลกรัมต่อไร่ ในช่วงระยะข้าวแตกกอ และสูตร 16-20-0 อัตราส่วน 10 กิโลกรัมต่อไร่ ในช่วงระยะข้าวตั้งท้อง

ตำรับที่ 2 หลังปลูกข้าว 15 วัน ใส่กากปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรผักรวม น้ำหนัก 14 กิโลกรัม และราดด้วยปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรผักรวม จำนวน 4 ลิตร

ตำรับที่ 3 ใส่กากปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรกระท้อน น้ำหนัก 14 กิโลกรัม และราดด้วยปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรกระท้อน จำนวน 4 ลิตร ในระยะข้าวตั้งท้อง

การจดบันทึกข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 10 กอต่อ 1 ซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 ตำรับการทดลอง จดบันทึกข้อมูลจำนวนหน่อ ความสูง น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดี วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

(analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix Version 8 (Analytical Software, Inc.)

ผลการทดลอง

จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตและสุ่มเก็บตัวอย่างข้าว 10 กอต่อ 1 ซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 ตำรับการทดลอง เมื่อต้นข้าวอายุได้ 95 วัน ผลการวิจัยพบว่า

จำนวนหน่อของข้าว คือ ตำรับที่ 2 เท่ากับ 179 หน่อ รองลงมาคือ ตำรับที่ 1 และ 3 เท่ากับ 178 และ 175.20 หน่อ ตามลำดับ

ความสูงของข้าวคือ ตำรับที่ 2 เท่ากับ 73.43 เซนติเมตร รองลงมาคือ ตำรับที่ 1 และ 3 เท่ากับ 69.63 และ 69.12 เซนติเมตร ตามลำดับ

น้ำหนักเมล็ดรวมของข้าวคือ ตำรับที่ 2 เท่ากับ 266 กรัม รองลงมาคือ ตำรับที่ 1, 3 เท่ากับ 229 และ 235.50 กรัม ตามลำดับ

น้ำหนักเมล็ดดีของข้าวหอมนิล คือ ตำรับที่ 2 ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 216.67 กรัม (554.53 กิโลกรัมต่อไร่) รองลงมาคือ ตำรับที่ 1 และ 3 เท่ากับ 207.67 (531.49 กิโลกรัมต่อไร่) และ 206.27 กรัม (527.91 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าจำนวนหน่อ ความสูง น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดีของข้าวสายพันธุ์หอมนิล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดง Table 1 และ Figure 1

Table 1 The effect of different treatments on harvest index of Hom Nil variety; Black Jasmine Rice

Description	Harvest index			
	Tiller number (number)	Plant height (cm)	Mix seed weight (gm)	Good seed weight (gm)
Tr1	178	69.63	229	207.67
Tr2	179	73.43	266	216.67
Tr3	175.20	69.12	235.50	206.27
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	12.58	3.63	14.83	18.18

ns = non significant different

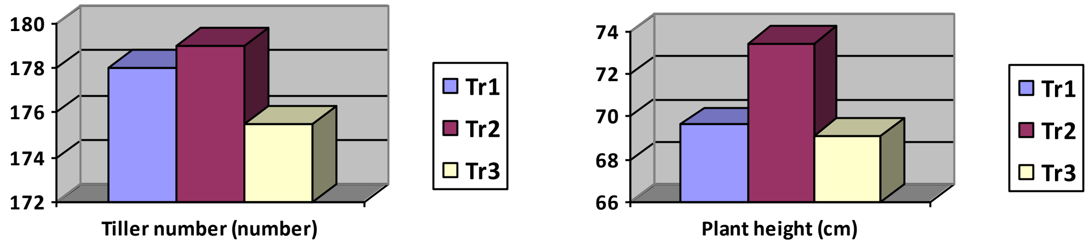


Figure 1 The effect of different treatments on harvest index of Hom Nil variety; Black Jasmine Rice

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัยพบว่าดัชนีการเก็บเกี่ยวโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยเคมีให้กับข้าวสายพันธุ์หอมนิลเพื่อพัฒนาการผลิตข้าวปลอดภัยจากสารพิษนำไปสู่การผลิตข้าวอินทรีย์ทั้ง 3 วิธีการ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านจำนวนหน่อความสูง น้ำหนักเมล็ดรวมและน้ำหนักเมล็ดดี แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยทำให้ทราบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเป็นปัจจัยการผลิตเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถเลิกใช้สารเคมีทางการเกษตรลงได้ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยทางด้านอาหารและสุขภาพของผู้ผลิตและผู้บริโภค ตลอดจนความปลอดภัยทางด้านสิ่งแวดล้อม

สรุปผล

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรผักรวมตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของข้าวดีที่สุด รองลงมาคือ ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 และ 16-20-0 สำหรับปุ๋ยอินทรีย์สูตรกระท้อนตอบสนองน้อยสุด แต่ก็ไม่มีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2555 ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

ศิริวรรณ อมรธำมรงค์, 2555, ลักษณะพิเศษของข้าวเจ้าหอมนิล [สืบค้น], http://www.sininrice.com/insightsub1.html [22/ June /12].

การทดสอบการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในพื้นที่นาดอนของภาคกลาง
Growth and Yield Trials of Rice Varieties on Highland Area in Central Region

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] **และ วิษณุ ทรัพย์กร**[1]
Sawatdikarn, S.[1] and Subkorn, W.[1]

Abstract

The objective of this study was to determine the appropriate rice variety for planting in the highland area of Wung Grajom Subdistrict, Muang District, Nakhon Nayok Province. The eight rice varieties, namely, Prachinburi 1, Prachinburi 2, Ayutthaya 1, Phisanulok 2, Phisanulok 3, Prathumthani 1, Suphanburi 1 and Khawbunrung were planted in rice fields. The stem height at harvesting stage, days to harvesting stage, seed yield, number of seed panicle and seed weight/ 100 seeds were recorded. The results showed that each rice variety showed different growth and seed yields. The Khawbunrung rice variety gave the highest seed yield (590 kg/rai), followed by the Prachinburi 2, Phisanulok 3, Ayutthaya 1, Prathumthani 1, Phisanulok 2 and Suphanburi 1 with seed yields of 460.90, 434.30, 413.30, 403.20, 383.20 and 334.10 kg/rai, respectively. The Prachinburi 1 rice variety showed the lowest seed yield (182.60 kg/rai). For the seed yield test in the highland area, the two rice varieties, namely, Khawbunrung and Prachinburi 2, showed the highest of seed yield and the three rice varieties, namely, Prachinburi 1, Phisanulok 2 and Suphanburi 1, showed fairly low seed yield.
Keywords: rice varieties, growth, seed yield

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมต่อการปลูกในพื้นที่นาดอนของตำบลวังกระโจม อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก โดยปลูกข้าว 8 พันธุ์ คือ ปราจีนบุรี 1 ปราจีนบุรี 2 อยุธยา 1 พิษณุโลก 2 พิษณุโลก 3 ปทุมธานี 1 สุพรรณบุรี 1 และขาวบำรุง วัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว 5 ลักษณะ คือ ความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยว อายุเก็บเกี่ยว ผลผลิต จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ด พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่นาดอนมีการเจริญเติบโตและผลผลิตต่างกัน โดยพันธุ์ขาวบำรุงมีผลผลิตมากที่สุด เท่ากับ 590 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ พันธุ์ปราจีนบุรี 2 พิษณุโลก 3 อยุธยา 1 ปทุมธานี 1 พิษณุโลก 2 และสุพรรณบุรี 1 ที่มีผลผลิต 460.90, 434.30, 413.30, 403.20, 383.20 และ 334.10 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์ปราจีนบุรี 1 ให้ผลผลิตต่ำสุด เท่ากับ 182.60 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นการปลูกข้าวในพื้นที่นาดอน พบว่า พันธุ์ขาวบำรุงและปราจีนบุรี 2 ให้ผลผลิตสูง ส่วนพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตต่ำในพื้นที่นาดอนมี 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ปราจีนบุรี 1 พิษณุโลก 2 และสุพรรณบุรี 1
คำสำคัญ: พันธุ์ข้าว การเจริญเติบโต ผลผลิต

คำนำ

สภาพแวดล้อมมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าว การปลูกข้าวในพื้นที่ต่างกันมีผลทำให้ข้าวแต่ละพันธุ์มีการเจริญเติบโตและผลผลิตต่างกัน จากรายงานของ วรวิทย์ (2537) พบว่า ผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความแตกต่างกันเมื่อปลูกในท้องที่ต่างกัน โดยการปลูกในภาคเหนือให้ผลผลิตมากที่สุด เท่ากับ 500 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ภาคกลางให้ผลผลิต เท่ากับ 450 กิโลกรัมต่อไร่ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ให้ผลผลิตต่ำสุด เท่ากับ 350 กิโลกรัมต่อไร่ และจากรายงานของ นิวัฒน์ และคณะ (2548) พบว่า ผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก. 1 (DOA 1) เมื่อปลูกในเขตภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 3 จังหวัด ให้ผลผลิตแตกต่างกัน โดยการปลูกในจังหวัดอุตรดิตถ์ ให้ผลผลิตมากที่สุด เท่ากับ 919 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ การปลูกในจังหวัดสุโขทัย ที่ให้ผลผลิต เท่ากับ 386 กิโลกรัมต่อไร่ และการปลูกในจังหวัดพิษณุโลก ให้ผลผลิตต่ำสุด เท่ากับ 333 กิโลกรัมต่อไร่ ฉะนั้นการทดสอบพันธุ์ข้าวก่อนการปลูกจึงควรดำเนินการเพื่อให้ได้พันธุ์ข้าวที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในการปลูกของแต่ละท้องที่ การเลือกพันธุ์ข้าวสำหรับปลูกของ

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

เกษตรกรในตำบลวังกระโจมส่วนใหญ่เป็นไปตามคำบอกเล่าของผู้ปลูกมาก่อนทำให้มีการเลือกปลูกข้าวพันธุ์เดียวกันเกือบทั้งตำบลทั้งที่สภาพพื้นที่ในตำบลวังกระโจมต่างกัน ประกอบด้วยเขตที่เป็นนาดอน นาลุ่ม และนาน้ำลึก ทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตต่างกัน การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวในตำบลวังกระโจม เพื่อเป็นข้อมูลให้เกษตรกรสามารถเลือกพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ทำการเกษตรของตนเองได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และได้ข้อมูลพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสำหรับปลูกในพื้นที่นาดอนของตำบลวังกระโจม

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่ตำบลวังกระโจม อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก และที่สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดยทำการปลูกข้าวในตำบลวังกระโจม เริ่มปลูกในเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนมกราคม 2554 โดยปลูกข้าวในพื้นที่นาดอนของหมู่ที่ 1 ตั้งอยู่ในเขตบ้านดอนเจริญ จำนวนพื้นที่ 4 ไร่ ขนาดแปลงย่อย กว้าง 7.20 เมตร ยาว 31.40 เมตร มีพื้นที่ 226 ตารางเมตร ทำการปลูกข้าว 8 พันธุ์ คือ พันธุ์ปราจีนบุรี 1 ปราจีนบุรี 2 อยุธยา 1 พิษณุโลก 2 พิษณุโลก 3 ปทุมธานี 1 สุพรรณบุรี 1 และขาวบำรุง เมื่อถึงอายุเก็บเกี่ยวทำการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว 5 ลักษณะ คือ ความสูงของลำต้นที่อายุเก็บเกี่ยว วันเก็บเกี่ยว ผลผลิตข้าวต่อไร่ จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักแห้งต่อ 100 เมล็ด โดยเปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test เพื่อหาพันธุ์ข้าวที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงในพื้นที่นาดอนของตำบลวังกระโจม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยวของข้าวทั้ง 8 พันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่นาดอน พบว่า พันธุ์พิษณุโลก 3 มีความสูงมากที่สุด 171.80 เซนติเมตร รองลงมาคือ พันธุ์ขาวบำรุงและปราจีนบุรี 1 ที่มีความสูงอยู่ในช่วง 151.80-152.80 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีความสูงต่ำสุด 81.75 เซนติเมตร (Table 1) จากการทดลอง พบว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก 3 มีความสูงมากที่สุด 171.80 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับลักษณะประจำพันธุ์ ที่กรมการข้าว (2549) และสถาบันวิจัยข้าว (2544) รายงานไว้ว่าพันธุ์พิษณุโลก 3 มีความสูงประมาณ 167-170 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบว่า พันธุ์ปทุมธานี 1 มีความสูง 95.25 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีความสูง 81.75 เซนติเมตร สอดคล้องกับการทดลองของ ศานิต และวริสรา (2550) ที่พบว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อปลูกในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีความสูง 118.75 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีความสูง 95.00 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยวของข้าวทุกพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่นาดอน พบว่าพันธุ์พิษณุโลก 2 สุพรรณบุรี 1 และปทุมธานี 1 มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นอยู่ในช่วง 107-117 วัน ข้าวพันธุ์ปราจีนบุรี 2 และอยุธยา 1 มีอายุเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 176 วัน ส่วนข้าวอีก 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ขาวบำรุง พิษณุโลก 3 และปราจีนบุรี 2 มีอายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างนาน อยู่ในช่วง 186-192 วัน จากการทดลองนี้ พบว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 มีอายุเก็บเกี่ยว 117 วัน ส่วนพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีอายุเก็บเกี่ยว 113 วัน ซึ่งข้าวทั้งสองพันธุ์นี้เมื่อปลูกในพื้นที่นาดอนของตำบลวังกระโจม มีอายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าลักษณะประจำพันธุ์ ที่กรมการข้าว (2549) รายงานไว้ โดยพันธุ์ปทุมธานี 1 มีอายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าลักษณะประจำพันธุ์ 9 วัน ส่วนพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เร็วกว่าลักษณะประจำพันธุ์อยู่ 8 วัน นอกจากนี้ข้าวทั้งสองพันธุ์นี้ยังมีอายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าการปลูกในท้องที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาด้วย โดยพันธุ์ปทุมธานี 1 เร็วกว่า 11 วัน และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เร็วกว่า 8 วัน (ศานิต และวริสรา, 2550)

ผลผลิตของข้าวทั้ง 8 พันธุ์ ที่ปลูกในพื้นที่นาดอนของตำบลวังกระโจม พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีผลผลิตแตกต่างกันโดยพันธุ์ขาวบำรุงมีผลผลิตมากที่สุด เท่ากับ 590 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ปราจีนบุรี 2 พิษณุโลก 3 อยุธยา 1 ปทุมธานี 1 พิษณุโลก 2 และสุพรรณบุรี 1 ที่มีผลผลิต 460.80, 434.30, 413.30, 403.20, 383.20 และ 334.10 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์ปราจีนบุรี 1 ให้ผลผลิตในพื้นที่นาดอนต่ำสุด เท่ากับ 182.60 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 1) ซึ่งให้ผลการทดสอบเช่นเดียวกันกับการทดสอบข้าวของ กษิณ และคณะ (2546) นิวัฒน์ และคณะ (2548) และ บุญหงษ์ (2541) ที่พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีผลผลิตต่างกันเมื่อปลูกสภาพพื้นที่ต่างกัน จากการศึกษานี้พบว่าข้าวพันธุ์ขาวบำรุงมีผลผลิตสูงสุด เช่นเดียวกันกับการทดสอบข้าว 8 พันธุ์ ในตำบลช้างใหญ่ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตต่างกันโดยข้าวพันธุ์ขาวบำรุงมีผลผลิตสูงสุด รองลงมา คือ พันธุ์ปราจีนบุรี 2 และพิษณุโลก 3 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ปราจีนบุรี 1 ให้ผลผลิตต่ำสุด (ศานิต, 2554) และให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบผลผลิตของข้าวในหลายการทดลองที่มีความแตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ (นิตยา และคณะ, 2546; นิตยา และคณะ, 2548; สุวัฒน์ และอนันต์, 2541; Saseendran และคณะ, 1998; Kobata และคณะ, 2000) เมื่อพิจารณาจำนวนเมล็ดต่อ

รวงของข้าวทั้ง 8 พันธุ์ พบว่าพันธุ์ขาวบำรุงมีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากที่สุด เท่ากับ 290.50 เมล็ด รองลงมาคือพันธุ์ปราจีนบุรี 1 และปราจีนบุรี 2 ที่มีจำนวนเมล็ด 222.30 และ 205.50 เมล็ด ตามลำดับ ส่วนข้าวอีกจำนวน 3 พันธุ์ คือ พันธุ์พิษณุโลก 2 สุพรรณบุรี 1 และปทุมธานี 1 มีจำนวนเมล็ดต่อรวง ต่ำสุด อยู่ในช่วง 107.00-121.50 เมล็ด (Table 1) และเมื่อพิจาณาองค์ประกอบผลผลิตอีกลักษณะหนึ่ง คือ น้ำหนักเมล็ด พบว่า ข้าวจำนวน 3 พันธุ์ คือ ขาวบำรุง อยุธยา 1 และปราจีนบุรี 1 มีน้ำหนักเมล็ดไม่แตกต่างกัน ที่มีน้ำหนักเมล็ดอยู่ในช่วง 3.474-3.814 กรัม รองลงมา คือ ข้าวอีก 5 พันธุ์ คือ พันธุ์พิษณุโลก 3 ปราจีนบุรี 2 พิษณุโลก 2 ปทุมธานี 1 และสุพรรณบุรี 1 ที่มีน้ำหนักเมล็ดอยู่ในช่วง 3.183-3.348 กรัม (Table 1) จากการทดลองนี้ พบว่าพันธุ์ขาวบำรุงมีน้ำหนักเมล็ดมากที่สุด ส่วนพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีน้ำหนักเมล็ดค่อนข้างน้อย โดยพันธุ์ปทุมธานี 1 มีน้ำหนักเมล็ด 3.311 กรัม ซึ่งมากกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีน้ำหนักเมล็ด 3.183 กรัม สอดคล้องกับการทดลองในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาของ ศานิต (2550) ที่พบว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 มีน้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 2.76 กรัม ซึ่งมากกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่มีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด 2.57 กรัม จะเห็นได้ว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีผลผลิตต่างกันไปซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบข้าวในแต่ละพื้นที่ พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีผลผลิตต่างกัน เช่น การทดสอบพันธุ์ข้าว 6 พันธุ์ในจังหวัดอ่างทอง (ศานิต, 2554) รวมทั้งการทดสอบพันธุ์ข้าวในพื้นที่อื่น (Kobata และ Moriwaki, 1990; Yamauchi และ Winn, 1996; Yamauchi และคณะ, 2000)

Table 1 Stem height at harvesting stage, days to harvesting stage, seed yield, number of seed/panicle and seed weight/100 seeds of eight rice varieties in highland area planting

Rice varieties	Stem height at harvesting stage (cm)	Days to harvesting stage (days)	Seed yield (Kg/rai)	Number of seed/panicle	Seed weight/ 100 seeds
Prachinburi 1	151.80 B	192 A	182.60 H	222.30 B	3.474 AB
Prachinburi 2	121.80 D	176 B	460.90 B	205.50 BC	3.333 B
Ayutthaya 1	131.50 C	176 B	413.30 D	203.30 C	3.814 A
Phisanuloke 2	75.50 G	107 C	383.20 F	107.00 D	3.277 B
Phisanuloke 3	171.80 A	186 A	434.30 C	204.30 C	3.348 B
Prathumthani 1	95.25 E	117 C	403.20 E	110.50 D	3.311 B
Suphanburi 1	81.75 F	113 C	334.10 G	121.50 D	3.183 B
Khawbumroong	152.50 B	186 A	590.00 A	290.50 A	3.509 AB
C.V. (%)	1.80	3.46	7.40	4.71	5.57

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT

สรุปผล

การปลูกข้าวในพื้นที่นาดอนของตำบลวังกระโจม พบว่าพันธุ์ขาวบำรุงและปราจีนบุรี 2 ให้ผลผลิตสูงซึ่งควรแนะนำให้ปลูก ส่วนพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตต่ำในพื้นที่นาดอนของตำบลวังกระโจมมี 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ปราจีนบุรี 2 พิษณุโลก 2 และสุพรรณบุรี 2 ซึ่งไม่แนะนำให้ปลูก

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว, 2549, องค์ความรู้เรื่องข้าว, กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กษิณ ขำเลขะสิงห์ จันทนา สรสิริ และ สมศักดิ์ เหลืองศิโรรัตน์, 2546, การปลูกข้าวไวต่อช่วงแสงบางพันธุ์ในฤดูวันสั้น, วารสารแก่นเกษตร, 31(3): 121-129.

นิตยา รื่นสุข กษิณ ขำเลขะสิงห์ และ วาสนา อินแถลง, 2546, ผลผลิตของข้าวพันธุ์/สายพันธุ์ดีเด่นเมื่อปลูกโดยวิธีหว่านและปักดำในสภาพการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างกันในพื้นที่ดินเปรี้ยว, วารสารแก่นเกษตร, 31(3): 139-150.

นิตยา รื่นสุข กิ่งแก้ว คุณเขต และ ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2548, ระยะเก็บเกี่ยวและอัตราเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมของข้าวฤดูแรกในการปลูกข้าวแบบล้มตอซังในเขตภาคกลาง, วารสารวิชาการเกษตร, 23(1): 53-67.

นิวัฒน์ นภีรงค์ พิษณุ หินตั้ง และ มณฑล ปุญญฤทธิ์, 2548, การทดสอบพันธุ์ข้าวญี่ปุ่นในนาเกษตรกรภาคเหนือตอนล่าง, วารสารวิชาการเกษตร, 23(3): 228-240.

บุญหงษ์ จงคิด, 2545, การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 สุพรรณบุรี 2 ข้าวเจ้าหอมคลองหลวง 1 สุพรรณบุรี 60 และ กข. 7 ภายใต้การเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 10(2): 41-46.

วรวิทย์ พาณิชพัฒน์, 2537, การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105, เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องเทคโนโลยีการผลิตเพื่อแก้ไขปัญหาเกษตรกร, วันที่ 2 กรกฎาคม 2537 ณ โรงแรมแก่นอินน์, ขอนแก่น.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วิริสรา ปลื้มฤดี, 2550, การเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าว 5 พันธุ์, เอกสารการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 702-709.

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2554, การผลิตข้าวตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมในจังหวัดอ่างทอง, สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 278 หน้า.

สุวัฒน์ เจียระคงมั่น และ อนันต์ พลธานี, 2541, การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นที่ปลูกในช่วงเวลาต่างกันที่จังหวัดขอนแก่น, วารสารแก่นเกษตร, 26(1): 12-18.

สถาบันวิจัยข้าว, 2544, ความรู้เรื่องข้าว, ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

Kobata, T. and Moriwaki, N., 1990, Grain Growth Rate as a Function of Dry-Matter production Rate: An Experiment with Two Rice Cultivars under Different Radiation Environments, Japanese Journal of Crop Science, 59(1): 1-7.

Kobata, T., Sugawara, M. and Takatu, S., 2000, Shading During the Early Grain Filling Period Does not Affect Potential Grain Dry Mater Increase in Rice, Agronomy Journal, 92(2): 411-417.

Saseendran, S.A, Hubbard, K.G., Singh, K.K., Mendiratta, N., Rathore, L.S. and Singh, S.V., 1998, Optimum Transplanting Date for Rice in Kerala, India, Determinate using both Ceres v. 30 and ClimProb, Agronomy Journal, 90(1): 185-190.

Yamauchi, M. and Winn, T., 1996, Rice Seed Vigor and Seedling Establishment in Anaerobic Soil, Crop Science, 36(3): 680-686.

Yamauchi, M., Aragones, D.V., Casayuran, P.R, Cruz, P.C.S., Asis, C.A. and Cruz, R.T., 2000, Seedling Establishment and Grain Yield of Tropical Rice Sown in Paddled Soil, Agronomy Journal, 92(2): 275-282.

คุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์
Nutritional Value of 9 Rice Cultivars

ผาณิต รุจิรพิสิฐ[1] วิชชุดา สังข์แก้ว[1] และ เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์[1]
Rujirapisit, P.[1], Sangkaeo, W.[1] and Ieowsakulrat, S.[1]

Abstract

This study aimed to evaluate nutrition of 9 rice cultivars from Ubon ratchathani province which were Black sticky rice, Khao Hom Kalya, Khao Hom Nil, Khao Sungyhod, Khao Hom Mali Dang, Khao Dok Mali 105, Khao Laotaek, Khao Sinlek and Khao Hom Ubon. Determination of Nutritional value of 9 rice cultivars showed that it consisted of 12.11-14.83% moisture. Black sticky rice showed the highest protein and the lowest fat. Khao Hom Kalya showed the highest protein, vitamin B1, vitamin E and fat. While Khao Hom Nil showed the highest dietary fiber, selenium and niacin. The rice that showed the highest zinc and lowest energy was Khao Sungyhod and the highest crude fiber and energy was Khao Hom Mali Dang. While the highest vitamin B1 was found in Khao Sinlek, the highest carbohydrate and iron were found in Khao Hom Ubon. Zinc, niacin and vitamin E in Khao Hom Mali 105 were relatively high. Khao Laotaek did not have the highest composition in any nutritional value, but niacin and zinc in Khao Laotaek remained relatively high. Beta-carotene in all rice cultivars was not detected.

Keywords: nutritional value, rice

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์ จากจังหวัดอุบลราชธานี คือ ข้าวเหนียวดำ ข้าวหอมกัญญา ข้าวหอมนิล ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวเล้าแตก ข้าวสินเหล็ก และข้าวหอมอุบล จากการศึกษา พบว่าข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ มีความชื้นอยู่ในช่วง 12.11–14.83% ข้าวเหนียวดำมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด แต่มีปริมาณไขมันต่ำที่สุด ข้าวหอมกัญญามีปริมาณโปรตีน วิตามินบี 1 วิตามินอี และไขมันสูงที่สุด ข้าวหอมนิลมีปริมาณใยอาหาร ซีลีเนียม และไนอะซินสูงที่สุด ข้าวสังข์หยดมีปริมาณสังกะสีสูงที่สุด และให้พลังงานต่ำที่สุด ข้าวหอมมะลิแดงมีกากใย และพลังงานสูงที่สุด ข้าวสินเหล็กมีปริมาณวิตามินบี 1 สูงที่สุด และข้าวหอมอุบลมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และธาตุเหล็กสูงที่สุด ส่วนข้าวหอมมะลิ 105 มีปริมาณสังกะสี ไนอะซิน และวิตามินอี ค่อนข้างสูง ในขณะที่ข้าวเล้าแตกไม่มีสารอาหารใดที่สูงเด่นชัด แต่มีปริมาณไนอะซิน และสังกะสีอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง โดยตรวจไม่พบเบต้าแคโรทีนในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์

คำสำคัญ: คุณค่าทางโภชนาการ ข้าว

คำนำ

เนื่องจากข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย ดังนั้นผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวณีย์ ไทยรุ่งโรจน์ อธิการบดีมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย จึงให้การสนับสนุนเกษตรกรผู้ทำนาในโครงการทำนา 1 ไร่ ได้เงิน 1 แสน และมีความประสงค์ให้ทางมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย มีส่วนร่วมในการพัฒนาประเทศดังกล่าว จึงส่งเสริมให้มีการทำงานวิจัยเพื่อสนับสนุนโครงการดังกล่าว งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์ จากจังหวัดอุบลราชธานี คือ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล ข้าวเหนียวดำ ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวหอมอุบล ข้าวสินเหล็ก ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเล้าแตก และข้าวหอมกัญญา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญในข้าว เพื่อให้ได้ความรู้เบื้องต้นในการนำข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาพัฒนาให้ผู้บริโภคได้รับคุณประโยชน์จากข้าวตามความต้องการต่อไป

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดินแดง กรุงเทพฯ 10400
[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Dindang Bangkok 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าว 9 สายพันธุ์ จากจังหวัดอุบลราชธานี คือ ข้าวเหนียวดำ ข้าวหอมกัญญา ข้าวหอมนิล ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวเล้าแตก ข้าวสินเหล็ก และข้าวหอมอุบล นำข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ มาศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวโดย วิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร (dietary fiber) กากใย (crude fiber) และพลังงาน โดยใช้วิธี AOAC (2005) ปริมาณวิตามิน ได้แก่ เบต้าแคโรทีน วิตามินอี วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และไนอะซิน โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ปริมาณแร่ธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe) และสังกะสี (Zn) โดยวิธี Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) และปริมาณซีลีเนียม (Se) โดยวิธี Inductively Couple Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการนำข้าว 9 สายพันธุ์ มาศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ มีปริมาณความชื้นและคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกัน โดยมีความชื้นอยู่ในช่วง 12.11–14.83 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 72.31-76.3 เปอร์เซ็นต์ โดยข้าวที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด คือ ข้าวหอมอุบล ข้าวที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำที่สุด คือ ข้าวหอมกัญญา และจากผลการวิเคราะห์ Figure 1 แสดงให้เห็นว่าข้าวเหนียวที่มีสีดำ คือ ข้าวเหนียวดำ และข้าวหอมกัญญา มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด ในขณะที่ข้าวสินเหล็กมีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุด ซึ่งโปรตีนในข้าวส่วนใหญ่มีกรดอะมิโนไลซีน (กล้าณรงค์, 2544) และจากการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน พบว่าข้าวที่มีปริมาณไขมันสูงที่สุด คือ ข้าวหอมกัญญา ในขณะที่ข้าวเหนียวดำมีปริมาณไขมันต่ำที่สุด ซึ่งกรดไขมันในข้าวส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (ลัดดาวัลย์, 2554) สำหรับปริมาณเถ้าในข้าว พบว่าข้าวสินเหล็กมีปริมาณเถ้าสูงที่สุด และข้าวเหนียวดำมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด

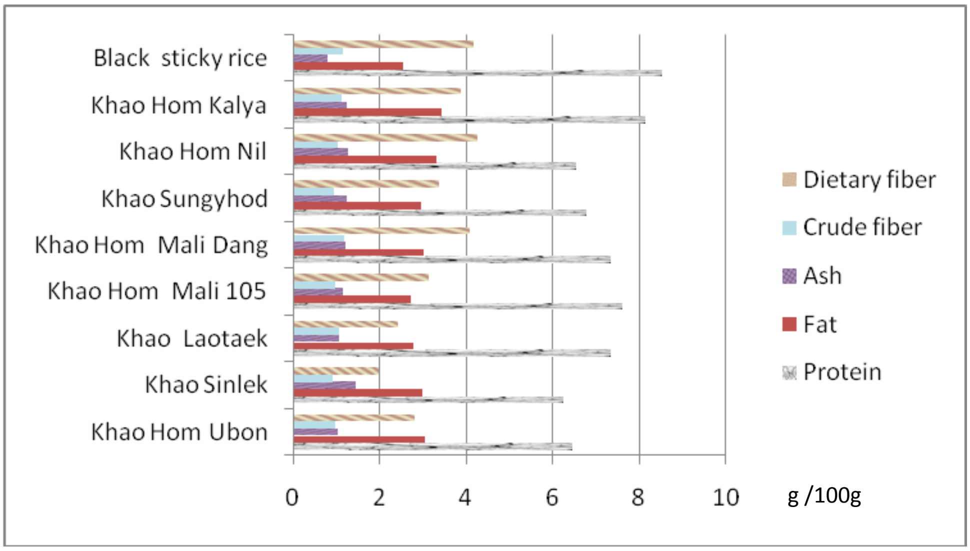


Figure 1 Dietary fiber, crude fiber, ash, fat and protein contents of 9 rice cultivars

ส่วนปริมาณกากใย (crude fiber) และใยอาหาร (dietary fiber) พบว่าข้าวที่มีปริมาณกากใยสูงที่สุด คือ ข้าวหอมมะลิแดง ส่วนข้าวที่มีปริมาณกากใยต่ำที่สุด คือ ข้าวสังข์หยด สำหรับปริมาณของใยอาหาร พบว่าข้าวที่มีปริมาณใยอาหารสูงที่สุด คือ ข้าวหอมนิล และข้าวที่มีปริมาณใยอาหารต่ำที่สุด คือ ข้าวสินเหล็ก ส่วนค่าพลังงาน ของข้าว 9 สายพันธุ์อยู่ในช่วง 350.47–361.83 แคลอรีต่อ 100 กรัม โดยข้าวหอมมะลิแดงให้พลังงานสูงที่สุด ในขณะที่ข้าวสังข์หยดให้พลังงานต่ำที่สุด

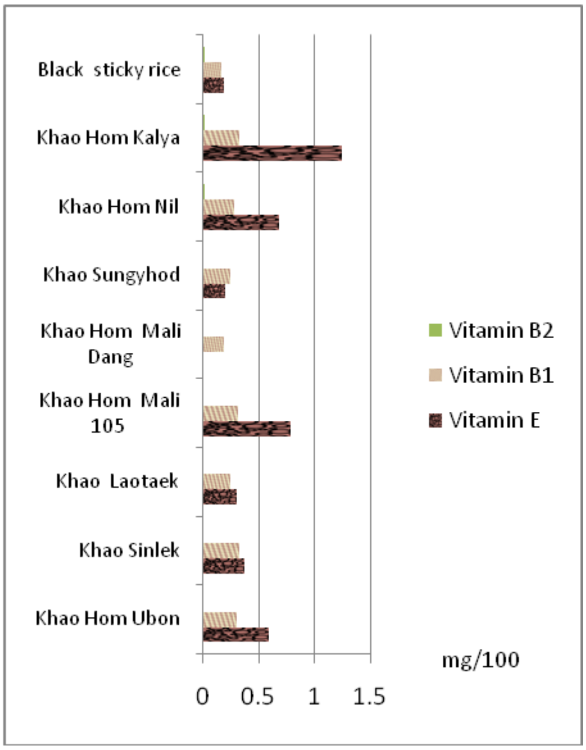


Figure 2 Vitamin B2, Vitamin B1 and Vitamin E of 9 rice cultivars

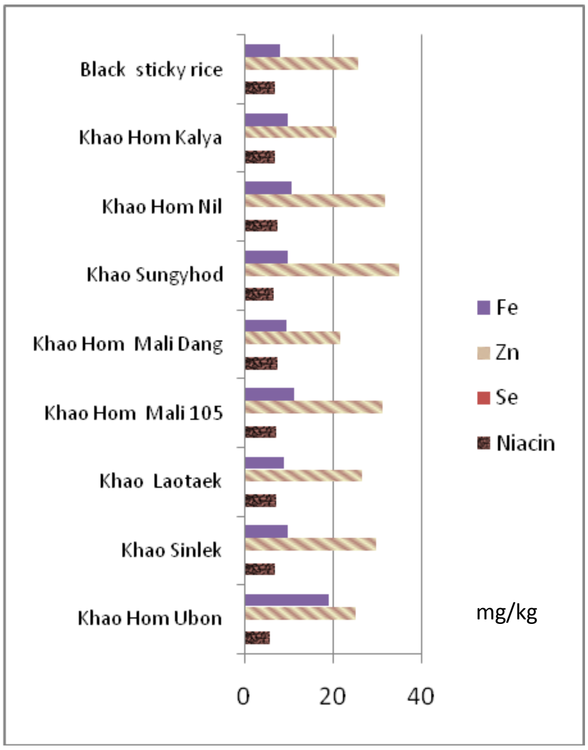


Figure 3 Iron, zinc, selenium, niacin of 9 rice cultivars

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน วิตามิน และเกลือแร่ พบว่าไม่สามารถตรวจพบเบต้าแคโรทีนในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ และจากผลการทดลองใน Figure 2 และ 3 พบว่าข้าวที่มีวิตามินอีสูงที่สุด คือ ข้าวหอมกัญญา ส่วนข้าวหอมมะลิแดงมีปริมาณวิตามินอีต่ำที่สุด เนื่องจากไม่สามารถตรวจพบได้ ส่วนปริมาณของซีลีเนียมนั้น พบว่าข้าวหอมนิลมีปริมาณของซีลีเนียมสูงที่สุด (0.135 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในขณะที่ข้าวหอมกัญญา ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมมะลิ105 ข้าวสินเหล็ก และข้าวหอมอุบล ไม่สามารถตรวจพบธาตุซีลีเนียม และจากการวิเคราะห์ธาตุสังกะสี พบว่าข้าวสังข์หยดมีปริมาณสังกะสีสูงที่สุด ในขณะที่ข้าวหอมกัญญามีปริมาณสังกะสีต่ำที่สุด สำหรับการวิเคราะห์ธาตุเหล็ก พบว่าข้าวที่มีปริมาณธาตุเหล็กสูงที่สุด คือ ข้าวหอมอุบล ซึ่งมีปริมาณสูงถึง 19.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ข้าวอีก 8 สายพันธุ์ มีปริมาณธาตุเหล็กอยู่ในช่วง 8.24–11.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยข้าวที่มีปริมาณธาตุเหล็กต่ำที่สุด คือ ข้าวเหนียวดำ และจากการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 1 พบว่าข้าวที่มีปริมาณวิตามินบี 1 สูงที่สุด คือ ข้าวหอมกัญญา และข้าวสินเหล็ก ในขณะที่ข้าวที่มีปริมาณวิตามินบี 1 ต่ำที่สุด คือ ข้าวเหนียวดำ ส่วนปริมาณวิตามินบี 2 พบว่าข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ มีปริมาณวิตามินบี 2 น้อยมาก คือ ตรวจพบเพียง 0.01 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ในข้าวเหนียวดำ ข้าวหอมกัญญา และข้าวหอมนิล สำหรับข้าวพันธุ์ที่เหลือไม่สามารถตรวจวัดได้ และจากการวิเคราะห์ปริมาณไนอะซินหรือวิตามินบี 3 พบว่าข้าวหอมนิลมีปริมาณไนอะซินสูงที่สุด ในขณะที่ข้าวหอมอุบลมีปริมาณไนอะซินน้อยที่สุด

สรุปผล

ข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ มีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกัน โดยตรวจไม่พบเบต้าแคโรทีน และสรุปได้ว่าข้าวเหนียวดำมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด และมีปริมาณไขมันต่ำที่สุด ข้าวหอมกัญญามีปริมาณโปรตีน วิตามินบี 1 วิตามินอี และไขมันสูงที่สุด ข้าวหอมนิลมีปริมาณใยอาหาร ซีลีเนียม และไนอะซินสูงที่สุด ข้าวสังข์หยด มีปริมาณสังกะสีสูงที่สุด และให้พลังงานต่ำที่สุด ข้าวหอมมะลิแดงมีกากใย และพลังงานสูงที่สุด ข้าวสินเหล็กมีปริมาณวิตามินบี 1 สูงที่สุด และข้าวหอมอุบลมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และธาตุเหล็กสูงที่สุด ส่วนข้าวหอมมะลิ 105 มีปริมาณสังกะสี ไนอะซิน และวิตามินอี ค่อนข้างสูง ในขณะที่ข้าวเล้าแตกไม่มีสารอาหารตัวใดที่สูงเด่นชัด แต่มีปริมาณไนอะซิน และสังกะสีอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต รุ่งทิวา วันสุขศรี สุนีย์ โชตินีรนาท และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2544, การเตรียมและคุณสมบัติของโปรตีนในแป้งข้าว, ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร วันที่ 5-7 กุมภาพันธ์ 2544, หน้า 584-589, กรุงเทพฯ.

ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2554, การเลือกบริโภคน้ำมันพืชจากสัดส่วนของกรดไขมัน [สืบค้น], http://ku30.net [22/ June/12].

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

ทัศนคติและความต้องการซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวจีเอพี

Consumer's Attitudes and Willingness to Pay for GAP Rice

ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล[1]

Siripornvisal, S.[1]

Abstract

This study investigated the attitudes towards and willingness to pay for GAP (Good Agricultural Practice) rice among consumers in the Phranakhon Si Ayutthaya province in order to identify opportunities and strategic implications. Consumer data was collected through a survey of 100 consumers and a conjoint analysis was used in identifying and understanding the combined effects of product attributes on consumer preferences. The findings suggested that the most important attribute for rice was food safety, followed by quality (taste, flavor and grain softness), price and nutritional value. Consumers were also willing to pay premium prices for GAP certified rice. The findings have positive implications for the further development of GAP rice chains and should also be valuable as supportive data for the promotion of GAP rice farming.

Keywords: Good Agricultural Practice (GAP), rice, consumer's attitudes, conjoint analysis

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพิจารณาทัศนคติและความปรารถนาที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวที่ผลิตด้วยกระบวนการเกษตรที่ดีและเหมาะสม (จีเอพี) ของผู้บริโภคในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อบ่งชี้โอกาสและช่องทางเชิงกลยุทธ์ โดยข้อมูลผู้บริโภคได้จากการสำรวจความเห็นของผู้บริโภคจำนวน 100 ราย และใช้ระเบียบวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมในการบ่งชี้และทำความเข้าใจอิทธิพลร่วมของลักษณะผลิตภัณฑ์ต่อความนิยมของผู้บริโภค ผลจากการวิเคราะห์บ่งชี้ว่า ลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวที่มีความสำคัญสำหรับผู้บริโภคมากที่สุด ได้แก่ ลักษณะด้านความปลอดภัยทางอาหาร รองลงมาคือลักษณะเกี่ยวคุณภาพการบริโภค (รสชาติ กลิ่น และความนุ่ม) ราคา และคุณค่าทางอาหารตามลำดับ นอกจากนั้นข้อมูลยังบ่งชี้ว่า ผู้บริโภคมีความปรารถนาที่จะจ่ายแพงขึ้นเพื่อซื้อข้าวที่ได้รับการรับรองมาตรฐานจีเอพี ซึ่งข้อเท็จจริงนี้มีนัยยะเชิงบวกสำหรับการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้าวจีเอพีในอนาคต และน่าจะเป็นข้อมูลสนับสนุนที่มีประโยชน์สำหรับการส่งเสริมการเพาะปลูกข้าวจีเอพีด้วย

คำสำคัญ: การเกษตรที่ดีและเหมาะสม (จีเอพี) ข้าว ทัศนคติของผู้บริโภค การวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม

คำนำ

ข้าวเป็นทั้งอาหารหลักและพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นแหล่งปลูกข้าวสำคัญแหล่งหนึ่งของประเทศ มีพื้นที่ปลูกข้าวมากถึง 3.3 ล้านไร่โดยประมาณ ซึ่งโดยภาพรวมการปลูกข้าวในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นรูปแบบเดียวกันกับการปลูกข้าวในเขตจังหวัดอื่นๆ บนที่ลุ่มภาคกลาง กล่าวคือ เป็นการปลูกข้าวเชิงพาณิชย์ มีการเพาะปลูกอย่างเข้มข้นตลอดทั้งปี ปีละ 2-3 รอบการเพาะปลูก และเป็นระบบที่พึ่งพาสารเคมีมาก (high input system) โดยมีต้นทุนสารเคมีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิตข้าวทั้งหมด แบ่งเป็น ต้นทุนสารกำจัดศัตรูพืชประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ และต้นทุนปุ๋ยเคมีและฮอร์โมน 25 เปอร์เซ็นต์ (ภัสน์วจี, 2552) การปลูกข้าวโดยพึ่งพาสารเคมีปริมาณสูงเช่นนี้ไม่เพียงสร้างภาระค่าใช้จ่ายแก่เกษตรกรเท่านั้น แต่ยังนำมาซึ่งปัญหาอื่นๆ โดยเฉพาะความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศในนาข้าว (environmental and ecological sustainability issues) ปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิตซึ่งอาจถ่ายทอดไปสู่ผู้บริโภค (food safety issues) และปัญหาพิษสะสมในร่างกายเกษตรกร (occupational health and safety issues) ปัญหาเหล่านี้กำลังส่งผลกระทบอย่างมากต่อระบบการค้าข้าวของไทยโดยภาพรวมด้วย

---

[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

เพื่อเป็นการสนับสนุนให้มีการเพาะปลูกข้าวด้วยระบบที่ยั่งยืนกว่า และเพื่อรักษาโอกาสการแข่งขันของข้าวไทย รัฐบาลได้ใช้ความพยายามอย่างต่อเนื่องในการผลักดันให้เกษตรหันมาปลูกข้าวตามหลักเกณฑ์เกษตรที่ดีและเหมาะสม (good agricultural practice: GAP) หรือจีเอพี แต่อย่างไรก็ตาม ผลการส่งเสริมการปลูกข้าวตามระบบจีเอพีในระยะที่ผ่านมายังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากเกษตรกรยังไม่เชื่อมั่นว่าข้าวจีเอพีจะนำมาซึ่งโอกาสใหม่ๆ ทางการตลาดได้จริงหรือไม่ เพราะเมื่อพิจารณาจากราคาจำหน่ายข้าวจีเอพีและข้าวที่ปลูกด้วยวิธีดั้งเดิมยังไม่ถือว่ามีความแตกต่างกัน ซึ่งจากประเด็นดังกล่าวนี้ผู้วิจัยเห็นว่าการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ในการส่งเสริมการปลูกข้าวตามหลักเกณฑ์เกษตรที่ดีและเหมาะสมควรมีการทำความเข้าใจตลาดและแนวโน้มการตอบรับของผู้บริโภคร่วมด้วย เพื่อให้สามารถกำหนดกลยุทธ์ในการส่งเสริมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการพิจารณาทัศนคติและความปรารถนาที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวที่ผลิตด้วยกระบวนการเกษตรที่ดีและเหมาะสมของผู้บริโภคในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อบ่งชี้โอกาสทางการตลาดและช่องทางเชิงกลยุทธ์ในการส่งเสริมการปลูกข้าวจีเอพีในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. กลุ่มตัวอย่างและการสำรวจข้อมูล

ลุ่มตัวอย่างที่การสำรวจข้อมูลได้แก่ ประชาชนผู้บริโภคข้าว ที่อาศัยในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาจำนวน 100 ราย ทำการสำรวจข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถามที่ประกอบด้วยชุดคำถาม 3 ชุด ได้แก่ 1) ชุดคำถามด้านประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง 2) ชุดคำถามด้านทัศนคติและความเข้าใจเกี่ยวกับข้าวจีเอพี และ 3) ชุดคำถามเกี่ยวกับความนิยมของผู้บริโภคต่อลักษณ์ผลิตภัณฑ์ข้าวสาร ซึ่งชุดคำถามที่ 3 นี้ใช้สำหรับการวิเคราะห์องประกอบร่วมของลักษณะผลิตภัณฑ์ข้าวต่อความนิยมของผู้บริโภค

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม

โดยกำหนดลักษณะผลิตภัณฑ์และค่าระดับขององค์ประกอบดังแสดงใน Table 2 จากนั้นทำการออกแบบการทดลองโดยใช้ระเบียบวิธี orthogonal array design ดังแสดงใน Table 3 จากนั้นทำการกำหนดแบบสอบถามที่ระบุลักษณะผลิตภัณฑ์ทั้ง 9 ผลิตภัณฑ์ตามแผนการทดลองที่ออกแบบไว้ ให้กลุ่มตัวเลือกผลิตภัณฑ์ที่ตนชื่นชอบหรือนิยม จากนั้นนำข้อมูลการสำรวจที่ได้มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม (กุณฑลี, 2540; Harrison และคณะ, 1998)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการการสำรวจความเห็นของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้บริโภคข้าวในท้องถิ่นจังหวัด พระนครศรีอยุธยา จำนวน 100 ราย พบข้อมูลเบื้องต้นว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความกังวล มากขึ้นในประเด็นเกี่ยวกับพิษตกค้างของสารเคมีในผลิตภัณฑ์ข้าว และเห็นด้วยที่ภาครัฐมีการส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาปรับปรุงระบบการผลิตข้าวภายใต้หลักเกณฑ์การเกษตรที่ดีและเหมาะสม (จีเอพี) แต่อย่างไรก็ตามผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังมีการรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับระบบจีเอพีน้อย แต่เมื่อมีการให้ความรู้เกี่ยวกับหลักเกณฑ์จีเอพีแล้ว พบว่า ผู้บริโภคจำนวนร้อยละ 72 ของกลุ่มตัวอย่างที่สำรวจยินดีที่จะจ่ายแพงขึ้นเพื่อซื้อข้าวที่ได้รับการรับรองมาตรฐานจีเอพี เมื่อนำข้อมูลการสำรวจมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อหรือเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อบริโภคในครัวเรือน ได้ผลลัพธ์ดังแสดงใน Table 1

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมทำให้ทราบว่า ลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวที่มีความสำคัญสำหรับผู้บริโภคมากที่สุด ได้แก่ ลักษณะด้านความปลอดภัยทางอาหาร โดยผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการเลือกซื้อข้าวจีเอพีมากกว่าข้าวที่ปลุกด้วยวิธีดั้งเดิม ส่วนปัจจัยรองลงมา ได้แก่ ลักษณะเกี่ยวคุณภาพ การบริโภค (รสชาติ กลิ่น และความนุ่ม) ราคา และคุณค่าทางอาหารตามลำดับ

ประเด็นที่น่าสนใจที่พบจากการวิจัยนี้ คือ จะเห็นว่าผู้บริโภคข้าวในท้องถิ่นที่สำรวจ ได้ให้ความสำคัญกับในเรื่องคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุดจากองค์ประกอบร่วม 4 ลักษณะ ที่พิจารณา ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า แนวโน้มการพัฒนาตลาดผลิตข้าวเพื่อสุขภาพ เช่น ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอก ที่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในปัจจุบันยังคงต้องเผชิญ กับอุปสรรคด้านพฤติกรรมผู้บริโภคข้าว ที่เน้นการบริโภคเพื่อรสชาติมากกว่า ดังนั้น การพัฒนาตลาดผลิตข้าวเพื่อสุขภาพ จึงควรเน้นการพัฒนาสมบัติด้านรสชาติควบคู่ไปด้วย

สรุปผล

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวที่มีความสำคัญสำหรับผู้บริโภคมากที่สุด ได้แก่ ลักษณะด้านความปลอดภัยทางอาหาร รองลงมาคือ ลักษณะเกี่ยวคุณภาพการบริโภค ราคา และคุณค่าทางอาหารตามลำดับ ซึ่งข้อเท็จจริงนี้มีนัยะเชิงบวกสำหรับการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้าวจีเอพีในอนาคต และน่าจะเป็นข้อมูลสนับสนุนที่มีประโยชน์สำหรับการส่งเสริมการกำหนดกลยุทธ์การส่งเสริมเพาะปลูกข้าวจีเอพีด้วย

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ในความเอื้อเฟื้อด้านพาหนะ สถานที่ และเครื่องอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กุณฑลี เวชสาร, 2540, การวิจัยตลาด, พิมพ์ครั้งที่ 1, ภาควิชาการตลาด คณะพาณิชย์และการบัญชี, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ภัสน์วจี ศรีสุวรรณ์, 2552, พอกันทีปฏิวัติเขียว บ้านบ่อเงินยุคใหม่จะไร้สารเคมี, ใน เสียงสะท้อนสุขภาพ: ประสบการณ์จริง HIA 5 พื้นที่ 5 มุม, สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ, นนทบุรี.

Harrison, R.W., Ozayan, A. and Meyers, S.P., 1998, A Conjoint Analysis of New Food Products Processed from Underutilized Small Crawfish, Journal of Agricultural and Applied Economics, 30(2): 257–265.

Table 1 Socio-demographic characteristics of participants in the conjoint analysis (N = 100).

characteristic		%	characteristic		%
Gender	Male	44	Family size	1 - 2	25
	Female	56		3 - 4	44
Age	<25	2		5 or more	31
	25-35	21	Family income (Baht)	<10,000	12
	35-45	44		10,000 – 19,999	16
	45-55	21		20,000 – 29,999	31
	> 55	12		30,000 – 39,999	11
Education	Elementary	37		40,000 -49,999	12
	Higher	63		≥ 50,000	8

Table 2 Attributes and levels used in the conjoint analysis

Attributes	Level 1	Level 2	Level 3
Eating quality	fragrance	softness	Taste
Food safety	conventional rice	GAP rice	-
Nutritional and functional values	polished rice	Brown rice	-
Price	35 Baht/Kg	45 Baht/Kg	45 Baht/Kg

Table 3 Hypothetical product profiles (based on orthogonal array design)

Eating quality	Food safety	Nutritional and functional values	Price
fragrance	conventional rice	polished rice	45 Baht/Kg
	GAP rice	brown rice	55 Baht/Kg
	GAP rice	polished rice	35 Baht/Kg
softness	conventional rice	polished rice	55 Baht/Kg
	GAP rice	brown rice	45 Baht/Kg
	GAP rice	polished rice	35 Baht/Kg
taste	conventional rice	brown rice	35 Baht/Kg
	GAP rice	polished rice	55 Baht/Kg
	GAP rice	polished rice	45 Baht/Kg

Table 4 Utilities of each level and relative importance of each attribute considered in the study.

Attributes	Levels	Utilities	Relative importance (%)
Food safety	GAP rice	0.4124	33.96
	conventional rice	-0.4124	
Eating quality	fragrance	1.9697	26.40
	softness	-0.6933	
	taste	-1.2763	
Price	35	0.4264	21.31
	45	0.4168	
	55	-0.8432	
Nutritional and functional values	polished rice	0.5918	18.33
	brown rice	-0.5918	

Intercept 4.6642, higher utility values correspond to higher consumer preference.

ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของยางพารา

Effects of Drought Stress on Growth Inhibition in Para Rubber

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] และ วิษณุ ทรัพย์กร[1]
Sawatdikarn, S.[1] and Subkorn, W.[1]

Abstract

The objective of this study was to evaluate effects of drought stress on growth inhibition para rubber. Three para rubber seedling namely RRIM 600 PB 235 and BP 24 were planted in plastic bags and watered at five procedures; watered every day, watered one day interval, watered two days interval, watered three days interval and watered four days interval. Stem height, leaf length, leaf width and stem dry weight were measured 28 days after planting. The results showed that the four days interval watered treatment gave the highest of growth inhibition in all three para rubber varieties. The increasing of water stress resulted in the inhibition growth. Treatment of four days-watered reached the growth inhibition of leaf length and leaf width in three para rubber varieties above 45%. For leaf length characteristics, showed the inhibition of RRIM 600, PB 235 and BP 24 at 59.07, 62.23 and 70.56%, respectively. For leaf width characteristics, showed the inhibition of RRIM 600, PB 235 and BP 24 varieties at 45.80, 63.94 and 61.87%, respectively. The inhibition of stem height and number of leaf in three para rubber varieties, the watered at all treatments gave the inhibition ranged from 11 to 55%.

Keywords: water stress, para rubber, growth inhibition

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นยางพารา โดยนำต้นกล้าของยางพารา 3 พันธุ์ คือ RRIM 600 PB 235 และ BP 24 เพาะในถุงพลาสติกแล้วให้น้ำต่างกัน แบ่งเป็น 5 ทรีตเมนต์ คือ ให้น้ำทุกวัน ให้น้ำวันเว้นวัน ให้น้ำวันเว้น 2 วัน ให้น้ำวันเว้น 3 วัน และให้น้ำวันเว้น 4 วัน วัดการเจริญเติบโตของต้นกล้ายางพาราหลังการเพาะ 28 วันหลังปลูก 4 ลักษณะ คือ ความสูงต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น พบว่า การให้น้ำวันเว้น 4 วัน ทำให้ยางพาราทั้งสามพันธุ์ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตสูงสุด การให้ขาดน้ำในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของยางพาราทั้ง 4 ลักษณะถูกยับยั้งเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการให้น้ำวันเว้น 4 วัน ที่ยับยั้งความยาวใบและความกว้างใบมากกว่า 45% โดยพันธุ์ RRIM 600 PB 235 และ BP 24 ถูกยับยั้งความยาวใบเท่ากับ 59.07, 62.23 และ 70.56% ตามลำดับ และยับยั้งความกว้างใบ เท่ากับ 45.80, 63.94 และ 61.87% ตามลำดับ ในขณะที่การยับยั้งความสูงต้นและจำนวนใบของยางพาราทั้งสามพันธุ์ที่ขาดน้ำทุกทรีตเมนต์อยู่ระหว่าง 11-55%

คำสำคัญ: การขาดน้ำ ยางพารา การยับยั้งการเจริญเติบโต

คำนำ

การขาดน้ำเป็นสภาพแวดล้อมหนึ่งที่ยางพารามักพบเสมอในฤดูร้อนหรือสภาพฝนทิ้งช่วง การขาดน้ำมีผลทำให้พืชปลูกได้รับผลกระทบทั้งการเจริญเติบโตและผลผลิต (Boyer และ Westgate, 2004) สำหรับการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชปลูกเมื่อปลูกในสภาพขาดน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยบางประการ เช่น ปริมาณการให้น้ำ และความถี่ของการให้น้ำ สำหรับปริมาณการให้น้ำ พบว่าการให้น้ำในปริมาณที่น้อยลงมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชปลูกได้รับผลกระทบมากกว่าการให้น้ำในปริมาณมาก เช่น อ้อย (ศานิต และ สิงหราช, 2554) และมันสำปะหลัง (ศานิต และ กิตติ, 2554; Alves และ Setter, 2000) สำหรับความถี่ในการขาดน้ำ พบว่าการขาดน้ำในระดับที่รุนแรงมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชปลูกได้รับผลกระทบมากกว่าการขาดน้ำในระดับที่รุนแรงน้อย เช่น ถั่วเขียว (ศานิต และ วริสรา, 2553) ข้าวโพด (ศานิต,

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

2553) ข้าว (Ekanayake, 1991) ข้าวโพดเทียน (Sawatdikarn, 2010) และอ้อย (Glaz และ Gilbert, 2006; Wiedenfeld, 2000)

สำหรับการทดสอบการขาดน้ำของยางพารามีการศึกษาอยู่บ้างแต่ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในระยะที่ยางพาราให้ผลผลิตแล้ว (สุเมธ และคณะ, 2550) รวมทั้งการทดสอบยางพาราในสภาพน้ำท่วมขัง (ศานิต และ วิษณุ, 2554) แต่ยังไม่มีรายงานเกี่ยวผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตในระยะแรกของยางพารา 3 พันธุ์ คือ RRIM 600, PB 235 และ BP 24 ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาผลของการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตของยางพารา 3 พันธุ์ เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกปลูกยางพาราในสภาพขาดน้ำหรือสภาพฝนทิ้งช่วง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำต้นกล้าของยางพารา 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ RRIM 600 PB 235 และ BP 24 ปลูกในถุงพลาสติกที่บรรจุดิน 1,000 กรัม จำนวน 1 ต้น 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design แล้วดำเนินการให้น้ำต่างกันแบ่งเป็น 5 ทรีตเมนต์ คือ ให้น้ำทุกวัน (สภาพควบคุม) ให้น้ำวันเว้นวัน ให้น้ำวันเว้น 2 วัน ให้น้ำวันเว้น 3 วัน และให้น้ำวันเว้น 4 วัน (ศานิตและสิงหราช, 2554) ประเมินผลการเจริญเติบโตของยางพาราที่อายุ 28 วันหลังปลูก 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น นำข้อมูลที่ได้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความสูงลำต้นตามสูตรของ ศานิต และ กิตติ (2554) ดังนี้ การยับยั้งความสูงลำต้น (%)

$$= \left\{ \frac{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม} - \text{ความสูงลำต้นในสภาพขาดน้ำ}}{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม}} \right\} \text{X } 100$$

ส่วนการยับยั้งความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกับการยับยั้งความสูงลำต้น และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะของยางพาราทั้ง 3 พันธุ์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การให้น้ำในความถี่ที่ลดลงมีผลทำให้ยางพาราที่นำมาทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ในการทดสอบนี้ คือ พันธุ์ RRIM 600 (Table 1) PB 235 (Table 2) และ BP 24 (Table 3) ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการทดสอบผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตของยางพารา (สุเมธ และคณะ, 2550) และพืชปลูกอื่น เช่น ข้าวโพด (ศานิต, 2553) อ้อย (ศานิต และ สิงหราช, 2554) ข้าวโพดเทียน (Sawatdikarn, 2010) มันฝรั่ง (Basu และคณะ, 1999) มันสำปะหลัง (Alves และ Setter, 2000; Bakayoko และคณะ, 2009) กาแฟ (Praxedes และคณะ, 2006) และทานตะวัน (Kazenmeini และคณะ, 2009) พบว่า การขาดน้ำทำให้พืชปลูกทุกชนิดที่ทดสอบมีการเจริญเติบโตลดลงกว่าการให้น้ำปกติ

เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการขาดน้ำ พบว่า ยางพาราที่นำมาทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ RRIM 600 (Table 1) PB 235 (Table 2) และ BP 24 (Table 3) ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะสูงสุด เมื่อให้ขาดน้ำวันเว้น 4 วัน ซึ่งเป็นระดับการขาดน้ำที่มีความรุนแรงสูงสุด รองลงมาคือ การให้น้ำวันเว้น 3 วัน วันเว้น 2 วัน และวันเว้นวัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดสอบผลของการขาดน้ำในพืชปลูกวงศ์เดียวกับยางพารา เช่น สบู่ดำ (Silva และคณะ, 2010) และละหุ่ง (Babita และคณะ, 2010) รวมทั้งให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบในพืชปลูกหลายชนิด เช่น ข้าวโพด (ศานิต, 2553) มันสำปะหลัง (ศานิต และ กิตติ, 2554; Bakayoko และคณะ, 2009) ข้าวสาลี (Pireivatlou และคณะ, 2010) และอ้อย (Wiedenfeld และ Enciso, 2008) พบว่าการปลูกพืชในสภาพขาดน้ำมีการเจริญเติบโตและผลผลิตน้อยกว่าการปลูกในสภาพไม่ขาดน้ำหรือสภาพที่ขาดน้ำน้อยกว่า

การขาดน้ำมีผลทำให้ยางพาราได้รับผลกระทบในหลายกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการงอก การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิต ซึ่งเมื่อเกิดการขาดน้ำในสภาพรุนแรงมีผลทำให้ยางพารามีการเจริญเติบโตลดลง ฉะนั้นเพื่อให้ยางพารามีการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูงในทุกสภาพแวดล้อมที่ปลูก จึงควรหลีกเลี่ยงการปลูกยางพาราในสภาพขาดน้ำหรือควรให้ยางพาราได้รับน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก ดังนั้นในการปลูกยางพาราทั้ง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ RRIM 600 (Table 1) PB 235 (Table 2) และ BP 24 (Table 3) ควรปลูกในสภาพที่ไม่มีน้ำท่วมขังหรือมีน้ำท่วมขังน้อย และควร

หลีกเลี่ยงการปลูกยางพาราในสภาพแปลงปลูกที่มีน้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง ที่ทำให้ยางพาราถูกยับยั้งการเจริญเติบโตทั้ง 4 ลักษณะ คือ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นสูงสุด

สรุปผล

การให้น้ำวันเว้น 4 วัน ทำให้ยางพาราทั้งสามพันธุ์ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตสูงสุด การให้ขาดน้ำในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของยางพาราทั้ง 4 ลักษณะถูกยับยั้งเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการให้น้ำวันเว้น 4 วัน ที่ยับยั้งความยาวใบและความกว้างใบมากกว่า 45% โดยพันธุ์ RRIM 600, PB 235 และ BP 24 ถูกยับยั้งความยาวใบ เท่ากับ 59.07, 62.23 และ 70.56% ตามลำดับ และยับยั้งความกว้างใบ เท่ากับ 45.80, 63.94 และ 61.87% ตามลำดับ ในขณะที่การยับยั้งความสูงต้นและจำนวนใบของยางพาราทั้งสามพันธุ์ที่ขาดน้ำทุกทรีตเมนต์อยู่ระหว่าง 11-55%

Table 1 Growth inhibition of stem height, leaf length, leaf width and stem dry weight of RRIM 600 para rubber at different water stress conditions compared with watered at every day treatment.

Water stress Conditions	Inhibition of stem height (%)	Inhibition of leaf length (%)	Inhibition of leaf width (%)	Inhibition of stem dry weight (%)
One day interval	13.34d	7.43d	17.81d	12.31d
Two days interval	21.12c	24.38c	23.53c	20.48c
Three days interval	38.11b	49.65b	25.45b	38.15b
Four days interval	49.18a	59.07a	45.80a	50.33a
C.V. (%)	6.62	7.84	10.12	12.54

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 2 Growth inhibitions of stem height, leaf length, leaf width and stem dry weight of PB 235 para rubber at different water stress conditions compared with watered at every day treatment.

Water stress Conditions	Inhibition of stem height (%)	Inhibition of leaf length (%)	Inhibition of leaf width (%)	Inhibition of stem dry weight (%)
One day interval	11.86d	24.26d	15.98d	13.31d
Two days interval	24.43c	35.71c	31.79c	17.54c
Three days interval	40.37b	50.29b	55.50b	30.50b
Four days interval	52.11a	62.23a	63.94a	44.61a
C.V. (%)	5.54	9.65	7.95	10.24

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 3 Growth inhibitions of stem height, leaf length, leaf width and stem dry weight of BP 24 para rubber at different water stress conditions compared with watered at every day treatment.

Water stress Conditions	Inhibition of stem height (%)	Inhibition of leaf length (%)	Inhibition of leaf width (%)	Inhibition of stem dry weight (%)
One day interval	12.68d	16.56d	18.42d	14.32d
Two days interval	22.69c	31.67c	31.07c	29.13c
Three days interval	36.01b	48.92b	53.65b	36.27b
Four days interval	47.64a	70.56a	61.87a	50.85a
C.V. (%)	9.64	12.35	11.28	12.49

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

เอกสารอ้างอิง

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ กิตติ การะพิมพ์, 2554, ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(พิเศษ): 173-176.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วริสรา ปลื้มฤดี, 2553, ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 497-500.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ สิงหราช โค้วเจริญ, 2554, ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(พิเศษ): 161-164.

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2553, ผลของการขาดน้ำต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 489-492.

สุเมธ ลิ่มมณีธร สายัณห์ สดุดี และ อิบรอเฮม ยีดำ, 2550, ผลของการให้น้ำต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลผลิตน้ำยางของยางพารา (*Havea brasiliensis*) ในช่วงฤดูแล้ง, วารสารสงขลานครินทร์ฉบับวิทยาศาสตร์, 29: 601-613.

Alves, A.A.C. and Setter, T.L., 2000, Response of Cassava to Water Deficit: Leaf Area Growth and Abscisic Acid, Crop Science, 40: 131-137.

Babita, M., Maheswari, M., Rao, L.M., Shanker, A.K. and Rao, D.G., 2010, Osmotic Adjustment, Drought Tolerance and Yield in Caster Bean (*Ricinus communis* L.) Hybrids, Enviromental and Experimental Botany, 69: 243-249.

Bakayoko, S., Tschannen, A., Nindjin, C., Dao, D., Girardin, O. and Assa, A., 2009, Impact of Water Stress on Fresh Tuber Yield and Dry Matter Content of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Cotedlvoire, African Journal of Agricultural Research, 4: 21-27.

Basu, P.S., Sharma, A., Garg, I.D. and Sukumaran, N.P., 1999, Tuber Sink Modified Photosynthetic Response in Potato Tuber under Water Stress, Environmental and Experimental Botany, 42: 25-39.

Boyer, J.S. and Westgate, M.E., 2004, Grain Yields with Limited Water, Journal of Experimental Botany, 55: 2385-2394.

Ekanayake, I.J., Steponkus, P.L. and De Detta, S.L., 1990, Sensitivity of Pollination to Water Deficits at Anthesis in Upland Rice, Crop Science, 30: 310-315.

Glaz, B. and Gilbert, R.A., 2006, Sugarcane Responses to Water Tables, Periodic Flood and Foliar Nitrogen on Oganic Soil, Journal Agron, 98: 616-621.

Kazenmeini, S.A., Edalat, M. and Shekoofa, A., 2009, Interaction Effects of Deficit Irrigation and Row Spacing on Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Growth, Seed Yield and Oil Yield, African Journal of Agricultural Researc, 4: 1165-1170.

Pireivatlou, A.M., Masjedlou, B.D. and Aliyev, R.T., 2010, Evaluation of Yield Potential and Stress Adaptative Trait in Wheat Genotypes under Post Anthesis Drought Stress Conditions African Journal of Agricultural Researc, 5: 2829-2836.

Praxedes, S.D., DaMatta, F.M., Loureiro, M.E., Ferrao, M.A.G. and Cordeiro, A.T., 2006, Effects of Long-Term Soil Drought on Photosynthesis and Carbohydrate Metabolism in Mature Robusta Coffee (*Coffea canephora* Pierre var. Kouillou) Leaves, Environmental and Experimental Botany, 56: 263-273.

Sawatdikarn, S., 2010, Effects of Water Stress on Inhibition of Seed Germination and Vigor in Waxy Corn, p 1-7, In 36th Proceeding Congress on Science and Technology of Thailand.

Silva, E.N., Ferreira-Silva, S.L., Viegas, R.A. and Silveira, J.A.G., 2010, The Role of Organic and Inorganic Solutes in the Osmotic Adjustment of Drought-Stressed *Jatropha curcas* Plants, Environmental and Experimental Botany, 69: 279-285.

Wiedenfeld, B. and Enciso, J., 2008, Sugarcane Responses to Irrigation and Nitrogen in Semiarid South Texas, Journal Agron, 100: 665-671.

Wiedenfeld, R.P., 2000, Water Stress during Different Sugarcane Growth Periods on Yield and Response to N Fertilization, Agricultural Water Management, 43: 173-182.

เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นกล้าข้าวสาลีอินทรี 1 เพื่อทำน้ำคั้นใบข้าว

Efficiency Improvement Technique on Insee 1 Seedling Production for Leaf Juice Extract

เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์[1] และ ชวนพิศ อรุณรังสิกุล[1]

Kietnontapat, N.[1] and Aroonrungsikul, C.[1]

Abstract

The appropriated of planting medias and nutrient solution study for seedling production of Insee 1 wheat variety was investigated for 6 medias, the nutrient solution application compared to water only. The experimental design was by factorial in CRD with 3 replications at Experimental Field of Seed Technology and Crop Improvement Unit, Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and Development Institute at Kamphaengsean, Kasetsart University, Kamphaengsean Campus, Nakhon Pathom. The results indicated that Insee 1 wheat seedling applied with nutrient solution showed the highest significantly difference among plant height, seed weight, leaf juice percentage, chlorophyll content. Seedling grown on rice husk charcoal combined with nutrient solution or water revealed the higher physiological characteristic, in particularly chlorophyll content. However, seedling that was applied with nutrient solution and grew on sponge media had higher seedling height and leaf juice percentage. Seedling grown on the rice husk combined with the nutrient solution was highly influenced on the seedling weight.

Keywords: Insee 1, seedling media, nutrient solution

บทคัดย่อ

การศึกษาเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นกล้าข้าวสาลีอินทรี 1 เพื่อทำน้ำคั้นใบข้าว โดยใช้วัสดุเพาะ 6 ชนิด คือ แกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ ผ้าขนหนู กระดาษเพาะ ฟองน้ำ และทราย ร่วมกับการให้สารละลายธาตุอาหาร และการใช้น้ำ วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลองหน่วยเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืช ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม ผลการทดลอง พบว่าต้นกล้าข้าวสาลีอินทรี 1 ที่ให้สารละลายธาตุอาหารสามารถเพิ่มค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ได้สูงกว่าการให้น้ำอย่างเดียว และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในลักษณะความสูงต้น น้ำหนักต้นกล้า เปอร์เซ็นต์น้ำคั้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ การใช้ขี้เถ้าแกลบร่วมกับสารละลายธาตุอาหารพบว่าสามารถให้ปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าวัสดุเพาะอื่นๆ การใช้ฟองน้ำร่วมกับการให้สารละลายธาตุอาหารให้เปอร์เซ็นต์น้ำคั้นสูงที่สุด ส่วนแกลบดิบร่วมกับการให้สารละลายธาตุอาหารสามารถให้น้ำหนักต้นกล้ามากที่สุด

คำสำคัญ: ข้าวสาลีพันธุ์อินทรี 1 วัสดุเพาะ สารละลายธาตุอาหาร

คำนำ

ต้นกล้าของธัญพืช ได้จากการเจริญเติบโตของคัพภะภายในเมล็ด จากการได้รับปัจจัยที่เหมาะสมกับการงอกส่วนรากและส่วนยอดอ่อน ผ่านเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาภายนอกเมล็ด ภายในยอดอ่อนมีใบจริงใบแรกแตกออกมา แต่เมื่อได้รับแสง ใบก็คลี่กางออก ต่อมามีการเจริญเติบโตและพัฒนาส่วนใบและรากเป็นต้นอ่อนข้าว ต้นอ่อนที่อายุยังน้อยพบว่าให้คุณค่าทางอาหารน้อย เนื่องจากในระยะแรกเป็นการเจริญเติบโต จากการใช้อาหารที่สะสมภายในเมล็ด ซึ่งต่อมาต้นอ่อนมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มจากการที่รากดึงอาหารมาจากวัสดุเพาะ และใบที่สังเคราะห์แสง (เนตรชนก, 2553a) การปลูกในวัสดุเพาะที่เหมาะสมทำให้การเจริญเติบโตของรากพืชสามารถแผ่วงกว้าง ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุเพาะ คือ ช่วย

[1] หน่วยเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืช ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม

[1] Seed Technology and Crop Improvement Unit, Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and Development Institute at Kamphaengsean, Kasetsart University, Kamphaengsean Campus, Nakhon Pathom

ค้ำจุนส่วนของพืชที่อยู่เหนือดินให้ตั้งตรงอยู่ได้ เก็บสำรองธาตุอาหารพืชหากมีการเติมให้ กักเก็บน้ำ หรือดูดซับความชื้น และสามารถแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างรากพืชกับบรรยากาศเหนือวัสดุเพาะ ดังนั้นความเหมาะสมและคุณสมบัติของวัสดุเพาะ จึงควรพิจารณาจากความจุในการดูดยึดน้ำ อัตราการดูดซึมน้ำ ความพรุนรวม ความหนาแน่นรวม การยุบตัว ความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน เป็นต้น (อิทธิสุนทร, 2538) การศึกษาเปรียบเทียบชนิดของวัสดุเพาะ สำหรับใช้ในการผลิตต้นกล้าข้าวสาลีอินทรี 1 พร้อมทั้งศึกษาความสามารถในการตอบสนองของวัสดุเพาะและสารละลายธาตุอาหาร ที่เพิ่มให้และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า เน้นวัสดุที่หาได้ง่าย ปลอดภัยจากสารพิษ และมีราคาถูก นอกจากนั้นศึกษาศักยภาพของสารละลายธาตุอาหารกับการเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นกล้า และการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณน้ำคั้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษามีการใช้วัสดุเพาะร่วมกับการให้สารละลายธาตุอาหาร และการให้น้ำอย่างเดียว ใช้ข้าวสาลีพันธุ์อินทรี 1 กับวัสดุเพาะ 6 ชนิด คือ แกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ ผ้าขนหนู กระดาษเพาะ ฟองน้ำ และทราย วางแผนการทดลองโดยจัดหน่วยทดลองแบบ 2×6 Factorial in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ขั้นตอนการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ มีดังนี้

1. เตรียมเมล็ดข้าวสาลีพันธุ์อินทรี 1 โดยแช่น้ำนาน 6 ชั่วโมง รินน้ำออกแล้วปิดผ้าบ่มอีกประมาณ 24 ชั่วโมง เตรียมวัสดุเพาะ ได้แก่ แกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ ผ้าขนหนู กระดาษเพาะ ฟองน้ำ (หนา 1 เซนติเมตร) และทราย ใส่ในกล่องเพาะ ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร

2. เตรียมสารละลายธาตุอาหาร โดยใช้สูตรอาหารของ Half Hoagland's solution ในน้ำ 1 ลิตร ประกอบด้วย $Ca(NO_3)$ 0.29519 กรัม ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 0.3008 กรัม KNO_3 0.2527 กรัม $MgSO_4$ 0.2465 กรัม KH_2PO_4 0.1361 กรัม $FeSO_4$ 0.0250 กรัม Fe-EDTA 0.0335 กรัม H_3BO_4 0.0029 กรัม $MnSO_4$ 0.0018 กรัม $CuSO_4$ 0.0001 กรัม $ZnSO_4$ 0.0007 กรัม และ $NaMoO_4$ 0.0003 กรัม

3. ผสมสารละลายธาตุอาหาร และน้ำกับวัสดุเพาะ ในอัตราส่วนและปริมาณที่พอเหมาะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุเพาะ แต่ให้ปริมาณสารละลายธาตุอาหารและน้ำในปริมาณที่เท่ากัน แล้วนำเมล็ดข้าวสาลีอินทรี 1 ที่บ่มแล้ว 24 ชั่วโมง ซึ่งรากเริ่มงอกนำมาโรยบนวัสดุเพาะให้สม่ำเสมอ ปิดครอบด้วยพลาสติกดำ นาน 2 วัน แล้วเปิดพลาสติกออก วางกลางแจ้งเพื่อให้ได้รับแสง

4. บันทึกข้อมูลที่ระยะ 13 วัน หลังจากปลูก ได้แก่ ความสูงต้น น้ำหนักต้นที่ตัดสูงจากพื้น 1.5 นิ้ว เปอร์เซ็นต์น้ำคั้น และปริมาณของคลอโรฟิลล์จากการคั้นน้ำจากใบอ่อน ดัดแปลงจาก Kirk และ Allen (1965) และ Lichtenthaller (1987) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ ทำการ dilute น้ำคั้นกับ 80% acetone กรองด้วยกระดาษกรองในที่มืด จากนั้นวัดค่า absorbance ที่ 663, 646 และ 470 นาโนเมตร แล้วคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ความสูงต้นกล้า เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความสูงต้นกล้าข้าวสาลีอินทรี 1 จากการให้สารละลายธาตุอาหารและน้ำในวัสดุชนิดต่างๆ พบว่า ฟองน้ำที่ให้สารละลายธาตุอาหาร ให้ความสูงต้นกล้ามากที่สุด 19.43 เซนติเมตร ขณะที่ขี้เถ้าแกลบ การให้น้ำอย่างเดียวให้ความสูงต้นกล้ามากที่สุด 18.55 เซนติเมตร พบว่า การให้สารละลายธาตุอาหารกับผ้าขนหนูให้ความสูงต้นกล้าน้อยที่สุด 16.21 เซนติเมตร และส่วนการให้น้ำอย่างเดียวในกระดาษเพาะให้ความสูงต้นน้อยที่สุด 15.97 เซนติเมตร (Table 1)

2. น้ำหนักต้นกล้าต่อน้ำหนักเมล็ด 80 กรัม พบว่า การให้สารละลายธาตุอาหาร และน้ำอย่างเดียว แกลบดิบให้น้ำหนักต้นกล้าสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 44.71 กรัม และ 38.07 กรัม ตามลำดับ ขณะที่ผ้าขนหนูให้น้ำหนักต้นกล้าต่ำที่สุดทั้งในสารละลายธาตุอาหาร และน้ำอย่างเดียว (Table 1)

3. ปริมาณคลอโรฟิลล์ จากการให้สารละลายธาตุอาหาร พบว่า ขี้เถ้าแกลบให้ปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด 1097.17 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ ฟองน้ำ 460.00 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนการให้น้ำอย่างเดียว ในวัสดุเพาะที่เป็นทรายให้ปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด 505.53 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ขณะที่การให้สารละลายธาตุอาหารในกระดาษเพาะให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำสุด

4. เปอร์เซ็นต์น้ำคั้น พบว่า การให้สารละลายธาตุอาหารในฟองน้ำให้น้ำคั้นสูงที่สุด รองลงมาคือ กระดาษเพาะ โดยมีค่าเท่ากับ 74.13% และ 73.96% ตามลำดับ การใช้ผ้าขนหนูให้น้ำคั้นต่ำที่สุด ส่วนการให้น้ำอย่างเดียวกับวัสดุชนิด

ต่างๆ พบว่า กระดาษเพาะให้น้ำคั้นสูงที่สุด 61.51% รองลงมาคือ แกลบดิบ 59.10% ส่วนผ้าขนหนูให้น้ำคั้น ต่ำที่สุด (Table 1)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ จากต้นกล้าข้าวสาลีอินทรี 1

ต้นกล้าข้าวสาลีอินทรี 1 ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาของต้นกล้าได้ดีกว่าการให้น้ำเพียงอย่างเดียวในทุกวัสดุเพาะ โดยเฉพาะการใช้ฟองน้ำให้ความสูงเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ ขี้เถ้าแกลบ ส่วนแกลบดิบให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักต้นกล้าสูงที่สุด รองลงมาคือ ขี้เถ้าแกลบ ส่วนผ้าขนหนูให้น้ำหนักต้นกล้าน้อยที่สุด กรณีของปริมาณน้ำคั้นในใบข้าว การใช้กระดาษเพาะให้น้ำคั้นสูงที่สุด ส่วนผ้าขนหนูให้ปริมาณน้ำคั้นต่ำสุด สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าว พบว่าขี้เถ้าแกลบให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สูงที่สุด เท่ากับ 717.03 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าการให้สารละลายธาตุอาหาร ให้ค่าเฉลี่ยในลักษณะต่างๆ สูงกว่าการให้น้ำอย่างเดียว และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนการเพิ่มของปริมาณคลอโรฟิลล์ ในต้นกล้าข้าวสาลีอินทรี 1 พบว่า การให้สารละลายธาตุอาหารทำให้เพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ขึ้นมากกว่าการให้น้ำอย่างเดียวเป็น 3.26 พบสูงที่สุดในขี้เถ้าแกลบ ส่วนในแกลบดิบ ผ้าขนหนู กระดาษเพาะ ฟองน้ำ และทราย มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เพิ่มขึ้นเป็น 1.47, 1.39, 1.23, 0.96 และ 0.52 ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองในใบต้นกล้าข้าวหอมมะลิ 105 ที่เมื่อใช้ขี้เถ้าแกลบเป็นวัสดุเพาะสามารถให้ผลการวิเคราะห์ว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด (เนตรชนก, 2553b)

Table 1 Plant height, seedling weight, chlorophyll content and juice percentage of Insee 1 wheat seedling growing in different media with and without nutrient apply.

Seedling media	Plant height (cm)	Seedling weight (g)	Chlorophyll content	Juice percentage
rice chaff+nutrient solution	19.27[a]	44.71[a]	428.83[d]	70.46[d]
rice chaff+water	17.44[c]	38.07[b]	291.56[g]	59.10[g]
rice husk charcoal+ nutrient solution	18.47[b]	35.62[c]	1097.17[a]	63.17[e]
rice husk charcoal+ water	18.55[b]	33.70[d]	336.89[e]	56.39[i]
towel+ nutrient solution	16.21[d]	28.28[f]	410.54[d]	56.58[i]
towel+water	16.57[d]	24.08[g]	295.15[fg]	53.16[j]
paper+nutrient solution	17.77[c]	31.10[e]	355.39[fg]	73.96[b]
paper+water	15.97[e]	26.83[f]	288.18[gh]	61.51[f]
sponge+nutrient solution	19.43[a]	37.10[b]	460.00[c]	74.13[a]
sponge+water	18.35[b]	24.58[g]	477.12[c]	58.99[g]
sand+ nutrient solution	16.80[d]	33.27[d]	260.50[h]	72.13[c]
sand+water	17.34[c]	24.49[g]	505.53[b]	57.17[h]

[*]Means followed by the same letter in each column are not significantly different at $P<0.05$

Table 2 Comparison characteristics mean of Insee 1 wheat seedling in different media with and without nutrient apply.

Treatments	Plant height (cm)	Seedling weight (g)	Chlorophyll content (µg/ml)	Juice percentage
nutrient solution	17.99[a*]	35.01[a]	502.07[a]	68.40[a]
water	17.37[b]	28.62[b]	365.73[b]	57.70[b]

[*]Means followed by the same letter in each column are not significantly different at $p \leq 0.05$

จากการทดลอง พบว่าแกลบดิบและขี้เถ้าแกลบเป็นวัสดุเพาะที่เหมาะสมสำหรับต้นกล้าข้าวสาลีอินทรี 1 จากการให้ความสูงต้น น้ำหนักต้นกล้า ปริมาณคลอโรฟิลล์ ที่สูงกว่าวัสดุเพาะอื่นๆ เนื่องจากในขี้เถ้าแกลบมีซิลิกา ทำให้มีความพรุน และมีสมบัติการดูดซับน้ำได้ดี (บุญรักษ์, 2552) วัสดุที่สามารถอุ้มน้ำได้ดีส่งเสริมให้เกิดการสะสมน้ำในเซลพืชมากกว่าวัสดุที่อุ้มน้ำได้น้อย สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว (2551) แนะนำให้ใช้ขี้เถ้าแกลบผสมกับดิน และขุยมะพร้าวเป็นวัสดุที่ดีในการเพาะเมล็ดข้าว แต่ควรใช้ขี้เถ้าแกลบที่ผ่านการล้างน้ำ เพื่อลดความเป็นด่างก่อน ในขณะที่แกลบดิบแม้ทำให้ต้นกล้าข้าวมีลักษณะต่างๆ ที่ดี แต่อาจจะพบปัญหาว่าแกลบดิบมีคุณสมบัติในการดูดซับไนโตรเจนสูง เนื่องจากมีค่า C/N ratio สูง ในกระบวนการย่อยสลายนั้น จุลินทรีย์อาจต้องใช้ไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโต จึงไปแย่งดูดซึมไนโตรเจนภายในวัสดุเพาะ ทำให้รากของต้นกล้าข้าวนำธาตุดังกล่าวไปใช้ได้น้อยลง ต้นกล้าจึงแสดงอาการขาดธาตุอาหาร โดยการมีใบสีเขียวน้อยลง ดังนั้นในผลของการทดลองครั้งนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวที่มาจากวัสดุแกลบดิบจึงมีปริมาณน้อยกว่าในขี้เถ้าแกลบ

ส่วนผ้าขนหนู และกระดาษเพาะ ต้นกล้าข้าวมีปริมาณคลอโรฟิลล์ และเปอร์เซ็นต์น้ำคั้นต่ำ อาจเนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับความชื้นและสารละลายธาตุอาหาร เพื่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้น้อย ในขณะที่ฟองน้ำหากใช้แบบที่มีอนุภาคแน่นหนาเกินไป รากข้าวดูดธาตุอาหารได้ยาก ทำให้รากที่สามารถทะลุผ่านลงไปด้านล่างได้น้อย และรากยาวผิดปกติ และส่งผลต่อสัดส่วนระหว่างการเจริญเติบโต ทำให้ความยาวต้นกล้าน้อยกว่าความยาวหรือการเจริญในส่วนของราก

สรุปผล

การให้สารละลายธาตุอาหารในวัสดุเพาะช่วยเพิ่มลักษณะต่างๆ ที่สำคัญ ของต้นกล้าข้าวสาลีอินทรี 1 ดีกว่าการให้น้ำอย่างเดียว ในวัสดุเพาะที่เป็นแกลบดิบและขี้เถ้าแกลบร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร สามารถเพิ่มค่าเฉลี่ยในลักษณะต่างๆ ได้ดีกว่าวัสดุเพาะอื่นๆ ได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ความสูงต้นกล้า และน้ำหนักต้นกล้า แต่ยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะการใช้วัสดุเพาะที่เป็นขี้เถ้าแกลบให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ สูงกว่าการใช้วัสดุเพาะชนิดอื่น

เอกสารอ้างอิง

เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์, 2553a, เทคนิคการผลิตต้นกล้าข้าวธัญพืชสำหรับเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ, เอกสารประกอบการฝึกอบรม เรื่องการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำคั้นใบข้าวไทย วันที่ 21-22 กันยายน 2553, หน้า 16-23 ณ., สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์, 2553b, การใช้วัสดุเพาะร่วมกับสารละลายธาตุอาหารสำหรับผลิตต้นอ่อนข้าวหอมมะลิ 105 เพื่อทำนำคั้นใบข้า, ประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 วันที่ 7-8 ธันวาคม 2553, 413 หน้า.

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, 2552, เถ้าแกลบของเหลือสารพัดประโยชน์, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2551, การปลูกข้าวโดยวิธีการโยนกล้า, เอกสารความรู้องค์ความรู้เรื่องข้าว, สำนักวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2538, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics), ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 146 หน้า.

Kirk, J.T.O. and Allen, R.L., 1965, Dependence of Chloroplast Pigment Synthesis on Protein Synthesis: Effect of Actidone, Biochemical and Biophysical Research Communication, 21: 523-530.

Lichtenthaller, H.K., 1987, Chlorophylls and Carotenoids, Pigments of Photosynthetic Biomembranes, Methods in Enzymology, 148: 350-382.

การเพิ่มอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบโดยใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล
Extending Shelf-life of Luk-chup by Hurdle Technology

มัชชลี คณโทเงิน[1] วราภรณ์ ปั๋งลิขิต[1] อรสา สุริยาพันธ์[1] และ จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์[1]
KonTongeen, M.[1], Punglikit, W.[1], Suriyaphan, O.[1] and Hongvaleerat, C.[1]

Abstract
Luk-chup is the popular Thai dessert that has short shelf-life because its ingredients are suitable for microorganisms and edible coating made of agar has high water activity value (a_w=0.99). Therefore, hurdle concept was applied to extend shelf-life of Luk-chup by reduction of water activity value (a_w) and inhibition of microorganisms. This research aimed to study the effects of polyols as xylitol and mannitol (20, 25 and 30% w/w) on edible coating of Luk-chup. The results indicated that the edible coating of Luk-chup containing 30% (w/w) xylitol had the lowest water activity value (a_w=0.963). The liking scores in appearance, texture, taste and overall preference of Luk-chup containing either xylitol or mannitol were not significantly different (p>0.05). Therefore, the effects of 30% (w/w) xylitol and essential oils from clove and cinnamon (0.025, 0.05, 0.075 and 0.1% v/w) on shelf-life of Luk-chup were examined. The results indicated that the shelf-life of Luk-chup containing 30% (w/w) xylitol and 0.1% (v/w) cinnamon oil were highest at 4 days (5.69 log cfu/g), comparing to that containing only 30% (w/w) xylitol which had 2-d storage life (5.46 log cfu/g) at 8°C.

Keywords: luk-chup, hurdle technology, polyols, essential oils

บทคัดย่อ
ลูกชุบเป็นขนมไทยประเภทขนมสดที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากลูกชุบมีส่วนผสมที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ และจากวุ้นที่ใช้เคลือบซึ่งมีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) สูง (0.99) ดังนั้น จึงได้นำเทคโนโลยีเฮอร์เดิลมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลูกชุบโดยการลดค่า a_w และการยับยั้งจุลินทรีย์ โดยทำการศึกษาผลของน้ำตาลไซลิทอลและแมนนิทอลที่เติมลงในวุ้นต่อปริมาณน้ำอิสระของวุ้นที่ใช้เคลือบลูกชุบที่ระดับ 20, 25 และ 30% (w/w) พบว่าน้ำตาลไซลิทอล 30% (w/w) สามารถลดค่า a_w ได้ดีที่สุด คือ 0.963 และเมื่อนำลูกชุบที่เคลือบด้วยวุ้นที่เติมน้ำตาลไซลิทอลและแมนนิทอลไปทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพของการใช้น้ำตาลไซลิทอล 30% (w/w) ร่วมกับการใช้น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยที่เติมในวุ้นที่ใช้เคลือบลูกชุบที่ระดับความเข้มข้น 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1% (v/w) โดยใช้เกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.1/2552) ซึ่งระบุว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^6 cfu/g (6 log cfu/g) พบว่าลูกชุบเคลือบด้วยวุ้นที่เติมน้ำตาลไซลิทอลที่ระดับความเข้มข้น 30% (w/w) และน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยที่ระดับความเข้มข้น 0.1% (v/w) ลงในวุ้น สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุดเท่ากับ 4 วัน (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย 5.69 log cfu/g) เปรียบเทียบกับลูกชุบเคลือบด้วยวุ้นที่เติมน้ำตาลไซลิทอลที่ระดับความเข้มข้น 30% (w/w) แต่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเพียง 2 วัน (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย 5.46 log cfu/g) ที่อุณหภูมิ 8°C

คำสำคัญ: ลูกชุบ เทคโนโลยีเฮอร์เดิล น้ำตาลแอลกอฮอล์ น้ำมันหอมระเหย

คำนำ
เทคโนโลยีเฮอร์เดิลเป็นการนำวิธีการถนอมอาหารต่างๆ มาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสมในอาหารแต่ละชนิด เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและรักษาคุณภาพของอาหาร เทคโนโลยีนี้มีประสิทธิภาพสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารและยังสามารถคงคุณลักษณะที่ดีทางประสาทสัมผัสไว้ได้ เช่น การใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์ เพื่อลดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร และการใช้น้ำมันหอมระเหยเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ (Gould และ Leistner, 2002) น้ำตาลแอลกอฮอล์ (polyols) เป็นสารประกอบ

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

แอลกอฮอล์ของน้ำตาลต่าง ๆ ผลิตโดยกระบวนการ hydrogenation ของน้ำตาลนั้นๆ เช่น ไซลิทอล (xylitol) ซอร์บิทอล (sorbitol) และแมนนิทอล (mannitol) ฯลฯ (กล้าณรงค์, 2542) น้ำมันหอมระเหยเป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้น มักมีกลิ่นหอม ระเหยง่าย พบได้ตามส่วนต่างๆของพืช น้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียและไวรัส (จำรัส และ พิสสม, 2546)

ลูกชุบเป็นขนมไทยที่มีเอกลักษณ์เฉพาะที่ต้องอาศัยทั้งศาสตร์และศิลป์ในการปรุงแต่งให้ขนมมีรสชาติที่กลมกล่อม สีสันสวยงาม ลูกชุบทำจากถั่วเขียว นิยมทำเป็นรูปผลไม้ชนิดต่างๆ และใช้ในงานพิธีมงคลต่างๆ ปัจจุบันลูกชุบได้รับการตอบรับในระดับดีและกำลังเป็นที่สนใจของตลาดต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น แต่การจำหน่ายยังมีข้อจำกัด คือมีอายุการเก็บรักษาสั้นมาก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำเทคโนโลยีเฮอร์เดิลมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบ

อุปกรณ์และวิธีการ

<u>การเตรียมวัตถุดิบ</u>

นำถั่วเขียวเราะเปลือกผ่าซีกมาล้างด้วยน้ำ 2 ครั้ง และแช่ถั่วเขียวในน้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำถั่วเขียวที่พองตัวไปนึ่งให้สุกเป็นเวลา 30 นาที นำถั่วเขียวนึ่ง 500 กรัม น้ำกะทิ 150 กรัม และน้ำบริโภค 150 กรัม ปั่นรวมกันให้ละเอียด จากนั้นนำไปให้ความร้อนโดยใช้ไฟอ่อนและเติมน้ำตาลทราย 95 กรัม กวนต่อจนได้ความชื้น 52±1% (ใช้เวลาประมาณ 14 นาที) (นิภาวรรณ, 2550) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที นำมาขึ้นรูปทรงกลมหนักประมาณ 6 กรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรด้วยเครื่องพิมพ์ลูกชุบ (สุรเชษฐ์, 2554)

<u>ตอนที่ 1</u> ศึกษาผลของน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่เติมลงในวุ้นต่อปริมาณน้ำอิสระของวุ้นที่ใช้เคลือบลูกชุบ

เตรียมสารละลายวุ้น (ดัดแปลงจากนิภาวรรณ, 2550) โดยนำน้ำบริโภค 450 กรัม ผสมกับวุ้น 8 กรัมในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 95°C เติมน้ำตาลไซลิทอลและแมนนิทอลที่ความเข้มข้น 20, 25 และ 30%(w/w) ของน้ำบริโภค จากนั้นคนสารละลายวุ้นให้เข้ากันเป็นเวลา 3 นาที นำไปไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 60°C และนำมาวิเคราะห์สมบัติดังนี้คือ ความหนืดของสารละลายวุ้นที่ 60°C และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของวุ้น

นำถั่วกวนที่ขึ้นรูปแล้วมาเสียบด้วยไม้ปลายแหลม จากนั้นนำมาชุบในสารละลายวุ้นโดยให้สารละลายวุ้นท่วมถั่วกวน แล้วนำมาพักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วินาที และนำมาชุบอีก 2 ครั้ง นำมาวิเคราะห์สมบัติต่างๆ คือ ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ (1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด)

เลือกตัวอย่างที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด (ถ้ามีมากกว่า 1 ตัวอย่าง ตัดสินโดยเลือกตัวอย่างที่มีค่า a_w ต่ำกว่า) สำหรับใช้ในการทดลองลำดับต่อไป

<u>ตอนที่ 2</u> ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยที่เติมลงในวุ้นต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของลูกชุบ

เตรียมสารละลายวุ้น โดยใช้ปริมาณน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่เลือกจากตอนที่ 1 เติมน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยที่ความเข้มข้น 0.025, 0.050, 0.075 และ 0.1% (v/w ของน้ำบริโภค) จากนั้นคนสารละลายวุ้นให้เข้ากันเป็นเวลา 3 นาที นำไปไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 60°C นำถั่วกวนที่ขึ้นรูปแล้วมาชุบลงในสารละลายวุ้น 3 ครั้ง จากนั้นนำตัวอย่างทั้งหมดบรรจุในกล่องโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) เก็บรักษาที่ 8°C และนำตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ทุกวัน (AOAC, 2005) โดยใช้ Petrifilm

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

<u>ตอนที่ 1</u> ผลของน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่เติมลงในวุ้นต่อปริมาณน้ำอิสระของวุ้นที่ใช้เคลือบลูกชุบ

จากผลการทดลอง (Table 1) พบว่าค่าความหนืดของสารละลายวุ้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำตาลไซลิทอลและแมนนิทอล เนื่องจากวุ้นเป็นพอลิแซ็กคาไรด์กัมที่เมื่อละลายน้ำแล้ว หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในน้ำตาลดังกล่าวจะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำที่อยู่ในโครงสร้างร่างแหของสารละลายวุ้น ทำให้น้ำที่อยู่ในโครงสร้างร่างแหน้อยลงส่งผลให้สารละลายวุ้นมีความหนืดเพิ่มขึ้น (นิธิยา, 2549) ค่า a_w ของวุ้นลดลงตามความเข้มข้นของไซลิทอล โดยการเติมไซลิทอลและแมนนิทอล 30% (w/w) ทำให้วุ้นมีค่า a_w เท่ากับ 0.963 และ 0.980 ตามลำดับ โดยไซลิทอล 30% (w/w) สามารถลดค่า a_w ของวุ้นได้มากกว่าแมนนิทอลที่ความเข้มข้นเดียวกัน เนื่องจากไซลิทอลมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนน้อยกว่าแมนนิทอล โมเลกุลจึงมีขนาดเล็กกว่า ส่งผลให้ละลายน้ำได้ดีกว่า นอกจากนั้นแมนนิทอลเป็นตัวถูกละลายที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้เป็นจำนวนมากทั้งภายในโมเลกุลและระหว่างโมเลกุล ทำให้มีโอกาสเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้

น้อย แมนนิทอลจึงละลายน้ำได้น้อย (นิธิยา, 2549) และค่าความแน่นเนื้อของลูกชุบที่เติมน้ำตาลไซลิทอลและแมนนิทอลไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05)

Table 1 Viscosity of coating solution, a_w of edible coating containing xylitol and mannitol of various concentrations and firmness of Luk-chup.

Polyols at different concentrations (% w/w)	Viscosity (cp)	a_w	Firmness[ns]
sucrose 21.1 (Control)	32.06±3.15[a]	0.992±0.001[a]	160.22±34.67
xylitol 20	21.31±0.82[e]	0.978±0.001[cd]	147.91±22.55
xylitol 25	27.30±1.20[c]	0.970±0.003[d]	155.22±33.50
xylitol 30	34.04±1.70[a]	0.963±0.003[e]	149.74±36.46
mannitol 20	23.47±2.82[d]	0.984±0.001[b]	166.94±27.24
mannitol 25	28.38±0.79[bc]	0.982±0.003[bc]	163.08±36.38
mannitol 30	29.88±0.34[b]	0.980±0.003[bcd]	168.98±20.91

Means ± standard deviation; [a-e] Means in the same column followed by different superscripts differ significantly (p<0.05);
[ns] Not significantly different (p≥0.05)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกชุบ (ไม่มีการแสดงข้อมูล) พบว่าลูกชุบที่เติมน้ำตาลซูโครส ไซลิทอลและแมนนิทอลในวุ้นที่ใช้เคลือบที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน (p>0.05) อยู่ในช่วง 6.80±1.09 ถึง 7.23±0.85

ตอนที่ 2 ผลของน้ำมันหอมระเหยที่เติมลงในวุ้นต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของลูกชุบ

Table 2 Total bacterial count of Luk-chup containing 30% (w/w) xylitol and clove oil at various concentrations stored at 8 °C.

Storage time (day)	Total bacterial count* (log cfu/g)				
	Control	0.025	0.05	0.075	0.1
0	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
1	4.91	4.74	4.62	4.58	4.54
2	5.46	4.86	4.78	5.08	4.86
3	6.50	6.16	6.11	5.22	5.44
4	-	-	-	6.50	6.27

* Means obtained in two replications, each one in duplicated (n=4); - Not determined

Table 3 Total bacterial count of Luk-chup containing 30% (w/w) xylitol and cinnamon oil at various concentrations stored at 8°C.

Storage time (day)	Total bacterial count* (log cfu/g)				
	Control	0.025	0.05	0.075	0.1
0	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
1	4.91	4.50	4.47	4.40	4.49
2	5.46	4.87	4.44	4.83	4.16
3	6.50	6.14	6.04	5.86	5.51
4	-	-	-	6.32	5.69
5	-	-	-	-	7.22

* Means obtained in two replications, each one in duplicated (n=4); - Not determined

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมไทย (มผช. 1/2552) กำหนดให้ต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6 log cfu/g โดยจากผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Table 2 และ 3) พบว่าลูกชุบที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหยในวุ้นที่ใช้เคลือบ มีอายุการเก็บ 2 วัน (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย 5.46 log cfu/g) ลูกชุบที่เติมน้ำมันหอมระเหยจากก้านพลู 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1% (v/w) มีอายุการเก็บ 2, 2, 3 และ 3 วัน ตามลำดับ และลูกชุบที่เติมน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1% (v/w) มีอายุการเก็บ 2, 2, 3 และ 4 วันตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าลูกชุบที่เติมน้ำมันหอมระเหยจากก้านพลูและอบเชย 0.1% (v/w) มีอายุการเก็บมากที่สุดคือ 3 และ 4 วัน ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจากก้านพลูและอบเชยมีสาร Eugenol 36.75 และ 94.89% ตามลำดับ โดยสาร Eugenol ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ มีผลให้เซลล์เกิดการบวมน้ำและแตก และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในจุลินทรีย์ส่งผลให้เซลล์จุลินทรีย์หยุดการเจริญ (Cowan, 1999) ดังนั้นจึงเลือกลูกชุบที่เคลือบด้วยวุ้นที่เติมน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย 0.1% (v/w) มาทำการตรวจหายีสต์และราต่อไป เนื่องจากมีอายุการเก็บมากที่สุดคือ 4 วัน

Table 4 Yeast and mould counts of Luk-chup containing 30% (w/w) xylitol and cinnamon oil at various concentrations stored at 8 °C.

Storage time (day)	Yeast and mould counts * (log cfu/g)	
	Without cinnamon oil	With cinnamon oil
0	< 1	< 1
1	2.13	< 1
2	2.58	2.15
3	2.85	2.44
4	3.05	2.67
5	3.80	2.97

* Means obtained in two replications, each one in duplicated (n=4); - Not determined

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมไทย (มผช. 1/2552) กำหนดให้ต้องมียีสต์ไม่เกิน 4 log cfu/g และราต้องไม่เกิน 2.70 log cfu/g เนื่องจากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของลูกชุบที่เติมน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยที่ระดับความเข้มข้น 0.1% (v/w) มีจำนวนจุลินทรีย์เกินมาตรฐานในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ดังนั้นการวิเคราะห์จำนวนยีสต์ และราจึงสิ้นสุดในวันที่ 5 โดย พบว่าในวันที่ 5 ของการเก็บรักษาลูกชุบที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหยและลูกชุบที่เติมน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย 0.1% (v/w) ในวุ้นที่ใช้เคลือบ มีจำนวนยีสต์ และราไม่เกินมาตรฐาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.80 และ 2.97 log cfu/g ตามลำดับ

สรุปผล

เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลไซลิทอลและแมนนิทอลเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความหนืดของสารละลายวุ้นเพิ่มขึ้น และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของวุ้นลดลง โดยน้ำตาลไซลิทอลที่ความเข้มข้น 30% (w/w) ทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นและค่า a_w ลดลงมากที่สุด แต่ไม่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลูกชุบ ลูกชุบที่เคลือบด้วยวุ้นที่เติมน้ำตาลไซลิทอลความเข้มข้น 30% (w/w) และน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยที่ระดับ 0.1% (v/w) มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 4 วัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย จากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยบูรพา (เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์) ประจำปี 2554

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2542, สารให้ความหวาน, บริษัทจาร์พาเท็คเซ็นเตอร์จำกัด, กรุงเทพฯ, 1189 หน้า.

จำรัส เซ็นนิล และ พิสสม มะลิสุวรรณ, 2546, หอมระเหยศาสตร์แห่งการบำบัด, มรดกสยาม, กรุงเทพฯ, 148 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549, เคมีอาหาร, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 487 หน้า.

Cowan, M.M., 1999, Plant Product as Antimicrobial Agents, Clinical Microbiology Reviews, American Society for Microbiology, 12(4): 564-582.

Leistner, L. and Gould, G.W., 2002, Hurdle Technologies: Combination Treatments for Food Stability, Safety and Quality, Kluwer Academic, New York, 194 p.

การพัฒนาสูตรน้ำมันปรุงอาหารจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ผสมสมุนไพร

Formulation Development of Gourmet Oil from Virgin Coconut Oil Mixed with Herbs

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] สิริมา ชินสาร[1] นิสานารถ กระแสร์ชล[1] และ ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล[2]

Yuenyongputtakal, W.[1], Chinnasarn, S.[1], Krasaechol, N.[1] and Itthisoponkul, T.[2]

Abstract

This research aimed to develop the formulation of gourmet oil from virgin coconut oil (VCO) mixed with herb. VCO was extracted by adding *Lactobacillus plantarum* in coconut milk. Gourmet oil was prepared by soaking chopped garlic or mint leaves in VCO for 24 hr and then filtered to remove the residual. In formulation development step, the sensorial acceptance criteria were established. It was found that the optimum recipes were VCO mixed with 16% garlic or with 20% mint. Peroxide value and free fatty acid content of the developed gourmet oils were compared with VCO and soy bean oil. For both qualities, VCO showed the lowest value ($p \leq 0.05$) whereas, no significantly difference occurred between the developed gourmet oils and soy bean oil ($p > 0.05$). In addition, all gourmet oils were used for shallow frying of fish fillets. It was found that fried fish from developed garlic-VCO gourmet oils had the highest acceptance score ($p \leq 0.05$).

Keywords: gourmet oil, virgin coconut oil, herbs

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรน้ำมันปรุงอาหารจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ผสมสมุนไพร น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สกัดโดยการเติมเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ในน้ำกะทิ น้ำมันปรุงอาหารเตรียมได้โดยเติมกระเทียมหรือสะระแหน่ที่หั่นเป็นชิ้นขนาดเล็กในน้ำมันมะพร้าว แช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วกรองสมุนไพรออก ในขั้นตอนการพัฒนาสูตรมีการกำหนดเกณฑ์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส พบว่า สูตรที่เหมาะสมคือน้ำมันมะพร้าวผสมกระเทียมปริมาณ 16% หรือ สะระแหน่ปริมาณ 20% วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์และปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันมะพร้าวผสมสมุนไพรที่พัฒนาได้เปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และน้ำมันถั่วเหลือง สำหรับค่าคุณภาพดังกล่าวพบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีค่าต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) ในขณะที่น้ำมันมะพร้าวผสมสมุนไพรที่พัฒนาได้มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำมันถั่วเหลือง ($p > 0.05$) เมื่อนำน้ำมันมาใช้ทอดชิ้นปลาแบบน้ำมันตื้น พบว่า ปลาที่ทอดด้วยน้ำมันมะพร้าวผสมกระเทียมได้รับความชอบสูงที่สุด ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: น้ำมันปรุงอาหาร น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ สมุนไพร

คำนำ

ในปัจจุบันพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคมีความใส่ใจในการดูแลสุขภาพกันมากขึ้น ให้ความสำคัญกับการเลือกบริโภคอาหารที่มีผลดีต่อสุขภาพ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ผู้บริโภคสนใจและมีสรรพคุณที่เอื้อต่อการนำมาเป็นส่วนประกอบของอาหารเพื่อสุขภาพได้ นอกจากนี้ผู้บริโภคให้ความสนใจและนิยมบริโภคสมุนไพรไทยหรืออาหารที่มีส่วนประกอบของสมุนไพรมากขึ้น ดังนั้นเพื่อเป็นการเสริมสร้างศักยภาพการนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด งานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันปรุงอาหาร (gourmet oil) โดยมีแนวความคิดผลิตภัณฑ์ คือ น้ำมันมะพร้าวที่มีการเติมสมุนไพร เพื่อสร้างเอกลักษณ์เฉพาะตัว เพิ่มประโยชน์ทางโภชนาการและคุณค่าทางอาหาร เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถนำมาใช้ปรุงอาหารได้ สะดวกกับการใช้งาน สามารถดึงดูดใจและเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรน้ำมันปรุงอาหารจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ผสมสมุนไพรให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

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

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

[2] คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 วัฒนา กรุงเทพ. 10110

[2] Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, 114 Sukhumvit 23 Wattana Bangkok 10110

อุปกรณ์และวิธีการ

สกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีทางชีวภาพโดยนำน้ำกะทิใส่ภาชนะ เติมเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ความเข้มข้น 10^6 cfu/g ใน MRS broth ปริมาณร้อยละ 3 ของปริมาณน้ำกะทิทั้งหมด คนให้เข้ากัน ปิดภาชนะให้สนิทและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นแยกน้ำมันและน้ำออก นำน้ำมันมากรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ ที่ใช้กระดาษกรอง membrane filter ขนาด 3 ไมครอน ดำเนินการพัฒนาแนวความคิดผลิตภัณฑ์ โดยการอภิปรายกลุ่มร่วมกับการออกแบบสอบถามกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายคือผู้ใช้และบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพเป็นประจำ นำแนวความคิดผลิตภัณฑ์ที่ได้มาผลิตน้ำมันมะพร้าวผสมสมุนไพร โดยเติมสมุนไพร ได้แก่ กระเทียม และสะระแหน่ หั่นหรือบดเป็นสมุนไพรเป็นชิ้นขนาดเล็กแล้วกรองสมุนไพรออก โดยแช่ชิ้นสมุนไพรในน้ำมันมะพร้าวนาน 24 ชั่วโมง แปรปริมาณการเติมสมุนไพรเป็น 14, 16, 18 และ 20% พัฒนาสูตรโดยนำตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวผสมสมุนไพรรูปแบบที่เลือกได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ratio Profile Test (RPT) ให้ผู้ทดสอบให้ค่าความเข้มในอุดมคติ (I) และค่าความเข้มของคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น ของตัวอย่าง (S) ร่วมกับการทดสอบความชอบโดยรวมของปลาที่ทอดด้วยน้ำมันที่พัฒนาโดยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน โดยหากค่า S/I อยู่ในช่วง 1.0±0.2 หมายถึงไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น นำน้ำมันมะพร้าวผสมสมุนไพรที่พัฒนาได้มาวิเคราะห์คุณภาพเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันถั่วเหลือง ด้านต่างๆ ดังนี้ ค่าเปอร์ออกไซด์ และปริมาณกรดไขมันอิสระ (AOAC, 2000) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อนำน้ำมันมาทอดปลาทดสอบความชอบโดยวิธี 9-point hedonic scale ด้านรสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพทุกด้าน ยกเว้นการประเมินด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากการอภิปรายกลุ่มร่วมกับการออกแบบสอบถามกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวผสมสมุนไพรสำหรับปรุงอาหารคิดเป็น 67.86% โดยสมุนไพรที่ผู้บริโภคต้องการให้มีผสมอยู่ในน้ำมันมะพร้าวผสมสมุนไพรสำหรับปรุงอาหาร ได้แก่ กระเทียมคิดเป็น 45.45% สะระแหน่คิดเป็น 20.45% ขิงคิดเป็น 13.64% ตะไคร้คิดเป็น 11.36% และอื่นๆ คิดเป็น 9.09% โดยคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวผสมสมุนไพรสำหรับปรุงอาหาร ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ลักษณะปรากฏ คุณค่าทางโภชนาการ และกลิ่นรส คิดเป็น 21.38% เท่ากัน ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวผสมสมุนไพรด้วยวิธี RPT ด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น ร่วมกับการทดสอบความชอบโดยรวมของปลาที่ทอดด้วยน้ำมันที่พัฒนาโดยวิธี 9-point hedonic scale แสดงดัง Table 1 พบว่าน้ำมันมะพร้าวผสมกระเทียมปริมาณ 16% หรือสะระแหน่ปริมาณ 20% มีค่า S/I อยู่ในช่วง 1.0±0.2 หมายถึง ไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของคุณลักษณะนั้น และปลาทอดด้วยน้ำมันสูตรดังกล่าวได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ ผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวผสมสะระแหน่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวผสมกระเทียม คือ 7.07 และ 7.09 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด

Table 1 S/I ratio and overall liking score of developing gourmet oil containing difference quantity of garlic

% of garlic	Mean±SD			
	S/I for appearance	S/I for color	S/I for odor	Overall liking
14	0.86±0.16	0.89±0.15	0.78±0.11	6.47^{b}±0.94
16	0.90±0.32	1.04±0.15	1.13±0.99	7.07^{a}±1.05
18	1.12±0.16	1.10±0.12	1.43±0.16	6.43^{b}±1.14
20	1.23±0.13	1.13±0.19	1.83±0.10	6.25^{c}±0.49

^{a,b,c} Difference letters in the same column indicated significant difference($p \leq 0.05$).

Table 2 S/I ratio and overall liking score of developing gourmet oil containing difference quantity of mint

% of mint	Mean±SD			
	S/I for appearance	S/I for color	S/I for odor	Overall liking
14	0.65±0.17	0.69±0.25	0.79±0.19	6.11^{c}±0.49
16	0.95±0.29	0.74±0.16	1.01±0.19	6.34^{b}±1.34
18	1.02±0.13	0.87±0.82	1.02±0.18	6.97^{a}±1.08
20	1.05±0.30	0.90±0.22	1.05±0.22	7.09^{a}±1.12

^{a,b,c} Difference letters in the same column indicated significant difference($p \leq 0.05$).

จากการนำน้ำมันมะพร้าวผสมสมุนไพรที่พัฒนาได้มาวิเคราะห์คุณภาพเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันถั่วเหลือง ได้ผลดัง Table 3 และ 4 ผลการทดลองพบว่า น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีค่าเปอร์ออกไซด์ (8.62 มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัม) และปริมาณกรดไขมันอิสระ (0.11%) ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) ในขณะที่น้ำมันมะพร้าวผสมกระเทียมและสะระแหน่ที่พัฒนาได้มีค่าเปอร์ออกไซด์และปริมาณกรดไขมันอิสระไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำมันถั่วเหลือง ($p > 0.05$) สำหรับค่าเปอร์ออกไซด์ พบว่าทุกตัวอย่างยังคงมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำมันมะพร้าว ซึ่งมีค่าเปอร์ออกไซด์ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547) มาสำหรับปริมาณกรดไขมันอิสระที่วิเคราะห์ได้อาจบ่งบอกถึงการสลายตัวของน้ำมันได้และผลของการคงอยู่ของกรดไขมันในน้ำมันได้อีกทางหนึ่ง โดยน้ำมันมะพร้าวผสมสมุนไพรที่พัฒนาได้มีค่าสูงกว่าน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ แสดงให้เห็นว่าน้ำมันดังกล่าวเกิดการสลายตัวได้สูงกว่าทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในขั้นตอนการผลิตน้ำมันมีโอกาสได้สัมผัสกับออกซิเจนซึ่งมีส่วนเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของน้ำมันได้มาก (นิธิยา, 2548) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า เมื่อนำน้ำมันมาใช้ทอดชิ้นปลาแบบน้ำมันตื้น พบว่า ปลาที่ทอดด้วยน้ำมันมะพร้าวผสมกระเทียมได้รับความชอบทุกด้าน ได้แก่ ด้านรสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.3-6.5) เนื่องจากปลามีรสชาติและกลิ่นรสของกระเทียมและน้ำมันมะพร้าวทำให้ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมากที่สุด

Table 3 Peroxide value and free fatty acid content of different kinds of gourmet oil

gourmet oil	Mean±SD	
	peroxide value (meq O_2/kg)	free fatty acid (%)
Virgin coconut oil mixed with garlic	9.30^{a}±1.53	0.38^{a}±0.16
Virgin coconut oil mixed with mint	9.20^{a}±1.06	0.39^{a}±0.17
Virgin coconut oil	8.62^{b}±1.41	0.11^{b}±0.06
Soy bean oil	9.17^{a}±1.40	0.31^{a}±0.02

^{a,b,c} Difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).

Table 4 Liking score in terms of taste, flavor and overall liking of fish fillet fried with different kinds of gourmet oil

gourmet oil	Mean of liking score±SD		
	taste	flavor	overall liking
Virgin coconut oil mixed with garlic	6.50^{a}±0.92	6.23^{a}±0.34	6.30^{a}±0.22
Virgin coconut oil mixed with mint	6.47^{a}±0.35	6.47^{a}±0.45	6.21^{b}±0.12
Virgin coconut oil	5.78^{b}±0.69	5.70^{c}±1.05	5.57^{c}±0.68
Soy bean oil	6.60^{a}±1.09	6.09^{b}±0.18	6.20^{b}±1.03

^{a,b,c} Difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).

สรุปผล

สูตรที่เหมาะสมคือน้ำมันมะพร้าวผสมกระเทียมปริมาณ 16% หรือสะระแหน่ปริมาณ 20% โดยมีค่าเปอร์ออกไซด์และปริมาณกรดไขมันอิสระไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำมันถั่วเหลือง ($p>0.05$) สามารถนำมาใช้ปรุงอาหารได้โดยปลาที่ทอดด้วยน้ำมันมะพร้าวผสมกระเทียมได้รับความชอบสูงที่สุด ($p\leq0.05$)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยบูรพาและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548, เคมีอาหาร, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช), 2547, มาตฐานผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าว, มผช. 670/2547
AOAC, 2000, Official Method of Analysis, Arlington, Viyginia, USA.

ผลของแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ต่อสมบัติทางกายภาพของสปันจ์เค้กที่อบด้วยไมโครเวฟซึ่งเตรียมจากส่วนผสมเค้กเมล็ดขนุนสำเร็จรูป

Effect of Pregelatinized Jackfruit Seed Flour on Physical Properties of Microwave Sponge Cake Prepared from Jackfruit Seed Cake Premix

ประไพพรรณ เอมดวง[1] และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1]

Aimdoung, P.[1] and Limroongreungrat, K.[1]

Abstract

Cake premix which can be made easily with microwave oven has been received more attention in convenience food market. Jackfruit seed was a by-product from Agro-industry that has a potential to produce jackfruit seed flour (JSF) and many types of food products including sponge cake premix. Pregelatinized jackfruit seed flour (PJSF) was used in order to improve the sponge cake qualities. The effect of PJSF contents in cake premix formulation on physical properties of cake were investigated by varying the ratios of JSF to PJSF (100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, 0:100). Batter viscosity, cake specific volume, crumb color and texture were determined. As the amounts of PJSF increased, cake specific volume, redness (a*) and batter viscosity significantly increased while firmness decreased ($p<0.05$). However, the firmness and springiness of cake with JSF and PJSF in ratios of 40:60, 20:80 and 0:100 were not significantly different ($p\geq0.05$).

Keywords: pregelatinized jackfruit seed flour, microwave cake, sponge cake, cake premix

บทคัดย่อ

ส่วนผสมเค้กสำเร็จรูปซึ่งสามารถทำได้ง่ายโดยใช้เตาอบไมโครเวฟ ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในตลาดอาหารเพื่อความสะดวก เมล็ดขนุนเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรที่มีศักยภาพในผลิตแป้งเมล็ดขนุนและผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภทรวมทั้งส่วนผสมสปันจ์เค็กสำเร็จรูป โดยมีการใช้แป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของสปันจ์เค้ก และศึกษาผลของปริมาณแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ที่เติมในสูตรเค้กสำเร็จรูปต่อสมบัติทางกายภาพของเค้ก โดยแปรอัตราส่วนของแป้งเมล็ดขนุนต่อแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ (100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, 0:100) วิเคราะห์ค่าความหนืดของแบตเตอร์ ปริมาตรจำเพาะของเค้ก สีเนื้อใน และเนื้อสัมผัสของสปันจ์เค้ก พบว่าเมื่อปริมาณแป้งเมล็ดขนุน พรีเจลาติไนซ์เพิ่มขึ้น เค้กมีปริมาตรจำเพาะ ค่าความเป็นสีแดง (a*) และความหนืดของแบตเตอร์เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความ แน่นเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของเค้กที่ใช้อัตราส่วน แป้งเมล็ดขนุนต่อแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ 40:60 20:80 และ 0:100 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

คำสำคัญ: แป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ เค้กไมโครเวฟ สปันจ์เค้ก ส่วนผสมเค้กสำเร็จรูป

คำนำ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมอบเข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของคนไทยมากขึ้น เค้กเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบอีกชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภค ส่วนผสมเค้กสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในต่างประเทศเนื่องจากสามารถทำได้ง่ายโดยใช้ไมโครเวฟ สะดวก และรวดเร็ว Takashima (2005) รายงานว่าส่วนผสมสปันจ์เค้กสำเร็จรูปที่ทำให้สุกด้วยไมโครเวฟสามารถเตรียมได้จากแป้งชนิดอื่นที่ไม่ใช่แป้งสาลีร่วมกับแป้งดัดแปรชนิดพรีเจลาติไนซ์ และเค้กที่ได้มีปริมาตรและลักษณะปรากฏที่ดี เมล็ดขนุนเป็นวัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรที่มีการนำมาใช้ประโยชน์น้อย รวมทั้งยังไม่มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ดังนั้นการนำเมล็ดขนุนมาผลิตเป็นแป้งทดแทนแป้งสาลีในการทำเค้ก จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลพลอยได้ทางการเกษตร และลดการนำเข้าแป้งสาลี อย่างไรก็ตามยังไม่มีการนำแป้งเมล็ดขนุนมาใช้ในผลิตภัณฑ์

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsean, Chonburi 20131, Thailand

ส่วนผสมสปันจ์เค้กสำเร็จรูปที่อบโดยใช้เตาอบไมโครเวฟ ดังนั้นการพัฒนาส่วนผสม สปันจ์เค้กสำเร็จรูปจากแป้งเมล็ดขนุนเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบแนวใหม่ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งแก่ผู้บริโภค และเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทต่างๆ ที่เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งเมล็ดขนุนต่อแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ต่อสมบัติทางกายภาพของสปันจ์เค้กที่อบด้วยไมโครเวฟซึ่งเตรียมจากส่วนผสมเค้กเมล็ดขนุนสำเร็จรูป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแป้งเมล็ดขนุน

เตรียมแป้งเมล็ดขนุนตามวิธีของกรทิพย์ (2549) โดยนำเมล็ดขนุนจากผลขนุนสุกพันธุ์ทองประเสริฐ ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที โดยใช้อัตราส่วนเมล็ดขนุน 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 4 ลิตร เมื่อลอกเยื่อสีขาวครีมและเยื่อสีน้ำตาลออกหมดแล้ว จึงล้างเนื้อเมล็ดด้วยน้ำให้สะอาดและพักให้สะเด็ดน้ำ นำเนื้อเมล็ดมาหั่นเป็นแผ่นบางให้มีความหนา 1 มิลลิเมตรโดยใช้เครื่องสไลด์ นำไปอบให้แห้งในเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60°C จนมีความชื้นประมาณ 7% จากนั้นบดด้วยเครื่องบด (Ultracentrifugal mill) แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุแป้งที่ได้ในถุงพลาสติก

การเตรียมแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์

เตรียมแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของดารารัตน์ และคณะ (2553) โดยนำเมล็ดขนุนจากผลขนุนสุกพันธุ์ทองประเสริฐไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121°C และความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ลอกเยื่อสีขาวและสีน้ำตาลออก ทำให้เย็นแล้วนำมาหั่นเป็นแผ่นบางให้มีความหนา 1 มิลลิเมตร นำไปอบให้แห้งในเครื่องอบแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 60°C จนมีความชื้นประมาณ 7% จากนั้นบดด้วยเครื่องบด (Ultracentrifugal mill) แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุแป้งที่ได้ในถุงพลาสติก

ศึกษาหาอัตราส่วนของแป้งเมล็ดขนุนต่อแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ที่เหมาะสม

แปรอัตราส่วนของแป้งเมล็ดขนุนต่อแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์เป็น 100:0 80:20 60:40 40:60 20:80 และ 0:100 โดยใช้สูตรและวิธีทำผลิตภัณฑ์ส่วนผสมสปันจ์เค้กสำเร็จรูปตามที่ดัดแปลงจากวิธีของ Takashima (2005) วิเคราะห์คุณภาพของแบตเตอร์และเค้กดังนี้

1. วัดความหนืดของแบตเตอร์ใช้เครื่อง Brookfield viscometer โดยใช้หัววัดเบอร์ 4 อัตราความเร็วรอบ 1.5 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส รายงานค่าความหนืดในหน่วยของปาสคาล-วินาที

2.วัดปริมาตรจำเพาะของเค้ก (Specific volume of cake) โดยชั่งน้ำหนักเค้ก และวัดปริมาตรของขนมปังโดยวิธีแทนที่เมล็ดงา รายงานค่าปริมาตรจำเพาะเป็นปริมาตรของเค้กต่อน้ำหนักเค้ก

3. ค่าสีของเนื้อเค้ก (Crumb) โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter lab) รายงานค่าเป็นค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*)

4. วัดลักษณะเนื้อสัมผัสใช้เครื่อง Texture analyzer (TA-XT2) โดยใช้หัววัด Cylindrical probe ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร ความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที กดลงไปให้ได้ระยะทางร้อยละ 25 ของตัวอย่างสปันจ์เค้ก และกดตัวอย่างค้างไว้เป็นเวลา 60 วินาที รายงานผลเป็นค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และความยืดหยุ่น (Springiness)

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อใช้ปริมาณแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์เพิ่มขึ้น เนื้อเค้กมีค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น ($p<0.05$, Table 1) อาจเนื่องจากการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์มีการใช้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบ Maillard reaction จากองค์ประกอบที่เป็นกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดขนุนซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่าสีที่พบว่าแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์มีค่า a^* (2.77) สูงกว่าแป้งเมล็ดขนุนดิบ (0.17) ค่าความหนืดของแบตเตอร์ และปริมาตรจำเพาะของเค้กเพิ่มขึ้น แต่มีค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$, Table 2) ส่วนค่าความยืดหยุ่นของเค้กทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) การเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ทำให้

ความหนืดของแบตเตอร์เพิ่มขึ้น และสามารถกักเก็บฟองอากาศขณะผสมได้ดีขึ้น ปริมาตรของเค้กมีความสัมพันธ์กับความหนืดของแบตเตอร์ แบตเตอร์ควรมีความหนืดที่เหมาะสมเพื่อกักเก็บฟองอากาศระหว่างผสมและระหว่างให้ความร้อน (Wilderjans และคณะ, 2008) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการอบมีปริมาตรเพิ่มขึ้น สปันจ์เค้กจึงมีค่าความแน่นเนื้อลดลง แสดงว่าเนื้อเค้กมีความนุ่มเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากแป้งพรีเจลาติไนซ์สามารถละลายและกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็นหรือที่อุณหภูมิห้อง สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าแป้งดิบ และอุ้มน้ำในผลิตภัณฑ์ได้ดี การใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์ในผลิตภัณฑ์ขนมเค้กเพื่อช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำและเก็บฟองอากาศได้ดีขึ้น ทำให้เค้กมีความชุ่มชื้นและมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ได้ลักษณะเนื้อเค้กที่มีความสม่ำเสมอ (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) แม้ว่าการใช้แป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้เค้กมีปริมาตรจำเพาะเพิ่มขึ้น แต่พบว่าเนื้อเค้กที่ได้มีโพรงอากาศขนาดใหญ่เกิดขึ้น และมีลักษณะของเซลล์อากาศที่ไม่สม่ำเสมอ (Figure 1) อย่างไรก็ตาม ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของเค้กที่ใช้อัตราส่วนแป้งเมล็ดขนุนต่อแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ 40:60 20:80 และ 0:100 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

สรุปผล

เมื่อปริมาณแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาไนซ์เพิ่มขึ้น ค่าความหนืดของแบตเตอร์ ปริมาตรจำเพาะของเค้ก และค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น แต่มีค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของเค้กที่ใช้อัตราส่วนแป้งเมล็ดขนุนต่อแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ 40:60 20:80 และ 0:100 มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

เอกสารอ้างอิง

กรทิพย์ ฐิติธรรมจริยา, 2549, การพัฒนากรรมวิธีการผลิตและการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์แผ่นกรอบจากแป้งเมล็ดขนุน, ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดารารัตน์ นาคละออ อาภัสรา แสงนาค และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2553, ผลของการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1): 53-56.

Takashima, H., 2005, Sponge Cake Premix and Method of Manufacturing Sponge Cake by Using Said Premix, US patent, 6(88): 448 B2.

Wilderjans, E., Pareyt, B., Goedaert, H., Brijis, K. and Delcour, J.A., 2008, The Role of Gluten in a Pound Cake System: A Model Approach Based on Gluten-starch Blends, Food Chemistry, 110(4): 909-915.

Table 1 Color of sponge cake as affected by ratios of jackfruit seed flour (JFS) to pregelatinized jackfruit seed Flour (PJSF)

Ratios of JSF to PJSF	L*	a*	b*
100:0	55.43 ± 0.43^{e}	5.59 ± 0.10^{c}	29.25 ± 0.52^{c}
80:20	62.70 ± 0.04^{b}	6.03 ± 0.43^{b}	32.49 ± 0.25^{a}
60:40	62.15 ± 0.45^{c}	5.84 ± 0.01^{bc}	31.55 ± 0.82^{b}
40:60	61.63 ± 0.05^{d}	6.38 ± 0.10^{a}	31.60 ± 0.13^{b}
20:80	61.89 ± 0.23^{cd}	6.45 ± 0.01^{a}	29.09 ± 0.37^{c}
0:100	64.82 ± 0.04^{a}	6.45 ± 0.05^{a}	31.01 ± 0.01^{b}

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Table 2 Batter viscosity, specific volume, firmness and springiness of sponge cake as affected by ratios of jackfruit seed flour (JSF) to pregelatinized jackfruit seed flour (PJSF)

Ratios of JSF to PJSF	Batter viscosity (Pa.s)	Specific volume (cm^3/g)	Firmness (N)	Springiness^{ns} (%)
100:0	140.95 ± 0.66^{e}	2.26 ± 0.07^{b}	23.65 ± 1.55^{b}	50.92 ± 0.28
80:20	204.85 ± 1.99^{d}	2.18 ± 0.03^{d}	28.53 ± 0.87^{a}	50.69 ± 0.13
60:40	202.97 ± 1.85^{d}	2.16 ± 0.01^{d}	25.71 ± 1.46^{b}	50.79 ± 0.56
40:60	235.24 ± 1.97^{b}	2.20 ± 0.02^{cd}	17.83 ± 1.69^{c}	52.43 ± 0.35
20:80	231.15 ± 0.73^{c}	2.25 ± 0.01^{bc}	15.62 ± 1.09^{c}	52.66 ± 0.54
0:100	261.66 ± 0.37^{a}	2.34 ± 0.01^{a}	16.33 ± 2.30^{c}	52.11 ± 0.34

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

^{ns} Means within the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$)

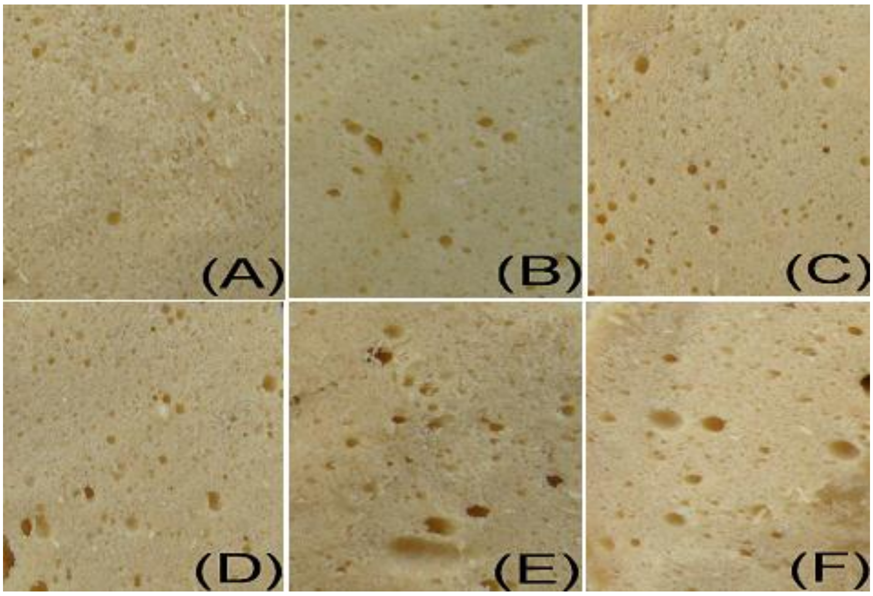


Figure 2 Air cell of sponge cake as affected by ratios of jackfruit seed flour to pregelatinized jackfruit seed flour (A) 100:0 (B) 80:20 (C) 60:40 (D) 40:60 (E) 20:80 and (F) 0:100

ผลของวิธีการทำแห้งต่อสีและปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง

Effects of Drying Method on Color and Volatile Oil Content of Dried Galangal Products

ยาตรา ยมสูงเนิน[1] เยาวภา ไหวพริบ[2] ชนกานต์ สกุลแถว[1] รังสิมา สูตรอนันต์[3] และ อนันต์ ทองทา[4]

Yomsungnoen, Y.[1], Waiprib, Y.[2], Sakulteal, C.[1], Sootanan, R.[3] and Tongta, A.[4]

Abstract

The effects of drying method (freeze drying, superheated steam drying, hot air drying, solar cabinet drying, and open sun drying) on color values (L*, a*, and b*) and volatile oil content of dried galangal products with the final moisture content of 12 %dry basis were investigated. The result showed significant effect of drying method on color values (L*, a*, and b*) and volatile oil content of dried galangal products ($p<0.05$). The freeze dried galangal product showed the finest color values, that is, the highest L* value (79.99 ± 6.39), whilst the lowest a* (3.49 ± 2.68) and b*(17.13 ± 2.93) values ($p<0.05$). The superheated steam dried galangal product showed significantly lowest L* value (52.42 ± 0.38) ($p<0.05$), whereas showed no significant difference of a*, and b*values ($p \geq 0.05$) among galangal product samples dried with hot air drying, solar cabinet drying, and open sun drying methods. Furthermore, the freeze dried galangal product demonstrated the significantly highest volatile oil content (2.25 ± 0.00%) ($p<0.05$), followed by the hot air dried product (1.42 ± 0.29%). The superheated steam dried galangal product, however, showed significantly lowest volatile oil content (0.33 ± 0.14%) ($p<0.05$).

Keywords: galangal, drying method, color value, volatile oil content

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของวิธีการทำแห้ง (การทำแห้งแบบระเหิด ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง อากาศร้อน ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และการตากแดด) ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข่าแห้งที่ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12 % มาตรฐานแห้ง ได้แก่ ค่าสี (L*, a* และ b*) และปริมาณน้ำมันหอมระเหย พบว่าวิธีการทำแห้งมีผลต่อสี และปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ข่าแห้งแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ข่าแห้งที่ทำแห้งแบบระเหิดสามารถรักษาคุณภาพสีดีที่สุด กล่าวคือ ให้ค่า L* สูงสุด (79.99 ± 6.39) และให้ค่า a* (3.49 ± 2.68) และ b*(17.13 ± 2.93) ต่ำสุด ($p<0.05$) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ข่าแห้งที่ทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งให้ค่า L* ต่ำสุด (52.42 ± 0.38) ($p<0.05$) ในขณะที่ให้ค่า a* และ b*ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ข่าแห้งที่ทำแห้งการทำแห้งด้วยอากาศร้อน ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และการตากแดด นอกจากนี้พบว่า ผลิตภัณฑ์ข่าแห้งที่ทำแห้งแบบระเหิดให้ค่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด (ร้อยละ 2.25 ± 0.00) ($p<0.05$) รองลงมาได้แก่ การทำแห้งด้วยอากาศร้อน (ร้อยละ 1.42 ± 0.29) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ข่าแห้งที่ทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งให้ค่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่ำสุด (ร้อยละ 0.33 ± 0.14) ($p<0.05$)

คำสำคัญ: ข่า วิธีการทำแห้ง สี น้ำมันหอมระเหย

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Sciense, Faculty of Science, Burapha University, 169 Long-Hard Bangsaen Rd, Saensook, Muang, Chonburi 20131

[2] ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ. งามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, 50 Ngarmwongwan Rd. Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

[3] ศูนย์กล้องจุลทรรศน์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี 20131

[3] Microscopy Center, Faculty of Science, Burapha University, Muang, Chonburi 20131

[4] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[4] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Moo 8 Tein-talay Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

คำนำ

ข่า (*Alpinia galangal L. swart.*) เป็นพืชล้มลุกมีเหง้า อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae มีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพร (Farnsworth และBunyapraphatsara, 1992) เหง้าข่าประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.04 มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งจุลินทรีย์ (ดารณี, 2543; Oonmetta-aree และคณะ, 2006) ปัจจุบันมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข่าอบแห้ง เนื่องจากเก็บได้นาน ขนส่งง่าย เป็นต้น นำไปผลิตผงปรุงรส ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ส่งออก โดยกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นิยมบริโภคข่าใช้เป็นผงปรุงรสอาหาร และให้กลิ่นรส (Manfield, 2005)

จากการศึกษาวิธีการทำแห้งพืชวงศ์ขิง ได้แก่ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (Balladin และคณะ, 1996; Prasad และ Vijay, 2005) การทำแห้งด้วยอากาศร้อน (กุลยา, 2545) การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (อาทิตย์, 2550) เป็นต้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์แห้ง ได้แก่ ปริมาณน้ำมันหอมระเหย ค่าสี ปริมาณเถ้า (อาทิตย์, 2550; Azian และคณะ, 2004) ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการทำแห้ง ได้แก่ การทำแห้งแบบระเหิด การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง การทำแห้งด้วยอากาศร้อน การทำแห้งด้วยตู้อบพลังงาน และการตากแดด ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ได้แก่ ค่าสี และน้ำมันหอมระเหย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างข่า ล้างเหง้าข่า สไลด์ให้เป็นแผ่นบางหนา 0.50 cm เส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 2.5 ถึง 3.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก 100 g เรียงใส่ถาดเตรียมทำแห้ง โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

การทำแห้งแบบระเหิด (freeze drying) ดัดแปลงจากวิธีของ Chan และคณะ (2009) โดยแช่แข็งตัวอย่างที่อุณหภูมิ -80ºC เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำเข้าเครื่องทำแห้งแบบระเหิดที่อุณหภูมิ -50ºC ความดัน 0.125 mbar เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (superheated steam drying) โดยใช้เครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่เป็นห้องทำแห้งแบบ Batch ที่อุณหภูมิในการทำแห้ง 120ºC และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2.01 ms^{-1}

การทำแห้งด้วยอากาศร้อน (hot air drying) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Oonmetta-aree และคณะ (2006) ทำโดยอบตัวอย่างในเครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) ที่อุณหภูมิ 60ºC

การทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (solar cabinet drying) และตากแดด (open sun drying) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Prasad และ Vijay (2005)

การศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพของข่าแห้ง ทำโดยทำแห้งข่าจนความชื้นสุดท้ายเป็น 12% น้ำหนักแห้ง(d.b.) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) วิเคราะห์ค่าสี โดยเครื่องวัดสีอาหาร (Miniscan XE plus, Hunter Lab, USA) และปริมาณน้ำมันหอมระแหย โดยวิธีของ AOAC ข้อ 962.17A และ 962.17B (AOAC, 1990)

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทางสถิติ โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการทดลอง

ผลการศึกษาวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข่าแห้งและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าวิธีการทำแห้งมีผลต่อสี และปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ข่าแห้งแตกต่างกัน ($p<0.05$) แสดงได้ดัง Figure 1 และ 2 ตามลำดับ

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลอง วิธีการทำแห้งมีผลต่อสี และปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง อาจเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งแต่ละวิธี Venskuton (1997) รายงานว่าการสูญเสียปริมาณน้ำมันหอมระเหยของสมุนไพรและเครื่องเทศส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำแห้ง และลักษณะทางชีวภาพของพืช มีรายงานการทำแห้งแบบการพาความร้อนทำให้สูญเสียปริมาณน้ำมันหอมระเหยแตกต่างกัน ขึ้นกับอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง (Diaz-maroto และคณะ, 2002) การทำแห้งแบบระเหิดเป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (-50ºC ความดัน 0.125 mbar) จึงช่วยรักษาสี และปริมาณน้ำมันหอมระเหยได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบอื่นๆ ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำ

ร้อนยวดยิ่งเป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่า 100ºC อาจมีผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งการใช้อุณหภูมิสูงเป็นการเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด และคาราเมลไรเซชัน เป็นต้น (Jamradloedluk และคณะ, 2007) สำหรับการทำแห้งด้วยอากาศร้อน ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และตากแดด เป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก (40-60ºC) ทำให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยในข่าซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายและมีความไวต่อความร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และสูญเสียในระหว่างกระบวนการทำแห้ง โดยการทำแห้งด้วยอากาศร้อนช่วยรักษาปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ข่าแห้งรองจากการทำแห้งแบบระเหิด

สรุปผล

วิธีการทำแห้งมีผลต่อค่าสี และปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ข่าแห้งแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยการทำแห้งแบบระเหิดช่วยรักษาคุณภาพด้านสี และปริมาณน้ำมันเหยได้ดีที่สุด รองลงมาคือการทำแห้งด้วยอากาศร้อน ในขณะที่การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลให้สูญเสียปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด โดยผลิตภัณฑ์ข่าแห้งที่ทำแห้งแบบระเหิดให้ค่า L* และปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุด และ a* และ b* ต่ำสุด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ข่าแห้งที่ทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ให้ค่า L* ปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่ำสุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กุลยา จันทร์อรุณ, 2545, กรรมวิธีการผลิตชาสมุนไพรรายงานวิจัย, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก, 61 หน้า.

ดารณี แก้วมุณีวงศ์, 2543, สมุนไพรไทย: ข่า, วารสารเทคโนโลยี, 21(3): 25-26.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546, มาตรฐานอุตสาหกรรมขิงแห้ง, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 7 หน้า.

อาทิตย์ จันทร์หิรัญ, 2550, การอบแห้งขิงด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเกษตร, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

Azian, M.N., Kamal, M.A.A. and Azlina, M.N., 2004, Changes of Cell Structure in Ginger During Processing, Journal of Food Engineering, 62: 359–364.

Balladin, D.A., Changyen, I., McGAW, D.R. and Headley, O., 1996, Solar Drying of West Indian Ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) Rhizome Using a Wire Basket Dryer, Renewable Energy, 7: 409-418.

Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K.K., Tan, S.P., Lianto, F.S. and Yong, M.Y., 2009, Effects of Different Drying Methods on the Antioxidant Properties of Leaves and Tea of Ginger Species, Food Chemistry, 113: 166-172.

Diaz-maroto, M.C., Perez-Coello, M.S. and Cabezudo, M.D., 2002, Effect of Different Drying on the Volatile Components of Parsley (*Petroselinum crispum* L.), European Food Research and Technology, 215: 227-230.

Farnsworth, N.R. and Bunyapraphatsara, N., 1992, Thai Medicinal Plants: Recommended for Primary Health Care System, Medicinal Plant Information Center, Thailand, 402 p.

Jamradloedluk, J., Nathakaranakule, A., Soponronnarit, S. and Prachayawarakorn, S., 2007, Influences of Drying Medium and Temperature on Drying Kinetics and Quality Attributes of Durian Chip, Journal of Food Engineering, 78: 198-205.

Manfield, C., 2005, Spice: Recipes to Delight the Senses, Singapore, 288 p.

Oonmetta-aree, J., Suzuki, T., Gasaluck, P. and Eumkeb, G., 2006, Antimicrobial Properties and Action of Galangal (*Alpinia galangal* Linn.) on *Staphylococcus aureus*, LWT-Food Science and Technology, 39: 1214-1220.

Prasad, J. and Vijay, V.K., 2005, Experimental Studies on Drying of *Zingiber officinale*, *Curcuma longa l*. and *Tinospora cordifolia* in Solar-biomass Hybrid Drier, Renewable Energy, 30: 2097-2109.

Venskuton, P.R., 1997, Effect of Drying on the Volatile Constituents of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) and Sage (*Salvia officinalis L.*), Food Chemistry, 59: 219-227.

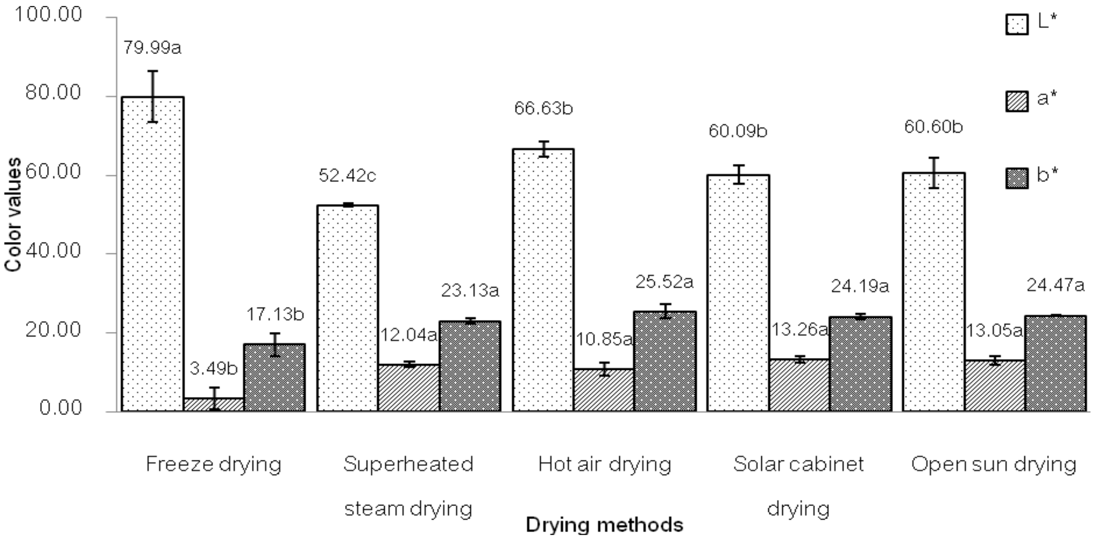


Figure 1 The effects of drying method on color values (L*, a*, and b*) of dried galangal products with the final moisture content of 12% db.

a,b,c Means followed by different letters on top of each bar are significantly different as determined by Duncan's new multiple range test ($p<0.05$) between bars for each parameter tested.

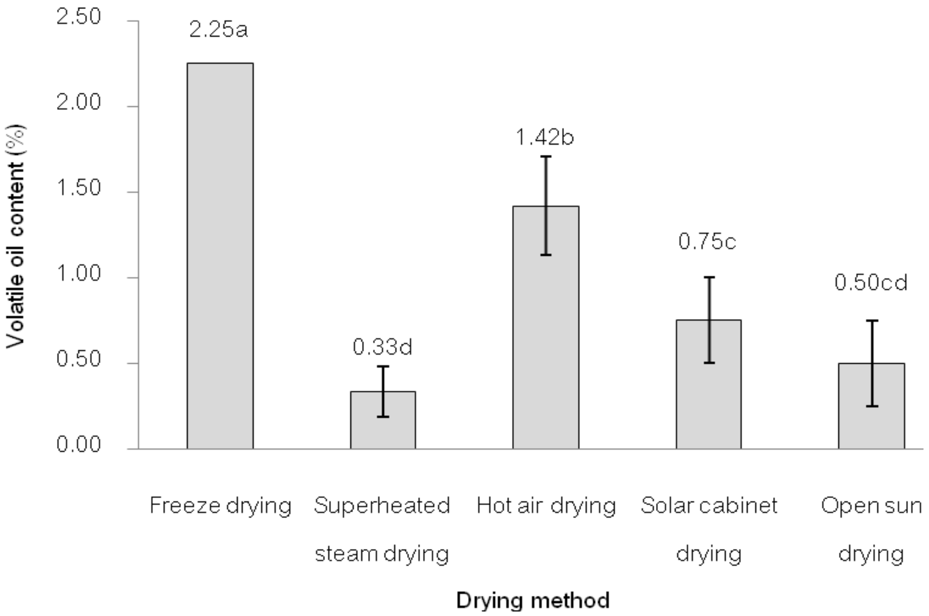


Figure 2 The effects of drying method on volatile oil content of dried galangal products with the final moisture content of 12% db.

a,b,c Means followed by different letters on top of each bar are significantly different as determined by Duncan's new multiple range test ($p<0.05$).

ผลของสารแช่ท่อนพันธุ์ต่อความงอก การเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลัง

Effect of Substance Stem Treatment on Germination, Growth and Yield of Cassava

สุปราณี งามประสิทธิ์[1] สกล ฉายศรี[2] กิ่งกานท์ พานิชนอก[3] พชรดา ฉายศรี[2] และ ประภาส ช่างเหล็ก[4]

Ngamprasitthi, S.[1], Chaisri, S.[2], Panitnok, K.[3], Chaisri, P.[2] and Changlek, P.[4]

Abstract

The effect of substance stem treatment on germination, growth and yield of cassava was studied at National Corn and Sorghum Research Center, Pakchong Nakorn-ratchasima, during January 2010 to July 2011. The experiment was laid out as the Split plot in RCB with 4 replications, main plot was variety composed of 3 cassava cultivars, Kasetsart 50 (KU.50), Huay Bong 60 (HB 60) and Huay Bong 80 (HB 80), sub plot was 5 treated substances composed of S1= physic nut oil, S2= by-product of mallas (ethyl-alcohol 40%), S3= bacteria suspension KPS 46, S4= chlopiriphos-methyl, S5= non treated. The objective of research was compared to the effect substance stem treatment on germination, growth, and yield of 3 cassava cultivars. The results revealed that substance stem treatment had affected germination as significantly difference. HB 80 had maximum germination at 80.70 percent and the next were HB 60 and KU 50 at 76.70 and 74.65 percent respectively. Between stem treated substances found that non-treated (S5) had maximum germination at 82.25 percent; physic nut oil (S1) had minimum germination at 68.92%. For insect appearance of cassava stem at 2 months after planted found that non-treated (S5) had 11.27% infected which higher than the various substance stem treatments. For yield found that KU 50 had maximum fresh root yield at 12 months after planted and got average yield components of 13.1 number of fresh root per plant; weight 12.26 kg per plant and got 131,000 number of fresh root per hectare (20,960 no. fresh root rai^{-1}), weight 101,295 kg per hectare (19.62 t rai^{-1}).

Keywords: substance stems treatment, germination, yield, cassava

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารแช่ต้นพันธุ์ต่อความงอก การเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลัง ได้ดำเนินการทดลองที่สถานีวิจัยพืชไร่สุวรรณวาจกกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCB มี 4 ซ้ำ main plot ได้แก่พันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และห้วยบง 80 sub plot คือสารที่ใช้แช่ท่อนพันธุ์มัน ได้แก่ น้ำมันสบู่ดำ สารสกัดจากกากน้ำตาล (แอลกอฮอล์ 40%) แบคทีเรีย KPS 46 คลอไพริฟอสเมทิล และไม่คลุกสาร พบว่าสารที่แช่ต้นพันธุ์มันสำปะหลังมีผลต่อความงอก และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่พันธุ์ห้วยบง 80 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุดเท่ากับ 82 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่พันธุ์ห้วยบง 60 และเกษตรศาสตร์ 50 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเท่ากับ 77 เปอร์เซ็นต์ และ 75 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนผลของสารที่แช่ท่อนพันธุ์นั้น การที่ไม่แช่ท่อนพันธุ์นั้นทำให้ความงอกสูงที่สุดเท่ากับ 82 เปอร์เซ็นต์ และการใช้น้ำมันสบู่ดำให้ความงอกต่ำที่สุดเท่ากับ 69 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปอร์เซ็นต์การเกิดแมลงที่ต้นมันสำปะหลังพบว่าในระยะ 2 เดือนหลังปลูก ต้นที่ไม่ได้แช่ต้นพันธุ์มีแมลงอาศัยมากกว่าต้นที่แช่สารเฉลี่ย 11.27 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตของมันสำปะหลังนั้นพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตที่อายุ 12 เดือนสูงที่สุดเฉลี่ย 13 หัวต่อต้น น้ำหนักหัวสด 12.30 กิโลกรัมต่อต้น และมีจำนวน 131,000 หัวต่อเฮกตาร์ น้ำหนักหัวสด 101,295 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

คำสำคัญ: สารแช่ท่อนพันธุ์ ความงอก ผลผลิต มันสำปะหลัง

---

[1] **สถานีวิจัยพืชไร่สุวรรณวาจกกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา** 30320

[1] Suwanwajokkasikit Field Crops Research Station, Kasetsart University, Nakhonratchasima, Thailand, 30320

[2] **สถานีวิจัยลพบุรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลพบุรี** 15250

[2] Lop Buri Research Station, Kasetsart University, Lop-Buri, Thailand, 15250

[3] **สถานีวิจัยเขาหินซ้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฉะเชิงเทรา** 24120

[3] Khao Hin Son Research Station, Kasetsart University, Chachoengsao, Thailand, 24120

[4] **สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพชรบูรณ์** 67270

[4] Agro-Ecological System Research and Development Institute, Kasetsart University, Phetchabun, Thailand, 67270

คำนำ

มันสำปะหลังใช้ลำต้นเป็นส่วนขยายพันธุ์ ในการปลูกควรใช้ท่อนพันธุ์ที่มีความยาว 15-20 เซนติเมตรให้ความงอกสูงกว่าท่อนพันธุ์ที่มีความยาว 5-10 เซนติเมตร (Chankam, 1994) ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่มีคุณภาพดีควรได้จากต้นที่มีอายุตั้งแต่ 8 เดือนขึ้นไปแต่ไม่ควรเกิน 18 เดือน มีความสมบูรณ์แข็งแรงปราศจากโรคและแมลง และควรใช้ท่อนพันธุ์ที่สดปลูกทันที (วิจารณ์, 2546) การใช้สารชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อให้ได้ท่อนพันธุ์ที่มีคุณภาพปราศจากโรคและแมลงที่ติดไปกับท่อนพันธุ์นั้นได้มีการใช้สารเคมีในอัตราต่างๆ กันเพื่อใช้ป้องกันดังกล่าว ยังสามารถใช้สารอินทรีย์ที่มีในธรรมชาติได้ เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีและยังสามารถนำทรัพยากรที่มีตามธรรมชาติหรือวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ได้ มีรายงานการใช้สารเคมี เช่น น้ำมันสบู่ดำคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดซึ่งมีผลต่อการลดลงของความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ด (สุปราณี และคณะ, 2554) และสารจากสารสกัดด้วยเอทานอลสามารถลดการเกิดแมลงมากกว่าการไม่ใช้สารคลุกเมล็ด (สุปราณี และคณะ, 2555) ดังนั้นจึงเป็นแนวทางในการนำท่อนพันธุ์มาคลุกสารเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิต การวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาผลของการใช้สารอินทรีย์และสารเคมีแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่มีต่อความงอก การเจริญเติบโต และผลผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนทดลองแบบ Split plot in RCB มี 4 ซ้ำ main plot ได้แก่พันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ห้วยบง 60 และห้วยบง 80 sub plot คือสารที่ใช้แช่ท่อนพันธุ์มัน ได้แก่ น้ำมันสบู่ดำ สารสกัดจากกากน้ำตาล (เอทธิลแอลกอฮอล์ 40%) แบคทีเรีย KPS 46 คลอไพริฟอสเมทิล และไม่คลุกสาร ปลูกทดลองที่สถานีวิจัยพืชไร่สุวรรณวาจกกสิกิจ แปลงย่อยมีขนาด 5x10 ตารางเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 3x8 ตารางเมตร เตรียมดินโดยการไถดะ 1 ครั้ง และไถแปร 1 ครั้ง ใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วยปุ๋ยคอก (มูลวัว) อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกแบบยกร่อง ใช้ระยะปลูก 1x1 เมตร ท่อนพันธุ์มีขนาดยาวประมาณ 25 เซ็นติเมตร ซึ่งคัดท่อนพันธุ์สดปลูก และก่อนปลูกแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารต่างๆ ตามกรรมวิธี ปลูกแบบปักตรง โดยปักส่วนโคนลงไปในดิน หลังปลูกประมาณ 25-30 วัน กำจัดวัชพืชและเก็บข้อมูลในแปลงทดลอง ได้แก่ วันงอก เปอร์เซ็นต์ความงอกของต้นพันธุ์ การเจริญเติบโตเช่น ความสูง จำนวนกิ่ง การเกิดโรคและแมลง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่ามีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ความงอก น้ำหนักหัวในแต่ละพันธุ์ และเปอร์เซ็นต์แป้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จำนวนหัวไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับเปอร์เซ็นต์ความงอกพบว่าพันธุ์ห้วยบง 60 และ เกษตรศาสตร์ 50 มีเปอร์เซ็นต์ไม่แตกต่างกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ 76.7 และ 74.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ห้วยบง 80 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกันโดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุดที่ 80.7 เปอร์เซ็นต์

จาก Table 2 ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสารแช่ท่อนพันธุ์ พบว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 การใช้สาร KPS 46 ให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุดเฉลี่ย 81.7 เปอร์เซ็นต์ และที่ใช้น้ำมันสบู่ดำ และ ethyl alcohol 40 เปอร์เซ็นต์ ไม่พบการทำลายของแมลง เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารพบว่ามีการทำลายของแมลงสูงสุดที่ 13.5 เปอร์เซ็นต์ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 60 พบว่าการไม่ใช้สารให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุดเฉลี่ย 84.0 เปอร์เซ็นต์ และพบการทำลายของแมลงสูงที่สุดที่ 8.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้น้ำมันสบู่ดำพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำสุดที่ 69.2 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบการทำลายของแมลงสอดคล้องกับรายงานที่ว่าเปลือกและเมล็ดของสบู่ดำหมักในน้ำสามารถใช้เป็นสารฆ่าแมลงปีกแข็งบางชนิดได้ (ณรรฐ-พล, 2541) ส่วนพันธุ์ห้วยบง 80 พบว่าการใช้สาร KPS 46 ให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุดเฉลี่ย 83.5 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบการทำลายของแมลงเมื่อใช้สารต่างๆแช่ท่อนพันธุ์ก่อนปลูก และเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารใดๆพบว่ามีการทำลายของแมลงสูงสุดที่ 11.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการใช้สารต่างๆแช่ท่อนพันธุ์ก่อนปลูกจะช่วยลดการเกิดแมลงที่ติดมากับท่อนพันธุ์ เช่นเดียวกับรายงานที่ว่าการใช้สารจากการสกัดเอทานอล แบคทีเรีย KPS 46 สารเคมี captan+chlopyrifos–methyl+PEG และน้ำมันสบู่ดำคลุกเมล็ดสามารถลดการเกิดแมลงมากกว่าการไม่ใช้สารคลุกเมล็ด (สุปราณี และคณะ, 2555)

สรุปผล

การใช้สารแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังก่อนปลูกมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก ผลผลิตหัวสด และสามารถควบคุมการทำลายของแมลงได้ช่วยให้การทำลายของแมลงลดลง แต่การใช้สารแช่ท่อนพันธุ์ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูงและจำนวนกิ่งต่อต้น และการใช้สารแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังนั้นควรคำนึงถึงอัตรา และระยะเวลาแช่ที่เหมาะสมของสารแต่ละชนิดซึ่งจะมีความเข้มข้นและประสิทธิภาพการทำลายแตกต่างกัน ดินในแปลงปลูกควรจะมีความชื้นพอควร และควรใช้ท่อนพันธุ์ที่สมบูรณ์และสดปลูก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ. มก.) โครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่าง มก.และโครงการวิจัยมันสำปะหลังที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กิ่งกานท์ พานิชนอก ยุวดี อ่วมสำเนียง วราภรณ์ วงศ์พิลา และ ปวีณา ทองเหลือง, 2555, ผลของสารเคมีและอินทรีย์คลุกเมล็ดพันธุ์ต่อความงอก และผลผลิตของข้าวโพดหวาน, รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 5, 31พฤษภาคม–1 มิถุนายน 2555 ณ สวนแสนปาล์มรีสอร์ท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, จ. นครปฐม, หน้า, 307-316.

ณรรฐพล วัลลีย์ลักษณ์, 2541, รายชื่อพืชยาฆ่าแมลงบางชนิดในประเทศไทย, รายงานการประชุมสัมมนาพืชสารฆ่าแมลงในการทำเกษตร, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, หน้า 92.

วิจารณ์ วิชชุกิจ, 2546, การเขตกรรมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง, เอกสารประกอบการฝึกอบรมเพื่อสร้างวิทยากรมันสำปะหลังในท้องถิ่น, 30 เมษายน-4 พฤษภาคม 2546. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 5-1 -5-29.

สุปราณี งามประสิทธิ์ กิ่งกานท์ พานิชนอก ฉัตรพงศ์ บาลลา นพพงศ์ จุลจอหอ ยุวดี อ่วมสำเนียง วราภรณ์ วงศ์พิลา และ ปวีณา ทองเหลือง, 2554, ผลของน้ำมันสบู่ดำคลุกเมล็ดพันธุ์ที่มีต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, รายงานการประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติครั้งที่ 35, 24-27 พฤษภาคม 2554 ณ โรงแรมมารวยการ์เด้น, กรุงเทพฯ, หน้า, 384-397.

Chankam, C., 1994, Stake quality and multiplication of cassava, Report of the Seminar on Cassava Production Problem, Utilization and Minimizing the Cost of Production, Held in Pattaya, Chonburi, Thailand, 1-3 September 1994: 132-148.

Table 1 Effect on germination percentage, fresh root yield and root start content of 3 cassava cultivars planted during January 2010 to July 2011.

Cultivars	Germination (%)	No fresh root (tuber/ha)	Weight of fresh root yield (kg/ha)	Root start content (%)
Kasetsart 50	74.6 b	131,000.0	101,295.0 a	26.6 a
Huey Bong 60	76.7 b	114,500.0	80,400.0 b	23.0 b
Huey Bong 80	80.7 a	108,500.0	72,280.0 b	22.7 b
mean	77.3	118,000.0	84,673.3	24.1
C.V. (%)	5.4	17.8	24.1	14.3
F-Test	*	ns	*	*

*= significant at P<0.05, ns= non significant

Table 2 Effect on germination percentage, agronomy of characteristic, insect infected and root starch content of 3 cassava cultivars planted during January 2010 to July 2011.

Cultivars	Substances	Germination (%)	Plant height (cm)	Shoot per plant	Insect infected (%) 2 months after planted	Root start content (%)
Kasetsart 50 (KU 50)	Physic nut oil	68.0 g	186.1	2.0	0.0 b	28.2
	Ethyl-alcohol 40%	74.2 d-f	188.5	2.0	0.0 b	28.7
	KPS 46	81.7 a-c	165.9	2.0	2.2 b	27.6
	Chlopiriphos-methyl	72.0 e-g	155.9	2.2	2.3 b	26.8
	Non treated	77.2 b-e	167.2	1.5	13.5 a	21.9
Huey Bong 60 (HB 60)	Physic nut oil	69.2 f-g	162.4	2.2	0.0 b	24.0
	Ethyl-alcohol 40%	73.5 e-g	154.7	2.0	1.1 b	23.3
	KPS 46	77.0 c-e	175.7	2.0	1.1 b	23.5
	Chlopiriphos-methyl	79.7 a-d	154.5	2.0	1.1 b	23.8
	Non treated	84.0 a	168.2	1.5	8.9 a	20.4
Huey Bong 80 (HB 80)	Physic nut oil	69.5 f-g	159.7	2.0	0.0 b	21.5
	Ethyl-alcohol 40%	81.7 a-c	173.4	2.0	1.1 b	21.6
	KPS 46	83.5 a	172.9	2.0	0.0 b	24.5
	Chlopiriphos-methyl	83.2 a-b	160.1	2.2	0.0 b	24.6
	Non treated	85.5 a	179.7	2.0	11.3 a	21.4
mean		77.3	168.3	2.0	2.9	24.1
C.V. (%)		5.4	10.5	35.7	130.2	14.3
F-Test		*	ns	ns	*	ns

*= significant at $P<0.05$, ns= non significant

การวิเคราะห์พันธุกรรมของยางพาราพันธุ์พื้นเมืองโดยใช้เครื่องหมายอาร์เอพีดี และการศึกษาอิทธิพลของต้นตอพื้นเมืองต่อการเจริญเติบโตของกิ่งพันธุ์ RRIM 600

Genetic Analysis of Indigenous Rubber Rootstock by RAPD Markers and Influence of Rootstocks on Scion Growth (RRIM 600)

รัชนีกร แก้วจุลกาญจน์[1,2] และ จรัสศรี นวลศรี[1]
Kaewjullakan, R.[1,2] and Nualsri, C.[1]

Abstract

Influence of rootstock on growth and development of scion (RRIM 600) was carried out at the experimental field and Biotechnology Laboratory in Plant Science Department, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University Hat Yai Campus. RRIM 600 was budded on indigenous rootstock from 5 different sources: one from Prince of Songkla University, Songkhla province and four from Nakornsi-tammarat province. The experimental design was arranged in Completely Randomized Design (CRD) with 16 replications. Genetic analysis and relatedness of indigenous rootstock were studied by RAPD with 6 primers, RRIM 600 was included. Cluster analysis was analyzed using the UPGMA algorithm and it was revealed that all rootstocks and the RRIM 600 could be separated into 6 groups based on seed sources. The similarity coefficients varied from 0.468-0.952. Influence of rootstock on growth and development of RRIM 600 was investigated during 27 weeks after shoot of rootstock were cut. Results indicated that the best rootstocks in the present study were from Chandee district, Amphur Nabon, Nakornsi-tammarat province (sources no. 2), followed by rootstocks from Prince of Songkla University. The average height, diameter and leaf number of RRIM 600 on those rootstocks were 2.66 and 2.52 centimeters, 263.50 and 255.54 centimeters and 68.93 and 56.90 leaves, respectively.

Keywords: rubber rootstock, graft budding, stock and scion interaction, RAPD

บทคัดย่อ

จากการศึกษาอิทธิพลของต้นตอยางพาราพันธุ์พื้นเมืองต่อการเจริญเติบโตของกิ่งตา RRIM 600 ที่ทำการทดลอง ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชศาสตร์และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพพืชปลูก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยใช้กิ่งตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 ติดตาบนต้นตอที่แตกต่างกันจาก 5 แหล่งจาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 1 แหล่ง และจังหวัดนครศรีธรรมราชอีก 4 แหล่ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จากการศึกษาพันธุกรรมและความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของต้นตอเปรียบเทียบกับพันธุ์ RRIM 600 โดยใช้เทคนิคอาร์เอพีดี ด้วยไพรเมอร์ 6 ไพรเมอร์ วิเคราะห์การจัดกลุ่มด้วย UPGMA สามารถจัดกลุ่มต้นตอได้ทั้งหมด 6 กลุ่ม ซึ่งส่วนใหญ่แยกตามสถานที่ที่มาของตัวอย่าง โดยค่าดัชนีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมอยู่ระหว่าง 0.468-0.952 และเมื่อทำการศึกษาอิทธิพลของต้นตอที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของกิ่งพันธุ์ RRIM 600 ในระยะเวลา 27 สัปดาห์ หลังตัดยอดของต้นตอ พบว่ากลุ่มต้นตอที่ได้จากการเพาะเมล็ดที่เก็บมาจากบ้านจันดี อำเภอนาบอน จังหวัดนครศรีธรรมราช (แหล่งที่ 2) และต้นบริเวณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกิ่งตาพันธุ์ RRIM 600 ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 2.66 และ 2.52 เซนติเมตร ความยาวยอดใหม่ 263.50 และ 255.54 เซนติเมตร และจำนวนใบ 68.93 และ 56.90 ใบ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ต้นตอยางพารา การติดตา ความเข้ากันได้ระหว่างต้นตอและกิ่งพันธุ์ดี อาร์เอพีดี

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

[1] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112

[2] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

[2] Center of Excellence on Agricultural Biotechnology: (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok 10900.

คำนำ

ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) เป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญยิ่งของประเทศไทยและภูมิภาคอาเซียน (นุชนารถ และอรวรรณ, 2550) นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2444 ที่ประเทศไทยเริ่มมีการปลูกยางพาราเป็นครั้งแรก และมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างแพร่หลายจนเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ และไทยยังเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางพาราอันดับหนึ่งของโลก การปลูกยางพาราในสมัยแรกๆ จะปลูกด้วยเมล็ดซึ่งให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากเมล็ด ที่นำมาปลูกนั้นเป็นเมล็ดผสมเปิด แม้จะให้ผลผลิตต่ำแต่ยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกจะมีความแข็งแรงตามธรรมชาติ ทำให้ได้ต้นยางพาราที่สามารถต้านทานต่อการเกิดโรค ต่อมาเมื่อมีการนำยางพาราพันธุ์ดีมาปลูกทดแทน และโค่นยางพาราพันธุ์พื้นเมืองหรือพันธุ์ดั้งเดิมหมด ต้นตอยางพาราที่ใช้ส่วนใหญ่จึงเป็นต้นกล้าที่ได้จากเมล็ดจากพันธุ์ RRIM 600 ทำให้ประสบปัญหาเรื่องโรคยางพารามากขึ้น ความสามารถในการหาอาหารและปรับตัวต่อสภาพดินที่ไม่อุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะโรคราก เช่น โรครากขาว รากน้ำตาล เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันพบการระบาดของโรครากขาวในหลายพื้นที่ปลูกทางภาคใต้ การเข้าทำลายของโรคก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตยางพาราทั้งทางตรงและทางอ้อมทำให้ต้นยางพาราได้รับ ความเสียหายและตายในที่สุด มีงานทดลองที่แสดงให้เห็นชัดว่าพันธุ์ RRIM 600 เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรครากขาว (อุไร และคณะ, 2538) ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะหายางพาราพันธุ์พื้นเมืองหรือพันธุ์ดั้งเดิมที่มีความทนทานต่อโรครากขาว เพื่อนำมาใช้เป็นต้นตอก่อนที่พันธุ์เหล่านั้นจะสูญหายไป อย่างไรก็ตามต้นตอยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่มีศักยภาพอาจมีพันธุกรรมแตกต่างจากยางพาราพันธุ์ดีมาก มีผลทำให้เกิดการเข้ากันไม่ได้ (incompatibility) ระหว่างต้นตอพันธุ์พื้นเมืองและกิ่งตายางพาราพันธุ์ดี ดังนั้นการศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมของต้นกล้าพื้นเมืองแต่ละกลุ่ม รวมไปถึงการพัฒนาการของกิ่งพันธุ์ดีบนต้นตอกลุ่มต่างๆ จะเป็นประโยชน์ในการคัดเลือกต้นตอที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสร้างสวนยางอย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บรวบรวมเมล็ดพันธุ์ยางพื้นเมืองจากจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดสงขลา นำเมล็ดมาเพาะที่แปลงทดลองภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับใช้เป็นต้นตอในการติดตากับกิ่งตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 16 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น ต้นกล้าจำนวน 5 กลุ่มได้จากแหล่งต่างๆ ดังนี้ 1) บริเวณคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 2) บ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราชแหล่ง 1 3) บ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช แหล่ง 2 4) บ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช แหล่ง 3 และ 5) บ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช โดยคัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดและความสูงใกล้เคียงกัน เมื่อต้นยางพาราอายุประมาณ 6-8 เดือน นำตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 มาติดบนต้นตอที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นสุ่มเก็บใบยางพาราจากต้นตอและกิ่งตาพันธุ์ RRIM 600 มาสกัดดีเอ็นเอเพื่อทำการศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมของต้นตอและกิ่งตา โดยใช้เทคนิคอาร์เอพีดี จากไพรเมอร์จำนวน 6 ไพรเมอร์ที่สามารถให้ความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอชัดเจน (กรกช, 2550) คือ OPB-17, OPR-02, OPR-11, OPZ-04, OPAD-01 และ OPAD-10 จาก (Operon, U.S.A.) นำแถบดีเอ็นเอไปวิเคราะห์หาความใกล้ชิดทางพันธุกรรม ด้วยการวิเคราะห์ UPGMA cluster analysis หาค่า Similarity coefficient โดยวิธีของ Jaccard ศึกษาปฏิกิริยาระหว่างต้นตอและตาพันธุ์ RRIM 600 หลังจากติดตาไปแล้วประมาณ 21 วันถ้าแผ่นตายังเขียวอยู่แสดงว่าติดตาเป็นผลสำเร็จทำการตัดยอดของต้นตอออกเพื่อให้ตาที่ติดไว้แตกใหม่ บันทึกการเจริญเติบโตของตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 บนต้นตอพันธุ์พื้นเมืองที่แตกต่างกันทุก 2 สัปดาห์ ข้อมูลที่บันทึกมีดังนี้ เปอร์เซ็นต์การติดตาสำเร็จ จำนวนวันที่แตกตาใหม่หลังจากตัดยอดของต้นตอ ความยาวของยอดใหม่ที่เกิดขึ้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของยอดใหม่ และจำนวนใบ

ผลการทดลอง

ผลจากการวิเคราะห์หาดัชนีความใกล้ชิดทางพันธุกรรม ของยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่ใช้เป็นต้นตอ และยางพาราพันธุ์ RRIM 600 จากเดนโดรแกรมสามารถจัดกลุ่มตามความสัมพันธ์และความใกล้ชิดทางพันธุกรรมได้เป็น 6 กลุ่มตามแหล่งที่มาของเมล็ด ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บเมล็ดบริเวณคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ กลุ่มที่ 2 กลุ่มยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บเมล็ดจากแหล่งที่ 1 กลุ่มที่ 3 กลุ่มยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บเมล็ดจากแหล่งที่ 2 กลุ่มที่ 4 กลุ่มยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บเมล็ดจากแหล่งที่ 3 กลุ่มที่ 5 กลุ่มยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บเมล็ดจากแหล่งที่ 2 บ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช กลุ่มที่ 6 ยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ที่ใช้เป็นตายางพาราพันธุ์ดี ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของตัวแทนยางพาราพันธุ์ RRIM

600 ที่ใช้เป็นตายางพาราพันธุ์ดี และยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่ใช้เป็นต้นตอ มีค่าอยู่ในช่วง 0.468–0.952 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.696 โดยกลุ่มต้นกล้าจาก อ. นาบอน แหล่งที่ 3 มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกับ RRIM 600 สูงที่สุด (0.666) ในขณะที่กลุ่มต้นกล้าจาก อ. นาบอน แหล่งที่ 4 มีความห่างไกลกับพันธุ์ RRIM 600 มากที่สุดโดยมีค่า similarity coefficient เท่ากับ 0.550

ผลการศึกษาอิทธิพลของต้นตอจากแหล่งต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของของตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 หลังจากตัดยอดของต้นตอไปแล้ว 27 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มต้นตอจากต้นยางพื้นเมืองจากบ้านจันดี อ.นาบอน จ. นครศรีธรรมราช แหล่งที่ 2 ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกิ่งตาพันธุ์ RRIM 600 ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 2.66 เซนติเมตร ความยาวยอดใหม่ 263.50 เซนติเมตร และจำนวนใบ 68.93 ใบ ซึ่งใกล้เคียงกับต้นตอจากต้นในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 2.52 เซนติเมตร ความยาวยอดใหม่ 255.54 เซนติเมตร และจำนวนใบ 56.90 ใบ ในขณะที่กลุ่มต้นตอจากการเพาะเมล็ดที่เก็บมาจากบ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช (แหล่งที่ 3) มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 2.20 เซนติเมตร ความยาวยอดใหม่ 208.53 เซนติเมตร จำนวนใบกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเป็นกลุ่มที่ได้จากการเพาะเมล็ดที่เก็บมาจากบ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช (แหล่งที่ 4) อยู่ที่ 50.31 ใบ

วิจารณ์ผล

Goncalves และ Martin (2002) รายงานว่า ผลผลิตของยางพารามีความแตกต่างกันประมาณ 18-20% จากการใช้ต้นตอพันธุ์ต่างๆ แสดงให้เห็นว่าต้นตอมีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตน้ำยาง อีกทั้งต้นตอที่ดีสามารถเข้ากันได้ดีกับกิ่งตาพันธุ์ดีทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นในระยะแรกรวดเร็วขึ้น จากการศึกษาการเจริญเติบโตทางลำต้นของยางพาราพันธุ์ RRIM 600 บนต้นตอยางพาราพื้นเมืองทั้ง 5 กลุ่มในครั้งนี้ แม้จะไม่พบความแตกต่างทางสถิติเนื่องจากระยะเวลาที่เก็บข้อมูลยังสั้นอยู่ แต่มีแนวโน้มว่ากิ่งตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 บนต้นตอจากบ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช แหล่งที่ 2 มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนใบสูงกว่าต้นตอจากกลุ่มอื่น ซึ่งหากพิจารณาค่าความใกล้ชิดทางพันธุกรรมเมื่อวิเคราะห์โดยใช้เครื่องหมายอาร์เอพีดีพบว่าไม่สอดคล้องกัน เพราะ RRIM 600 มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกับต้นตอจาก อ. นาบอน แหล่งที่ 4 มากที่สุด แต่การเจริญเติบโตของพันธุ์ RRIM 600 บนต้นตอกลุ่มนี้กลับต่ำที่สุด เช่นกัน อย่างไรก็ตามกิ่งตาพันธุ์ RRIM 600 แตกตาได้เร็วที่สุดบนต้นตอเหล่านี้ และใช้เวลาในการแตกตาเร็วกว่าการใช้ต้นตอกลุ่มอื่น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปัจจัยอื่นที่เป็นสาเหตุของการเข้ากันไม่ได้ระหว่างต้นตอและกิ่งพันธุ์ดี จากการทดลองของ Goncalves และ Martin (2002) พบว่าพันธุ์ RRIM600 เป็นพันธุ์ที่มีความสามารถเข้ากันได้ดีกับต้นตอหลายพันธุ์ แต่ถ้าจะให้ได้ผลดีที่สุดควรใช้ต้นตอพันธุ์ IAN 873 เช่นเดียวกับการทดสอบการเข้ากันได้ของต้นตอพื้นเมืองพันธุ์ต่างๆ ในครั้งนี้ที่พบว่าพันธุ์ RRIM 600 เข้ากันได้ดีที่สุดกับต้นตอพื้นเมืองจาก อ. นาบอน แหล่งที่ 4

สรุปผล

ศึกษาการเจริญเติบโตของกิ่งตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 บนต้นตอพันธุ์พื้นเมืองที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน พบว่ากิ่งตามีการเจริญทางด้านความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนใบได้ดีที่สุดบนต้นตอกลุ่มที่ได้จากการเพาะเมล็ดยางพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บจาก อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราชแหล่งที่ 2 รองลงมาคือต้นตอที่ได้จากเมล็ดของต้นพันธุ์พื้นเมืองในบริเวณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งพบว่าไม่ได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความใกล้ชิดทางพันธุกรรม ระหว่างต้นตอและกิ่งพันธุ์ดี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ และส่วนหนึ่งของงานวิจัยได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ

เอกสารอ้างอิง

กรกช นาคคนอง, 2550, การวิเคราะห์พันธุกรรมของยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) พันธุ์ดั้งเดิมและพันธุ์แนะนำโดยใช้เครื่องหมายอาร์เอพีดี และไมโครแซทเทลไลท์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นุชนารถ กังพิศดาล และ อรวรรณ ทองเนื้องาม, 2550, ศักยภาพการผลิตยางของไทย, วารสารยางพารา, 28: 42-52.

อุไร จันทรประทิน บัญญัติ สิทธิผล ประภา พัฒนากุล นริศา จันทร์เรือง และ ประสาน ศุภผล, 2538, การคัดพันธุ์ต้านทานโรครากขาว, รายงานการวิจัยของสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

Goncalves, P.S. and Martins, A.L.M., 2002, Combining Ability Effects of Clonal Rootstock and Scion in Rubber Trees (Hevea), Crop Breeding and Applied Biotechnology, 2: 445-452.

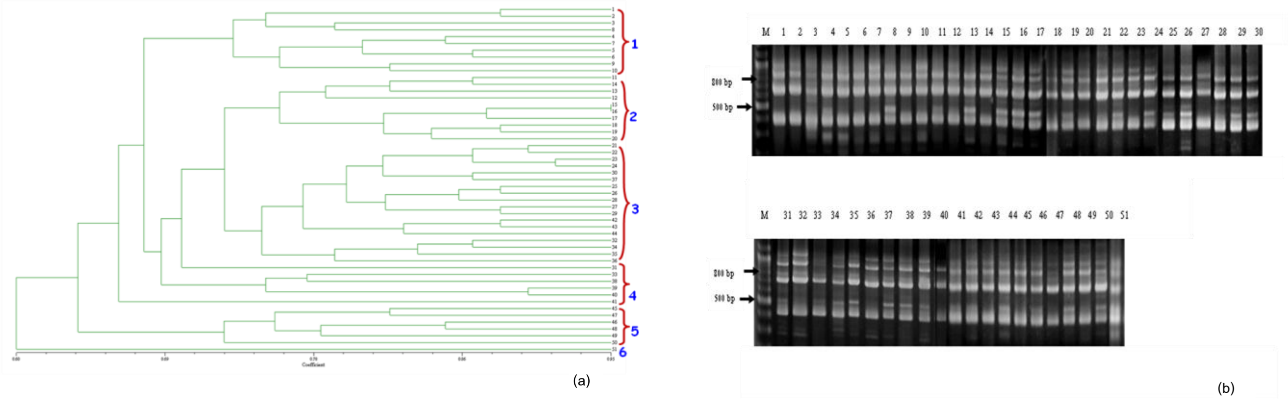


Figure 1 Dendrogram showing genetic similarities among scion (RRIM 600) and indigenous rootstock (a) and DNA pattern from RAPD technique with primer OPZ-04. Lane1-10 are rootstock from Prince of Songkla University, Chandee district, Amphur Nabon, Nakornsi-tammarat province (lanes 11-20 :sources no. 1), lanes 21-30 (sources no. 2), lanes 31-40 (sources no. 3) lanes 41-50 (sources no. 4) and lane 51 is RRIM 600, M is DNA Ladder 100 bp.

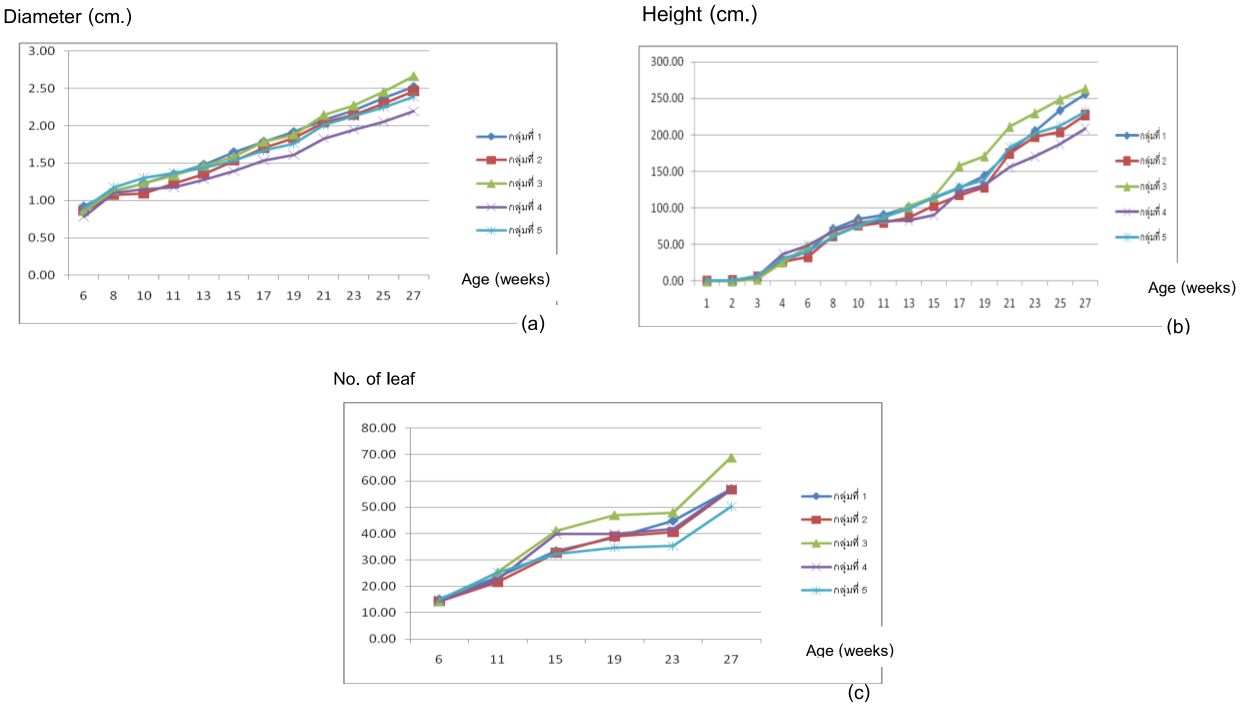


Figure 2 Influence of various indigenous rootstock on scion growth of RRIM 600: (a) stem diameter (b) plant height (c) number of leaf.

การวิเคราะห์พันธุกรรมของยางพาราพันธุ์พื้นเมืองโดยใช้เครื่องหมายอาร์เอพีดี และการศึกษาอิทธิพลของต้นตอพื้นเมืองต่อการเจริญเติบโตของกิ่งพันธุ์ RRIM 600

Genetic Analysis of Indigenous Rubber Rootstock by RAPD Markers and Influence of Rootstocks on Scion Growth (RRIM 600)

รัชนีกร แก้วจุลกาญจน์[1, 2] **และ จรัสศรี นวลศรี**[1]
Kaewjullakan, R.[1, 2] and Nualsri, C.[1]

Abstract

Influence of rootstock on growth and development of scion (RRIM 600) was carried out at the experimental field and Biotechnology Laboratory in Plant Science Department, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University Hat Yai Campus. RRIM 600 was budded on indigenous rootstock from 5 different sources: one from Prince of Songkla University, Songkhla province and four from Nakornsi-tammarat province. The experimental design was arranged in Completely Randomized Design (CRD) with 16 replications. Genetic analysis and relatedness of indigenous rootstock were studied by RAPD with 6 primers, RRIM 600 was included. Cluster analysis was analyzed using the UPGMA algorithm and it was revealed that all rootstocks and the RRIM 600 could be separated into 6 groups based on seed sources. The similarity coefficients varied from 0.468-0.952. Influence of rootstock on growth and development of RRIM 600 was investigated during 27 weeks after shoot of rootstock were cut. Results indicated that the best rootstocks in the present study were from Chandee district, Amphur Nabon, Nakornsi-tammarat province (sources no. 2), followed by rootstocks from Prince of Songkla University. The average height, diameter and leaf number of RRIM 600 on those rootstocks were 2.66 and 2.52 centimeters, 263.50 and 255.54 centimeters and 68.93 and 56.90 leaves, respectively.
Keywords: rubber rootstock, graft budding, stock and scion interaction, RAPD

บทคัดย่อ

จากการศึกษาอิทธิพลของต้นตอยางพาราพันธุ์พื้นเมืองต่อการเจริญเติบโตของกิ่งตา RRIM 600 ที่ทำการทดลอง ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชศาสตร์และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพพืชปลูก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยใช้กิ่งตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 ติดตาบนต้นตอที่แตกต่างกันจาก 5 แหล่งจาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 1 แหล่ง และจังหวัดนครศรีธรรมราชอีก 4 แหล่ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จากการศึกษาพันธุกรรมและความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของต้นตอเปรียบเทียบกับพันธุ์ RRIM 600 โดยใช้เทคนิคอาร์เอพีดี ด้วยไพรเมอร์ 6 ไพรเมอร์ วิเคราะห์การจัดกลุ่มด้วย UPGMA สามารถจัดกลุ่มต้นตอได้ทั้งหมด 6 กลุ่ม ซึ่งส่วนใหญ่แยกตามสถานที่ที่มาของตัวอย่าง โดยค่าดัชนีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมอยู่ระหว่าง 0.468-0.952 และเมื่อทำการศึกษาอิทธิพลของต้นตอที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของกิ่งพันธุ์ RRIM 600 ในระยะเวลา 27 สัปดาห์ หลังตัดยอดของต้นตอ พบว่ากลุ่มต้นตอที่ได้จากการเพาะเมล็ดที่เก็บมาจากบ้านจันดี อำเภอนาบอน จังหวัดนครศรีธรรมราช (แหล่งที่ 2) และต้นบริเวณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกิ่งตาพันธุ์ RRIM 600 ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 2.66 และ 2.52 เซนติเมตร ความยาวยอดใหม่ 263.50 และ 255.54 เซนติเมตร และจำนวนใบ 68.93 และ 56.90 ใบ ตามลำดับ
คำสำคัญ: ต้นตอยางพารา การติดตา ความเข้ากันได้ระหว่างต้นตอและกิ่งพันธุ์ดี อาร์เอพีดี

[1] **ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112**
[1] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112
[2] **ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900**
[2] Center of Excellence on Agricultural Biotechnology: (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok 10900.

คำนำ

ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) เป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญยิ่งของประเทศไทยและภูมิภาคอาเซียน (นุชนารถ และอรวรรณ, 2550) นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2444 ที่ประเทศไทยเริ่มมีการปลูกยางพาราเป็นครั้งแรก และมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างแพร่หลายจนเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ และไทยยังเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางพาราอันดับหนึ่งของโลก การปลูกยางพาราในสมัยแรกๆ จะปลูกด้วยเมล็ดซึ่งให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากเมล็ดที่นำมาปลูกนั้นเป็นเมล็ดผสมเปิด แม้จะให้ผลผลิตต่ำแต่ยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกจะมีความแข็งแรงตามธรรมชาติ ทำให้ได้ต้นยางพาราที่สามารถต้านทานต่อการเกิดโรค ต่อมาเมื่อมีการนำยางพาราพันธุ์ดีมาปลูกทดแทน และโค่นยางพาราพันธุ์พื้นเมืองหรือพันธุ์ดั้งเดิมหมด ต้นตอยางพาราที่ใช้ส่วนใหญ่จึงเป็นต้นกล้าที่ได้จากเมล็ดจากพันธุ์ RRIM 600 ทำให้ประสบปัญหาเรื่องโรคยางพารามากขึ้น ความสามารถในการหาอาหารและปรับตัวต่อสภาพดินที่ไม่อุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะโรคราก เช่น โรครากขาว รากน้ำตาล เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันพบการระบาดของโรครากขาวในหลายพื้นที่ปลูกทางภาคใต้ การเข้าทำลายของโรคก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตยางพาราทั้งทางตรงและทางอ้อมทำให้ต้นยางพาราได้รับ ความเสียหายและตายในที่สุด มีงานทดลองที่แสดงให้เห็นชัดว่าพันธุ์ RRIM 600 เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรครากขาว (อุไร และคณะ, 2538) ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะหายางพาราพันธุ์พื้นเมืองหรือพันธุ์ดั้งเดิมที่มีความทนทานต่อโรครากขาว เพื่อนำมาใช้เป็นต้นตอก่อนที่พันธุ์เหล่านั้นจะสูญหายไป อย่างไรก็ตามต้นตอยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่มีศักยภาพอาจมีพันธุกรรมแตกต่างจากยางพาราพันธุ์ดีมาก มีผลทำให้เกิดการเข้ากันไม่ได้ (incompatibility) ระหว่างต้นตอพันธุ์พื้นเมืองและกิ่งตายางพาราพันธุ์ดี ดังนั้นการศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมของต้นกล้าพื้นเมืองแต่ละกลุ่ม รวมไปถึงการพัฒนาการของกิ่งพันธุ์ดีบนต้นตอกลุ่มต่างๆ จะเป็นประโยชน์ในการคัดเลือกต้นตอที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสร้างสวนยางอย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บรวบรวมเมล็ดพันธุ์ยางพื้นเมืองจากจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดสงขลา นำเมล็ดมาเพาะที่แปลงทดลองภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับใช้เป็นต้นตอในการติดตากับกิ่งตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 16 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น ต้นกล้าจำนวน 5 กลุ่มได้จากแหล่งต่างๆ ดังนี้ 1) บริเวณคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 2) บ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราชแหล่ง 1 3) บ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช แหล่ง 2 4) บ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช แหล่ง 3 และ 5) บ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช โดยคัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดและความสูงใกล้เคียงกัน เมื่อต้นยางพาราอายุประมาณ 6-8 เดือน นำตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 มาติดบนต้นตอที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นสุ่มเก็บใบยางพาราจากต้นตอและกิ่งตาพันธุ์ RRIM 600 มาสกัดดีเอ็นเอเพื่อทำการศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมของต้นตอและกิ่งตา โดยใช้เทคนิคอาร์เอพีดี จากไพรเมอร์จำนวน 6 ไพรเมอร์ที่สามารถให้ความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอชัดเจน (กรกช, 2550) คือ OPB-17, OPR-02, OPR-11, OPZ-04, OPAD-01 และ OPAD-10 จาก (Operon, U.S.A.) นำแถบดีเอ็นเอไปวิเคราะห์หาความใกล้ชิดทางพันธุกรรม ด้วยการวิเคราะห์ UPGMA cluster analysis หาค่า Similarity coefficient โดยวิธีของ Jaccard ศึกษาปฏิกิริยาระหว่างต้นตอและตาพันธุ์ RRIM 600 หลังจากติดตาไปแล้วประมาณ 21 วันถ้าแผ่นตายังเขียวอยู่แสดงว่าติดตาเป็นผลสำเร็จทำการตัดยอดของต้นตอออกเพื่อให้ตาที่ติดไว้แตกใหม่ บันทึกการเจริญเติบโตของตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 บนต้นตอพันธุ์พื้นเมืองที่แตกต่างกันทุก 2 สัปดาห์ ข้อมูลที่บันทึกมีดังนี้ เปอร์เซ็นต์การติดตาสำเร็จ จำนวนวันที่แตกตาใหม่หลังจากตัดยอดของต้นตอ ความยาวของยอดใหม่ที่เกิดขึ้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของยอดใหม่ และจำนวนใบ

ผลการทดลอง

ผลจากการวิเคราะห์หาดัชนีความใกล้ชิดทางพันธุกรรม ของยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่ใช้เป็นต้นตอ และยางพาราพันธุ์ RRIM 600 จากเดนโดรแกรมสามารถจัดกลุ่มตามความสัมพันธ์และความใกล้ชิดทางพันธุกรรมได้เป็น 6 กลุ่มตามแหล่งที่มาของเมล็ด ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บเมล็ดบริเวณคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ กลุ่มที่ 2 กลุ่มยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บเมล็ดจากแหล่งที่ 1 กลุ่มที่ 3 กลุ่มยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บเมล็ดจากแหล่งที่ 2 กลุ่มที่ 4 กลุ่มยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บเมล็ดจากแหล่งที่ 3 กลุ่มที่ 5 กลุ่มยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บเมล็ดจากแหล่งที่ 2 บ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช กลุ่มที่ 6 ยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ที่ใช้เป็นตายางพาราพันธุ์ดี ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของตัวแทนยางพาราพันธุ์ RRIM

600 ที่ใช้เป็นตายางพาราพันธุ์ดี และยางพาราพันธุ์พื้นเมืองที่ใช้เป็นต้นตอ มีค่าอยู่ในช่วง 0.468–0.952 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.696 โดยกลุ่มต้นกล้าจาก อ. นาบอน แหล่งที่ 3 มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกับ RRIM 600 สูงที่สุด (0.666) ในขณะที่กลุ่มต้นกล้าจาก อ. นาบอน แหล่งที่ 4 มีความห่างไกลกับพันธุ์ RRIM 600 มากที่สุดโดยมีค่า similarity coefficient เท่ากับ 0.550

ผลการศึกษาอิทธิพลของต้นตอจากแหล่งต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของของตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 หลังจากตัดยอดของต้นตอไปแล้ว 27 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มต้นตอจากต้นยางพื้นเมืองจากบ้านจันดี อ.นาบอน จ. นครศรีธรรมราช แหล่งที่ 2 ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกิ่งตาพันธุ์ RRIM 600 ดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 2.66 เซนติเมตร ความยาวยอดใหม่ 263.50 เซนติเมตร และจำนวนใบ 68.93 ใบ ซึ่งใกล้เคียงกับต้นตอจากต้นในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 2.52 เซนติเมตร ความยาวยอดใหม่ 255.54 เซนติเมตร และจำนวนใบ 56.90 ใบ ในขณะที่กลุ่มต้นตอจากการเพาะเมล็ดที่เก็บมาจากบ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช (แหล่งที่ 3) มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 2.20 เซนติเมตร ความยาวยอดใหม่ 208.53 เซนติเมตร จำนวนใบกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเป็นกลุ่มที่ได้จากการเพาะเมล็ดที่เก็บมาจากบ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช (แหล่งที่ 4) อยู่ที่ 50.31 ใบ

วิจารณ์ผล

Goncalves และ Martin (2002) รายงานว่า ผลผลิตของยางพารามีความแตกต่างกันประมาณ 18-20% จากการใช้ต้นตอพันธุ์ต่างๆ แสดงให้เห็นว่าต้นตอมีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตน้ำยาง อีกทั้งต้นตอที่ดีสามารถเข้ากันได้ดีกับกิ่งตาพันธุ์ดีทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นในระยะแรกรวดเร็วขึ้น จากการศึกษาการเจริญเติบโตทางลำต้นของยางพาราพันธุ์ RRIM 600 บนต้นตอยางพาราพื้นเมืองทั้ง 5 กลุ่มในครั้งนี้ แม้จะไม่พบความแตกต่างทางสถิติเนื่องจากระยะเวลาที่เก็บข้อมูลยังสั้นอยู่ แต่มีแนวโน้มว่ากิ่งตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 บนต้นตอจากบ้านจันดี อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราช แหล่งที่ 2 มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนใบสูงกว่าต้นตอจากกลุ่มอื่น ซึ่งหากพิจารณาค่าความใกล้ชิดทางพันธุกรรมเมื่อวิเคราะห์โดยใช้เครื่องหมายอาร์เอพีดีพบว่า ไม่สอดคล้องกัน เพราะ RRIM 600 มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกับต้นตอจาก อ. นาบอน แหล่งที่ 4 มากที่สุด แต่การเจริญเติบโตของพันธุ์ RRIM 600 บนต้นตอกลุ่มนี้กลับต่ำที่สุด เช่นกัน อย่างไรก็ตามกิ่งตาพันธุ์ RRIM 600 แตกตาได้เร็วที่สุดบนต้นตอเหล่านี้ และใช้เวลาในการแตกตาเร็วกว่าการใช้ต้นตอกลุ่มอื่น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปัจจัยอื่นที่เป็นสาเหตุของการเข้ากันไม่ได้ระหว่างต้นตอและกิ่งพันธุ์ดี จากการทดลองของ Goncalves และ Martin (2002) พบว่าพันธุ์ RRIM600 เป็นพันธุ์ที่มีความสามารถเข้ากันได้ดีกับต้นตอหลายพันธุ์ แต่ถ้าจะให้ได้ผลดีที่สุดควรใช้ต้นตอพันธุ์ IAN 873 เช่นเดียวกับการทดสอบการเข้ากันได้ของต้นตอพื้นเมืองพันธุ์ต่างๆ ในครั้งนี้ที่พบว่าพันธุ์ RRIM 600 เข้ากันได้ดีที่สุดกับต้นตอพื้นเมืองจาก อ. นาบอน แหล่งที่ 4

สรุปผล

ศึกษาการเจริญเติบโตของกิ่งตายางพาราพันธุ์ RRIM 600 บนต้นตอพันธุ์พื้นเมืองที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน พบว่ากิ่งตามีการเจริญทางด้านความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนใบได้ดีที่สุดบนต้นตอกลุ่มที่ได้จากการเพาะเมล็ดยางพันธุ์พื้นเมืองที่เก็บจาก อ. นาบอน จ. นครศรีธรรมราชแหล่งที่ 2 รองลงมาคือต้นตอที่ได้จากเมล็ดของต้นพันธุ์พื้นเมืองในบริเวณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งพบว่าไม่ได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความใกล้ชิดทางพันธุกรรม ระหว่างต้นตอและกิ่งพันธุ์ดี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สำหรับทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ และส่วนหนึ่งของงานวิจัยได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ

เอกสารอ้างอิง

กรกช นาคคนอง, 2550, การวิเคราะห์พันธุกรรมของยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) พันธุ์ดั้งเดิมและพันธุ์แนะนำโดยใช้เครื่องหมายอาร์เอพีดี และไมโครแซทเทลไลท์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นุชนารถ กังพิศดาล และ อรวรรณ ทองเนื้องาม, 2550, ศักยภาพการผลิตยางของไทย, วารสารยางพารา, 28: 42-52.

อุไร จันทรประทิน บัญญัติ สิทธิผล ประภา พัฒนากุล นริศา จันทร์เรือง และ ประสาน ศุภผล, 2538, การคัดพันธุ์ต้านทานโรครากขาว, รายงานการวิจัยของสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

Goncalves, P.S. and Martins, A.L.M., 2002, Combining Ability Effects of Clonal Rootstock and Scion in Rubber Trees (Hevea), Crop Breeding and Applied Biotechnology, 2: 445-452.

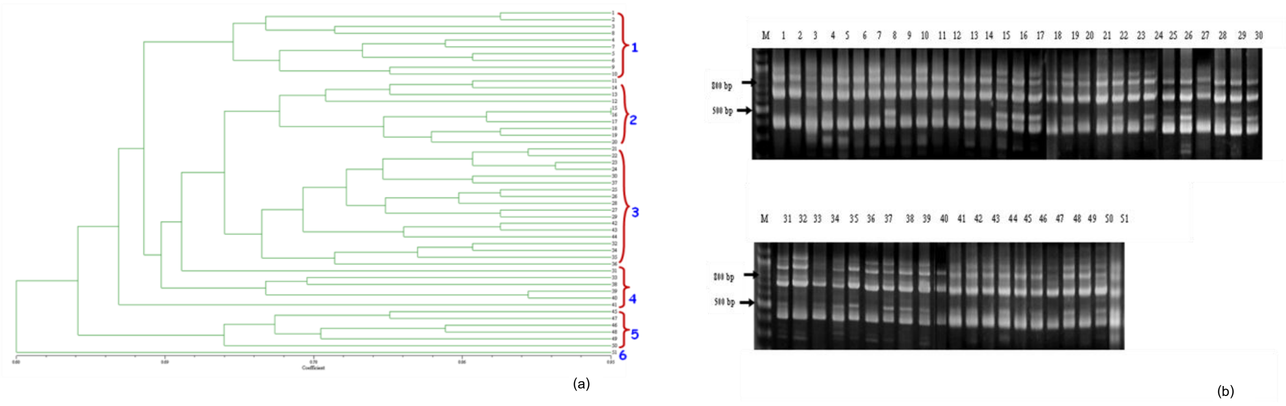


Figure 1 Dendrogram showing genetic similarities among scion (RRIM 600) and indigenous rootstock (a) and DNA pattern from RAPD technique with primer OPZ-04. Lane1-10 are rootstock from Prince of Songkla University, Chandee district, Amphur Nabon, Nakornsi-tammarat province (lanes 11-20 :sources no. 1), lanes 21-30 (sources no. 2), lanes 31-40 (sources no. 3) lanes 41-50 (sources no. 4) and lane 51 is RRIM 600, M is DNA Ladder 100 bp.

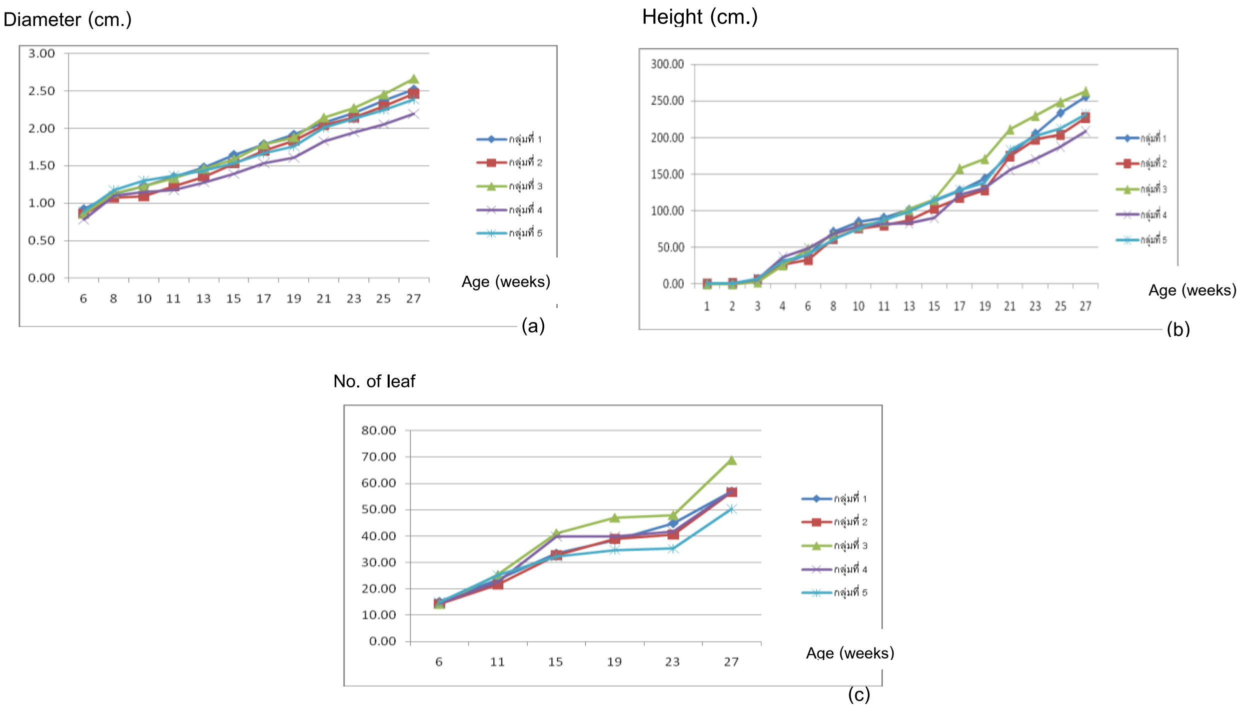


Figure 2 Influence of various indigenous rootstock on scion growth of RRIM 600: (a) stem diameter (b) plant height (c) number of leaf.

ผลของการใช้สารเมทิลจัสโมเนทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง

Effect of Methyl Jasmonate on Quality Changes and Internal Browning in Pineapple cv.Tradseethong

ฤทัยรัตน์ ทันตวิวัฒนา[1] ศิริชัย กัลยาณรัตน์[1,2] ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร[1] เฉลิมชัย วงษ์อารี[1] และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1]

Tantaviwattana, R.[1], Kanlayanarat, S.[1,2], Techavuthiporn, C.[1], Wongs-Aree, C.[1] and Boonyaritthongchai, P.[1]

Abstract

Pineapples are important to the economy of Thailand, but the physiological disorder due to storage at low temperatures, called chilling injury symtom or internal browning symptom is a limitation for storage of the fruit. This experiment was carried out to determine the effect of methyl jasmonate (MeJA) on quality changes and browning in Pineapple cv. Tradseethong. Pineapple fruit were dipped in with 0 (Control), 10^{-2} and 10^{-3} M MeJA for 5 minutes and then stored at 10°C, 85% relative humidity. Pineapple treated with MeJA showed reduced percentage of fruit weight loss, firmness and electrolyte leakage. Furthermore, pineapple treated with 10^{-2} M MeJA had the lowest browning of pulp, followed by pineapple treated with 10^{-3} M MeJA and the control. All treatments visually showed internal browning symtoms at 10 days of storage. At 20 days of storage, pineapple treated with 10^{-2} M MeJA had the lowest internal browning symtoms about 50%, followed by pineapple treated with 10^{-3} M MeJA and the control, which were 51-75% and more than 75%, respectively. The results showed significantly that 10^{-2} M MeJA treatments were able to delay internal browning in pineapples. Therefore, MeJA can be adjusted for other agricultural products to reduce the symtoms of chilling injury.

Keywords: methyl jasmonate, pineapple, chilling injury symptom

บทคัดย่อ

สับปะรดจัดเป็นพืชที่สำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยและมีศักยภาพในการส่งออกแต่มีปัญหาเรื่องการเกิดอาการสะท้านหนาวหรืออาการไส้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะเป็นตัวจำกัดอายุในการเก็บรักษาสับปะรด ในงานวิจัยนี้ศึกษาผลของสารเมทิลจัสโมเนทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลสับปะรดพันธุตราดสีทอง โดยจุ่มผลสับปะรดด้วยสารเมทิลจัสโมเนท 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม) 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 พบว่า สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนททั้งสองความเข้มข้น ชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ ลดการรั่วไหลของไอออน นอกจากนี้พบว่าสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วย เมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 10^{-2} โมลาร์ มีอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 10^{-3} โมลาร์ และชุดควบคุมตามลำดับ โดยในทุกชุดการทดลองพบอาการไส้สีน้ำตาลเมื่อวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 10^{-2} โมลาร์ มีอาการไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 50 จากจำนวนสับปะรดทั้งหมด รองลงมาคือชุดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 10^{-3} โมลาร์ และชุดควบคุมเท่ากับร้อยละ 51-75 และ มากกว่าร้อยละ 75 ตามลำดับ จากงานวิจัยนี้พบว่าเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 10^{-2} โมลาร์ สามารถลดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถนำเมทิลจัสโมเนทในการลดอาการสะท้านหนาวไปประยุกต์ใช้กับผลผลิตทางการเกษตรอื่นๆ ได้

คำสำคัญ: เมทิลจัสโมเนท สับปะรด อาการสะท้านหนาว

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[1] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 10140

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400

คำนำ

สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย แต่อย่างไรก็ตามการส่งออกผลสับปะรดสดไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศมักจะประสบปัญหาทั้งในด้านคุณภาพและอายุการเก็บรักษา เนื่องจากภายหลังการเก็บเกี่ยวสับปะรดมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นเช่นเดียวกันกับผลิตผลทั่วไป ดังนั้นการเก็บรักษาในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำเพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงมีความจำเป็น แต่การเก็บรักษาผลสับปะรดที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานมีผลทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เรียกว่าอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) โดยมีลักษณะเป็นจุดสีน้ำตาลคล้ำบริเวณเนื้อในใกล้แกนกลางผลและขยายออกรวมกันเป็นกลุ่มสีน้ำตาลคล้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Dull, 1971) อาจเรียกอาการผิดปกติดังกล่าวนี้ว่าอาการไส้สีน้ำตาล (internal browning) ซึ่งจะเป็นตัวจำกัดอายุในการเก็บรักษาสับปะรด (จักรพงษ์, 2535)

การลดอาการสะท้านหนาวมีอยู่หลายวิธี ในปัจจุบันการใช้ฮอร์โมนพืชเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดอาการสะท้านหนาวได้ ซึ่งฮอร์โมนที่ใช้กันคือ เมทิลจัสโมเนท (methyl jasmonate; MeJA) ซึ่งเป็นสารที่อยู่ในกลุ่มของ jasmonate สังเคราะห์มาจากกรดกรดลิโนเลนิก จัดเป็นสารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและนอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความต้านทานให้กับพืชเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก เช่น บาดแผล การเข้าทำลายของโรคและแมลง ตลอดจนความเครียดต่างๆ (Cheong และ Choi, 2003) โดยมีรายงานว่า การรมเมทิลจัสโมเนทในผลมะม่วงพันธุ์ 'Kent' สามารถลดอาการสะท้านหนาว และลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้ดีกว่ามะม่วงที่ไม่ได้รมเมทิลจัสโมเนท (Gonzakez-Aguilar และคณะ, 2004) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดอาการสะท้านหนาวในการเก็บรักษาระหว่างการขนส่งในผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง โดยศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้สารเมทิลจัสโมเนท เพื่อลดอาการสะท้านหนาว รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำซึ่งเป็นแนวทางในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาในระหว่างการขนส่งและห้องเย็นให้นานขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยครั้งนี้ใช้สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองที่เพาะปลูกในพื้นที่จังหวัดระยอง ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ด้วยรถห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิ 20±3 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำสับปะรดมาล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายคลอรอกซ์ ที่ความเข้มข้น 200 ppm ผึ่งลมให้แห้งแล้วนำมาจุ่มสารเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ เป็นเวลา 5 นาที หลังจากผึ่งให้แห้งแล้วนำสับปะรดใส่ในตะกร้าแล้วนำไปวางบนชั้นวางแล้วคลุมด้วยแผ่นพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกผลการทดลองทุก 5 วัน โดยทำการบันทึกผลการทดลอง จนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวนทั้งหมด 4 ซ้ำ ทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อในระบบ CIE a b color space โดยทำการบันทึกค่า b และ Hue color การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อของผลสับปะรด การรั่วไหลของไอออน และคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล

ผลการทดลอง

การจุ่มผลสับปะรดด้วยสารเมทิลจัสโมเนท ที่ความเข้มข้น 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ทั้งนี้พบว่าผลสับปะรดที่เก็บรักษาในทุกชุดการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลสับปะรดที่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท 10^{-2} โมลาร์ มีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 2.54 และ 4.71 ในวันที่ 10 และ 20 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ผลสับปะรดในชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 3.11 และ 5.92 ในวันที่ 10 และ 20 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ (Figure 1) ความแน่นเนื้อของผลสับปะรดในทุกชุดการทดลอง มีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา สับปะรดในชุดควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อต่ำกว่าผลสับปะรดที่จุ่มด้วยสารเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ ทั้งนี้ทั้งสองความเข้มข้นมีค่าความแน่นเนื้อของผลไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (Figure 2) การเปลี่ยนแปลงปริมาณการรั่วไหลของไอออนในเนื้อส่วนที่ติดแกนของสับปะรดพบว่า ผลสับปะรดที่เก็บรักษาในทุกชุดการทดลองมีการรั่วไหลของไอออนเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลสับปะรดในชุดควบคุมมีการรั่วไหลของไอออนมากที่สุด โดยพบว่าการจุ่มด้วยสารเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 10^{-2} และ 10^{-3} โมลาร์ สามารถลดการรั่วไหลไอออนของสับปะรดได้มากกว่าชุดควบคุม (Figure 3)

การเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดโดยการให้คะแนน จากการทดลองพบว่าผลสับปะรดทุกชุดการทดลองแสดงอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยผลสับปะรดในทุกชุดการทดลองเริ่มมีอาการไส้สีน้ำตาลปรากฏในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา โดยชุดควบคุมจะเกิดอาการไส้สีน้ำตาลสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาคือ ผลสับปะรดที่จุ่มสารเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 10^{-3} และ 10^{-2} โมลาร์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในวันที่ 15 และ 20 (Figure 4) การเปลี่ยนแปลงค่า b หรือสีเหลืองของเนื้อสับปะรด ในเนื้อส่วนที่ติดแกนของสับปะรด พบว่า ในชุดควบคุมและชุดที่จุ่มสารเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 10^{-2} โมลาร์มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงในรูปแบบเดียวกัน โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 20) ชุดควบคุมมีค่าลดลงมากที่สุดเท่ากับ 27.05 รองลงมาคือผลสับปะรดที่จุ่มสารเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 10^{-2} โมลาร์ เท่ากับ 29.69 ในขณะที่ผลสับปะรดที่จุ่มสารเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 10^{-3} โมลาร์ มีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 34.43 โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Figure 5) สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ในเนื้อส่วนที่ติดแกนของสับปะรด พบว่า ผลสับปะรดมีการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 10 และ 15 ของการเก็บรักษา ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 20) ผลสับปะรดที่จุ่มสารเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 10^{-2} โมลาร์ มีค่าลดลงมากที่สุดเท่ากับ 94.10 รองลงมาคือ ผลสับปะรดที่จุ่มสารเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 10^{-3} โมลาร์ และชุดควบคุมเท่ากับ 94.36 และ 94.88 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 6)

วิจารณ์ผล

Phrutiya และคณะ (2008) รายงานว่า ความเข้มข้นของ MeJA ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลสับปะรด แต่อาจเป็นเพราะMeJA ลดความรุนแรงของอาการ CI ซึ่งอาการ CI เป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพที่ไม่สมบูรณ์ของเมมเบรน และสภาพที่ไม่สมบูรณ์ของเมมเบรนเป็นสาเหตุให้เกิดการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากเซลล์ ซึ่งเป็นผลให้สับปะรดเกิดการสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งในการสูญเสียของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวเนื่องมาจากการที่เพคตินถูกทำลาย จึงทำให้มีเพคตินที่ละลายน้ำเพิ่มมากขึ้นซึ่งทำให้ผลไม้มีค่าความแน่นเนื้อลดลง (Mohammad และคณะ, 2011) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าการใช้ MeJA สามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อ มีรายงานถึงงานวิจัยที่คล้ายคลึงกันเมื่อใช้ MeJA กับมะม่วง (Gonzale-Aguilar และคณะ, 2001) และท้อ (Meng และคณะ, 2009) นอกจากนี้ MeJA ยังช่วยลดการรั่วไหลของไอออน ซึ่งค่าการรั่วไหลของไอออนถือว่าเป็นดัชนีบ่งบอกถึงความสมบูรณ์ของเมมเบรนและสามารถชะลอการเกิด CI โดย MeJA จะกระตุ้นกลไกต่อต้านทางธรรมชาติของพืช (plant defense mechanism) ในการตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำ โดยสร้างโปรตีนที่ทำหน้าที่ป้องกัน (defense protein) เพื่อส่งสัญญาณให้พืชทนต่อความเครียดต่างๆ ในที่นี้คืออุณหภูมิต่ำ โดย MeJA สามารถลด CI ในซูกินี (Wang และ Buta,1994) ฝรั่ง (Gonzale-Aguilar และคณะ, 2004) loquat (Cao และคณะ, 2010) ดังนั้นเมทิลจัสโมเนทจึงมีบทบาทที่สำคัญในการลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรด

สรุปผล

จากงานวิจัยนี้พบว่า เมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 10^{-2} โมลาร์ สามารถลดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการใช้เมทิลจัสโมเนทในการลดอาการสะท้านหนาวจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลผลิตทางการเกษตรอื่นๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล, 2535, อิทธิพลขององค์ประกอบทางเคมีภายในผลและการใช้สารเคลือบผิวต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 71 หน้า

Cao, S., Zheng, Y., Wang, K., Rui, H. and Tang, S., 2010, Effect of Methyl Jasmonate on Cell Wall Modfications of Loquat Fruit in Relation to Chilling Injury After Harvest, Food Chemistry, 118: 641–647.

Cheong, J. and Choi, Y.D., 2003, Methyl Jasmonate as a Vital Substance in Plants, Trend in Genetics, 19: 408-413.

Dull, G.G., 1971, The Pineapple, In A.C, Hulme (ed.), The Biochemistry of Fruits and their Products, Academic Press, 2: 303-324.

González-Aguilar, G.A., Buta, J.G. and Wang, C.I., 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.

González-Aguilar, G.A., Tiznado-Hernández, M.E., Zavaleta-Gatica, R. and Martínez-Téllez, M.A., 2004, Methyl Jasmonate Treatments Reduce Chilling Injury and Activate the Defense Response of Guava Fruits. Biochemical and Biophysical Research Communications, 313: 694–701.

Meng, X., Han, J., Wang, Q. and Tian, S., 2009, Changes in Physiology and Quality of Peach Fruits Treated by Methyl Jasmonate Under Low Temperature Stress, Food Chemistry, 114: 1028–1035.

Mohammad, S., Mesbah, B., Siamak, K., Domingo, M., Fabian, G., Maria, S. and Daniel, V., 2011, Vapour Treatments with Methyl Salicylate or Methyl Jasmonate Alleviated Chilling Injury and Enhanced Antioxidant Potential During Postharvest Storage of Pomegranates, Food Chemistry, 124: 964-970.

Phrutiya., N., Noodjarin, P., Fonthip, A. and Pattharapong, K., 2008, Effect of Exogenous Methyl Jasmonate on Chilling Injury and Quality of Pineapple (*Ananas comosus* L.) cv. Pattavia, Silpakorn University Science & Tech, 2(2): 33-42.

Wang, C.J. and Buta, J.G, 1994, Methyl Jamsonate Reduces Chilling Injury in *Cucurbita pepo* Through its Regulation of Abscisic Acid and Polyamine Levels, Environmental and Experimental Botany, 34: 427–432.

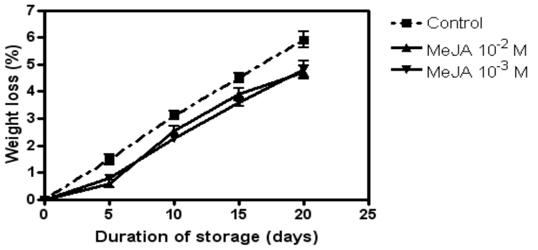


Figure 1 Weightloss of pineapple treated with 0 (control), 10^{-2},10^{-3} M MeJA and then stored at 10ºC and 85% relative humidity.

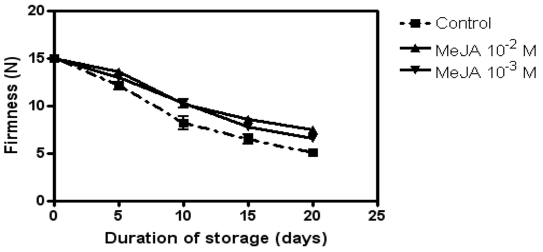


Figure 2 Firmness of pineapple treated with 0 (control), 10^{-2},10^{-3} M MeJA and then stored at 10ºC and 85% relative humidity.

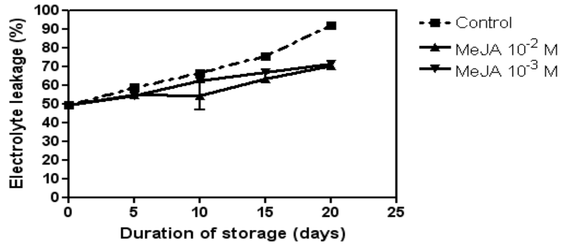


Figure 3 Electrolyte leakage of pineapple treated with 0 (control), 10^{-2}, 10^{-3} M MeJA and then stored at 10ºC and 85% relative humidity.

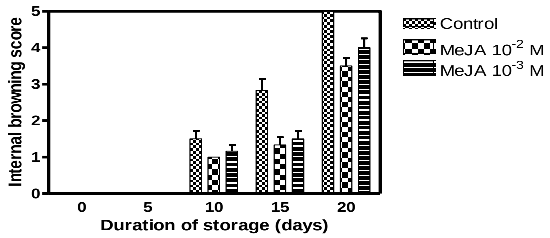


Figure 4 Internal browning score of pineapple treated with 0 (control), 10^{-2},10^{-3} M MeJA and then stored at 10ºC and 85% relative humidity.

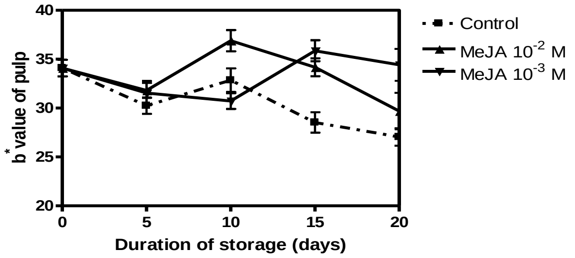


Figure 5 b* value of pulp of pineapple treated with 0 (control), 10^{-2},10^{-3} M MeJA and then stored at 10ºC and 85% relative humidity.

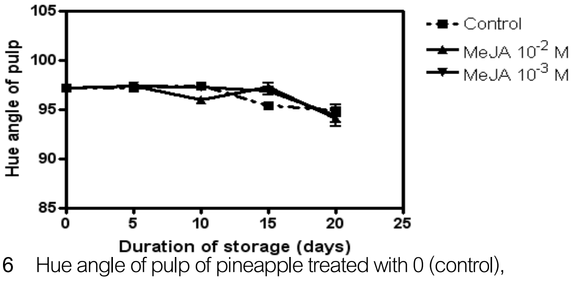


Figure 6 Hue angle of pulp of pineapple treated with 0 (control), 10^{-2},10^{-3} M MeJA and then stored at 10ºC and 85% relative humidity.

อิทธิพลของโอโซนต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบมะพร้าว (*Cocos nuciferra* L.)

Effect of Ozone on Single Leaf Photosynthesis of Coconut (*Cocos nucifera* L.)

นราศักดิ์ พงศ์พระเกตุ[1] ดวงรัตน์ ศตคุณ[2] เจษฎา ภัทรเลอพงศ์[3] และ พูนพิภพ เกษมทรัพย์[1]

Pongpragate, N.[1], Satakhun, D.[2], Phattaralerphong, J.[3] and Kasemsap, P.[1]

Abstract

Socio-economic development in Thailand during the past years has resulted in a significantly increase in atmospheric ozone concentrations that may affect coconut (*Cocos nucifera* L.), an economically important tree crop. Researchers studied the effects of atmospheric ozone increase on coconut leaf photosynthesis. The 200 ppb ozone fumigation experiment was conducted using open system exposure chambers. The results showed that 2 hours of fumigation decreased single leaf photosynthesis of coconuts by approximately 10% compared to the control without affecting the characteristics of photosynthetic light response function. Furthermore, leaves exposed to 1, 2, 4 or 6 hours of ozone tended to have reduced net photosynthesis rates, stomatal conductances, and respiration rates compared to the control although the differences were not statistically significant. Finally, ozone fumigation in this experiment did not cause visible damage to coconut leaves.

Keywords: ozone, coconut, leaf photosynthesis rate

บทคัดย่อ

การพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมในประเทศไทยในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาทำให้ปริมาณโอโซนในอากาศเพิ่มมากขึ้น จึงอาจส่งผลกระทบต่อมะพร้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจยืนต้นที่สำคัญชนิดหนึ่ง นักวิจัยจึงศึกษาผลกระทบ ต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบมะพร้าวที่อาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของโอโซนในบรรยากาศ โดยการรมโอโซนความเข้มข้น 200 ppb ให้กับต้นมะพร้าวในห้องทดลองระบบเปิด ผลการทดลองพบว่า การรมโอโซนเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมงทำให้ใบมะพร้าวมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิลดน้อยกว่าปกติประมาณร้อยละ 10 แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโอโซนไม่ทำให้ลักษณะการตอบสนองต่อแสงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบมะพร้าวเปลี่ยนแปลง ในขณะที่ใบมะพร้าวที่ได้รับโอโซนนาน 1, 2, 4 หรือ 6 ชั่วโมง มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิที่ความเข้มแสงสูง stomatal conductance และ อัตราการคายน้ำที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อได้รับโอโซนเป็นระยะเวลานานมากขึ้นแม้จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่พบความเสียหายหรือความผิดปกติของใบที่สามารถสังเกตเห็นด้วยตาเปล่าได้ในทุกช่วงระยะเวลาความยาวนานที่ได้รับโอโซน

คำสำคัญ: โอโซน มะพร้าว การสังเคราะห์ด้วยแสงของใบ

คำนำ

ก๊าซโอโซนในชั้น troposphere จัดเป็นมลพิษทางอากาศซึ่งมีผลกระทบต่อพืชในหลายๆ ด้าน เช่น สรีระวิทยา ชีวะเคมี สัณฐานวิทยา ด้านการเกษตร นิเวศน์วิทยา เป็นต้น (Krupa และคณะ, 2001; Wittmann และคณะ, 2007) โดยพบว่าความเข้มข้นของก๊าซโอโซนมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นประมาณร้อยละ 5-20 ต่อทศวรรษ (Zouzoulas และคณะ, 2009) ในปี 2551 ประเทศไทยพบความเข้มข้นสูงสุด 151 ppb (วรศาสน์, 2551) มีรายงานผลของโอโซนต่อสรีระวิทยาการแลกเปลี่ยนก๊าซของใบพืชหลายชนิด เช่น *Caesalpina echinata* Lam. มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง stomatal conductance และอัตราการคายน้ำลดลงร้อยละ 50, 42 และ 40 ตามลำดับ เมื่อได้รับโอโซนทรีตเม้นต์เป็นเวลานาน 6

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900**

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

[2] **ศูนย์ความร่วมมือทางวิชาการไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900**

[2] Center of Thai-French Cooperation on Higher Education and Research, Kasetsart University, Bangkok, 10900

[3] **คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สกลนคร 47000**

[3] Faculty of Natural Resources and Agroindustry, Kasetsart University, Sakon Nakhon, 47000

ชั่วโมง ซึ่งความเข้มข้นเทียบเท่าค่าสูงสุดที่พบในเมือง Sao Paulo ประเทศบราซิล (Moraes และคณะ, 2006) ในด้านสัณฐานวิทยาพบว่าโอโซนยังชักนำให้ใบของ *Psidium guajava* เกิดแถบสีแดงปรากฏที่ด้านบนของใบ และจะแสดงอาการรุนแรงขึ้นตามระยะเวลาที่ได้รับโอโซน (Pina และ Moraes, 2007) ในด้านการเกษตรพบว่าโอโซนในบรรยากาศทำให้ผลิตของส้ม และเลมอนในปี 2003 ลดลงประมาณร้อยละ 8 และ 15 ตามลำดับ (Delgado-Saborit และ Esteve-Cano, 2008) และในด้านนิเวศวิทยา พบว่าโอโซนทำให้ความมีชีวิตของเมล็ดพืชที่อ่อนแอต่อโอโซนลดลง (Pfleeger และคณะ, 2010)

มะพร้าวเป็นพืชยืนต้นที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากมีการนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้านทั้งในระดับครัวเรือน รวมถึงในภาคอุตสาหกรรม ส่งผลให้ความต้องการในการใช้อุปโภค และบริโภคมีมากขึ้นทุกปี แต่แนวโน้มของผลผลิตต่อไร่นั้นลดลง ทำให้เราต้องนำเข้าทั้งผลสด และผลิตภัณฑ์จากมะพร้าวเพิ่มมากขึ้น (ศักดิ์สิทธิ์, 2544) ในปี 2010 มีการส่งออกผลิตภัณฑ์รวมของมะพร้าวได้ทั้งหมด 574,085,222 บาท แต่มีการนำเข้าถึง 1,058,747,269 บาท ด้วยการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมทำให้มีการสร้างโรงงานที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศในพื้นที่ปลูกมะพร้าวเป็นการค้าเพิ่มมากขึ้น นักวิจัยจึงได้ทำงานทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของโอโซนต่อสรีรวิทยาการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบมะพร้าว เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่อาจเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจเชิงนโยบายต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้มะพร้าวพันธุ์ชุมพรลูกผสม 2 อายุ 1 ปี ความสูงประมาณ 1.5 เมตร ปลูกในกระถางขนาด 16 นิ้ว โดยใช้ชุดดินปากช่องจากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา ผสมปุ๋ยคอกอัตรา 100 กรัมต่อกระถาง การรมโอโซนทำโดยการเพิ่มปริมาณโอโซนในห้องทดลองระบบเปิดที่สร้างจากพลาสติกใส polypropylene ขนาด 1.6 x 1.6 x 2.0 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) โดยใช้เครื่องผลิตโอโซน รุ่น OZ-8010 (Ozonic International, Thailand) ควบคุมปริมาณโอโซนภายในห้องทดลองให้ได้ความเข้มข้นประมาณ 200 ppb และตรวจวัดความเข้มข้นของโอโซนในห้องทดลองด้วยเครื่องวัดปริมาณโอโซน UV Photometric O_3 Analyzer รุ่น Thermo Model 49i (Thermo Electron Corporation, USA) การวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ตามระยะเวลาที่พืชได้รับโอโซน ได้แก่ 1, 2, 4 หรือ 6 ชั่วโมง นำต้นมะพร้าวเข้าห้องทดลองระบบเปิดได้รับอากาศจาก cooling pad box เพื่อลดอุณหภูมิภายในห้องทดลอง จากนั้น วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิที่ความเข้มแสงสูง (P_{max}), stomatal conductance (g_s) และ อัตราการคายน้ำ (T) ของใบมะพร้าว ด้วยเครื่อง Portable photosynthesis system (LI-6400, Li-cor Inc., Lincoln, Nebraska, U.S.A) กำหนดความเข้มแสง 1400 µmol Photon m^{-2} s^{-1} และทำการศึกษาการตอบสนองต่อแสงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (P_n) ของใบมะพร้าวที่ผ่านการรมโอโซนเป็นระยะเวลานาน 2 ชั่วโมง โดยกำหนดค่าความเข้มของแสง 0, 25, 50, 75, 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 และ 2000 µmol photon m^{-2} s^{-1} จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างชุดควบคุม (control) และชุดทดลอง (treatment) ด้วยวิธี t-test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าการรมโอโซน 200 ppb เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมงทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบมะพร้าวที่ได้รับโอโซนมีค่าน้อยกว่าใบที่ได้รับอากาศปกติประมาณร้อยละ 10 แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และโอโซนไม่ทำให้ลักษณะการตอบสนองต่อแสงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบมะพร้าวเปลี่ยนแปลง (Figure 1a) โดยในความมืดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีค่าเป็นลบ เนื่องจากไม่มีการตรึง CO_2 ด้วยการสังเคราะห์แสงแต่มีการปล่อย CO_2 จากการหายใจ เมื่อมีแสงอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มแสงและมีค่าเป็น 0 ที่ความเข้มแสงประมาณ 7 µmol photon m^{-2} s^{-1} ในช่วงแสง 0–100 µmol photon m^{-2} s^{-1} อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิแปรผันโดยตรงกับความเข้มแสง จากนั้นเมื่อความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้นอัตราการเพิ่มของการสังเคราะห์แสงสุทธิน้อยลงตามลำดับจนกระทั่งเมื่อความเข้มแสงมากกว่าประมาณ 800 µmol photon m^{-2} s^{-1} อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิมีแนวโน้มคงที่

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิที่ความเข้มแสงสูงของใบมะพร้าวที่ได้รับโอโซนความเข้มข้น 200 ppb เป็นระยะเวลานาน 1, 2, 4 หรือ 6 ชั่วโมง อยู่ในช่วง 6.8 - 8.5 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1} และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิที่ความเข้มแสงสูงของชุดควบคุมที่ได้รับอากาศปกติมีค่าอยู่ในช่วง 8.3–9.5 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1} ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิที่ความเข้มแสงสูงของใบที่ได้รับโอโซนเป็นเวลา 4 หรือ 6 ชั่วโมง มีแนวโน้มลดน้อยลงกว่าใบที่ได้รับอากาศปกติประมาณร้อยละ 18 (Figure 1b) สำหรับค่า stomatal conductance ของใบ

มะพร้าวที่ได้รับโอโซนความเข้มข้น 200 ppb เป็นระยะเวลานาน 1, 2, 4 หรือ 6 ชั่วโมง มีค่าอยู่ในช่วง 0.12–0.15 mol H_2O m^{-2} s^{-1} ในขณะที่ค่า stomatal conductance ของชุดควบคุมที่ได้รับอากาศปกติมีค่าอยู่ในช่วง 0.13–0.18 mol H_2O m^{-2} s^{-1} ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ stomatal conductance ของใบที่ได้รับโอโซนเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีแนวโน้มลดน้อยลงกว่าใบที่ได้รับอากาศปกติประมาณร้อยละ 28 (Figure 1c) ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการคายน้ำของมะพร้าวที่ได้รับโอโซนความเข้มข้น 200 ppb เป็นระยะเวลานาน 1, 2, 4 หรือ 6 ชั่วโมง ที่มีค่าอยู่ในช่วง 2.3–2.6 mmol HO_2 m^{-2} s^{-1} ในขณะที่อัตราการคายน้ำของชุดควบคุมมีค่าอยู่ในช่วง 2.3-3.3 mmol HO_2 m^{-2} s^{-1} ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน โดยอัตราการคายน้ำของใบที่ได้รับโอโซนเป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีแนวโน้มลดน้อยลงประมาณร้อยละ 25 (Figure 1d) เมื่อเทียบกับอัตราการคายน้ำของใบที่ได้รับอากาศปกติ ทั้งนี้ไม่พบอาการผิดปกติหรือความเสียหายภายนอกของใบทุกใบในทุกช่วงระยะเวลาที่ได้รับโอโซน (Figure 2)

ผลการทดลองบ่งชี้ว่าแม้มะพร้าวจะสามารถทนต่อโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 200 ppb ได้โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง อัตราการคายน้ำ และการเปิดปากใบ แต่การได้รับโอโซนเป็นระยะเวลายาวนานมากขึ้นจะมีแนวโน้มส่งผลกระทบทำให้ใบมะพร้าวมีการเปิดปากใบลดน้อยลง ซึ่งทำให้ทั้งอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและอัตราการคายน้ำลดลงเนื่องด้วยในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชจำเป็นต้องมีการแลกเปลี่ยน CO_2 ทางปากใบและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบพืชจะแปรตามการเปิดปากใบในระดับหนึ่ง ทั้งนี้ พืชหลายชนิดใช้กลไกการปิดปากใบเพื่อควบคุมปริมาณโอโซนที่จะเข้าสู่เนื้อเยื่อ (Zouzou และคณะ, 2009) ซึ่งจะช่วยบรรเทาความเสียหายที่อาจเกิดจากโอโซนแต่จะส่งผลให้พืชตรึง CO_2 เพื่อสร้างมวลชีวภาพได้น้อยลง เนื่องจากโอโซนในอากาศมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามการพัฒนาของเศรษฐกิจ ดังนั้น จึงเป็นที่น่าสนใจศึกษาต่อไปในอนาคตว่า หากโอโซนมีความเข้มข้นมากกว่า 200 ppb แล้วมะพร้าวจะมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาของการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบอย่างไร

สรุปผล

ใบมะพร้าวที่ได้รับโอโซน 200 ppb เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบน้อยกว่าใบที่ได้รับอากาศปกติประมาณร้อยละ 10 แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโอโซนไม่ทำให้ลักษณะการตอบสนองต่อแสงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบมะพร้าวเปลี่ยนแปลง ในขณะที่ใบมะพร้าวที่ได้รับโอโซน 200 ppb นาน 1, 2, 4 หรือ 6 ชั่วโมง มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิที่ความเข้มแสงสูง stomatal conductance และ อัตราการคายน้ำที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อได้รับโอโซนเป็นระยะเวลานานมากขึ้นแม้จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่พบความเสียหายผิดปกติของใบที่สามารถสังเกตด้วยตาเปล่าได้ในทุกช่วงระยะเวลาความยาวนานที่ได้รับโอโซน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่สนับสนุนเงินทุนตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย และ ขอขอบคุณนักวิจัยของศูนย์ความร่วมมือทางวิชาการ ไทย-ฝรั่งเศส (DORAS Center) ที่ช่วยเหลือ และ ให้คำปรึกษางานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

วรศาสตร์ อภัยพงศ์ และ ลัคนา จุลแสง, 2551, รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2551, รุ่งศิลป์การพิมพ์ (1997) จำกัด, กรุงเทพฯ, 228 หน้า.

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย, 2544, การปลูกมะพร้าว, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์เกษตรสาสน์, กรุงเทพมหานคร, 96 หน้า.

Delgado-Saborit, J.M. and Esteve-Cano, V.J., 2008, Assessment of Tropospheric Ozone Effects on Citrus Crops Using Passive Samplers in a Western Mediterranean Area, Agriculture, Ecosystems and Environment, 124: 147–153.

Krupa, S., McGrath, M.T., Andersen, C.P., Booker, F.L., Burkey, K.O., Chappelka, A.H., Chevone, B.I., Pell, E.J. and Zilinskas, B.A., 2001, Ambient Ozone and Plant Health, Plant Disease, 85: 4–12.

Moraes, R.M., Bulbovas, P., Furlan, C.M., Domingos, M., Meirelles, S.T., Delitti, W.B.C. and Sanz, M.J., 2006, Physiological Responses of Saplings of *Casesalpinia echinata* Lam., a Brazilian Tree Species, Under Ozone Fumigation, Ecotoxicology and Environmental Safety, 63: 306 – 312.

Pfleeger, T.G., Plocher, M. and Bichel, P., 2010, Response of Pioneer Plant Communities to Elevated Ozone Exposure, Agriculture, Ecosystems and Environment, 138: 116–126.

Pina, J.M. and Moraes, R.M., 2007, Ozone-induced Foliar Injury in Saplings of *Psidium guajava* ‘Paluma’ in São Paulo, Brazil, Chemosphere, 66: 1310-1314.

Wittmann, C., Matyssek, R., Pfanz, H. and Humar, M., 2007, Effects of Ozone Impact on the Gas Exchange and Chlorophyll Fluorescence of Juvenile Birch Stems (*Betula pendula* Roth.), Exvironmental Pollution, 150: 258–266.

Zouzoulas, D., Koutroubas, S.D., Vassiliou, G. and Vardavakis, E., 2009, Effects of Ozone Fumigation on Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Morphology, Anatomy, Physiology, Yield and Qualitative Characteristics of Fibers, Environmental and Experimental Botany, 67: 293–303.

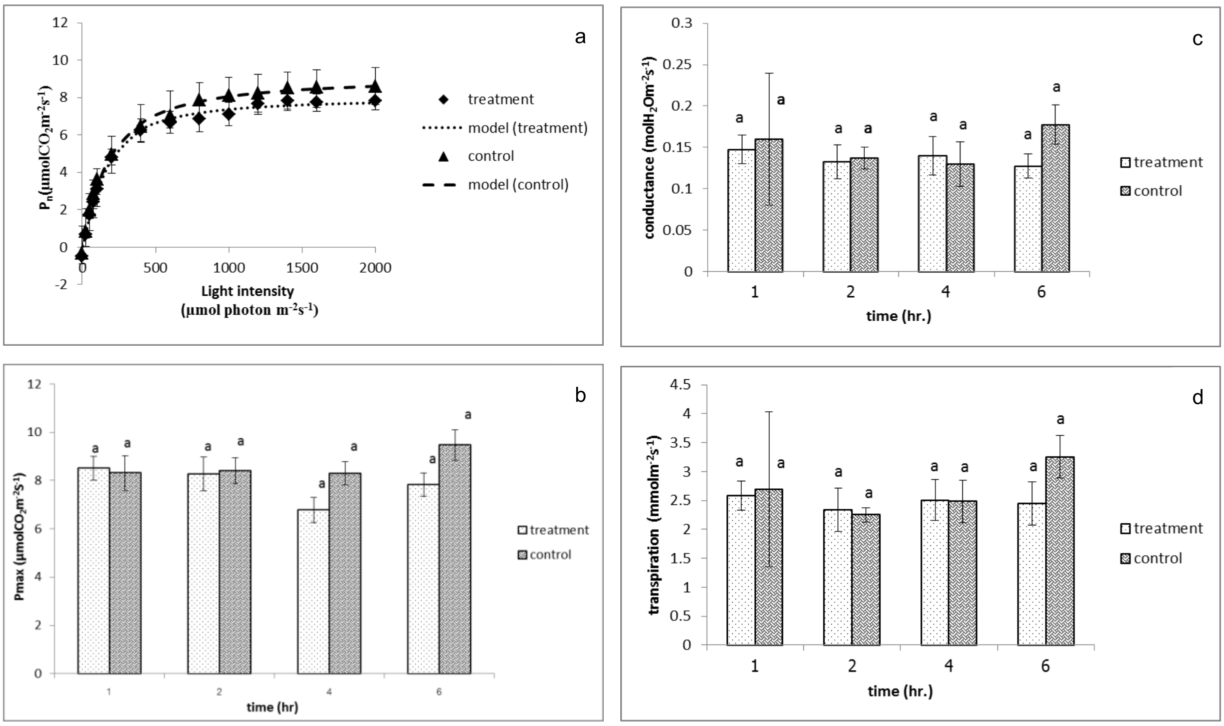


Figure 1 Effective of ozone at 200 ppb on single leaf gas exchange of coconut (a) effect of ozone exposure for 2 hours on light response function of photosynthesis rates (b) effect of ozone exposure for 1, 2, 4 or 6 hours on net photosynthesis rates measured at saturating light, (c) stomatal conductance and (d) transpiration rates.

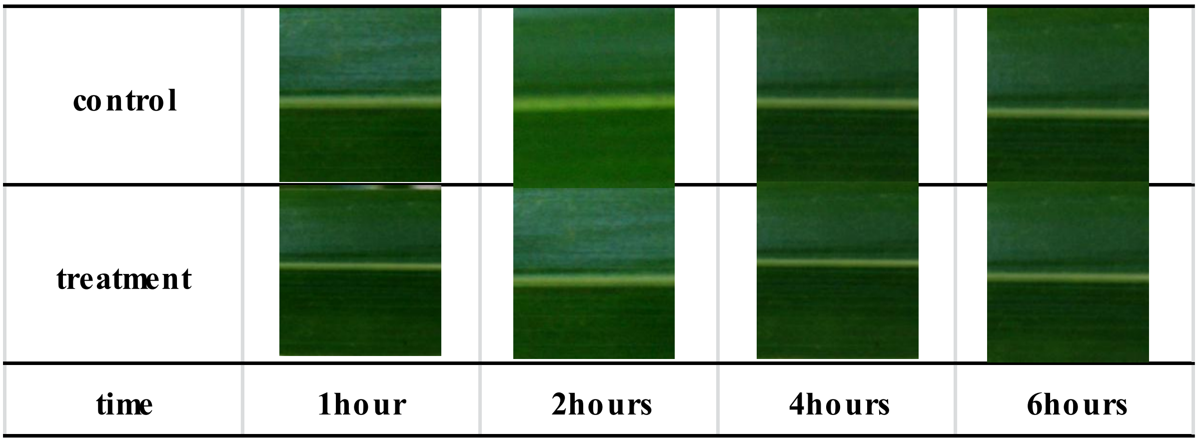


Figure 2 Effects of exposure time for 1, 2, 4, or 6 hours to 200 ppb ozone on coconut leaves.

การวิเคราะห์พารามิเตอร์ของเทคนิคการคัดแยกด้วยความถ่วงจำเพาะสำหรับเมล็ดงาขี้ม้อน

Parametic Analysis on Specific Gravity Technique of *Perilla frutescens* (L.) Britt Seeds

ปานนท์ เมืองแก้ว[1] วิบูลย์ ช่างเรือ[1,2] และ สุชาดา เวียรศิลป์[1,3]

Muangkaew, P.[1], Changrue, V.[1,2] and Vearasilp, S.[1,3]

Abstract

Perilla (*Perilla frutescens* (L.) Britt) seed is a kind of cereal that is abundant of nutrition. The cleaning and grading of seeds which has the same size could not be done by mesh so separating machine that use principle of specific gravity weight was in traduced in this study. The experiment design of this study was Factorial Design (2^k) method. The 3 factors of the frequency of shaking (155 and 165 rpm), the feed rate (30 and 45 g/min) and the slop angle (1.5 and 2.5°) were investigated while the air flow was fixed at 2.5 m/s. The result revealed that an optimum level of three factors to provide the best performance of cleaning and grading Perilla seed was the frequency of shaking (155 rpm) the feed rate (35 g/min) and the slope angle (1.5°).

Keywords: Perilla (*Perilla frutescens* (L.) Britt) seeds, grading, specific gravity

บทคัดย่อ

งาขี้ม้อนหรืองาหอม (*Perilla frutescens* (L.) Britt) เป็นธัญพืชชนิดหนึ่งที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ แต่การคัดแยกเมล็ดเสีย หรือสิ่งเจือปนที่มีขนาดเท่ากันหรือใกล้เคียงกับขนาดเมล็ดงาขี้ม้อนนั้นไม่สามารถคัดแยกออกได้หมดด้วยตะแกรงคัดขนาด จึงมีการนำเอาเครื่องคัดแยกเมล็ดแบบความถ่วงจำเพาะมาช่วยในการคัดแยกเมล็ดงาขี้ม้อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการคัดแยกเมล็ดงาขี้ม้อนด้วยเครื่องคัดเมล็ดแบบความถ่วงจำเพาะ โดยวิธีการออก แบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (2^k Factorial Design) ในการออกแบบการทดลองซึ่งมีปัจจัยทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่ ความถี่ในการเขย่า (155 และ 165 รอบต่อนาที) อัตราการป้อนเมล็ด (35 และ 45 กรัมต่อนาที) มุมเอียง (1.5 และ 2.5 องศา) โดยกำหนดให้ความเร็วลมคงที่ที่ 2.5 เมตร/วินาที จากผลการศึกษาพบว่า เงื่อนไขที่เหมาะสมในการคัดแยกเมล็ดงาขี้ม้อน คือความถี่ในการเขย่า 155 รอบต่อนาที อัตราการป้อนเมล็ด 35 กรัมต่อนาที และมุมเอียง 1.5 องศา

คำสำคัญ: เมล็ดงาขี้ม้อน การคัดแยกเมล็ด ความถ่วงจำเพาะ

คำนำ

งาขี้ม้อนหรืองาหอมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Perilla frutescens* (L.) Britt) (สมพร, 2529) เป็นพืชที่จัดอยู่ในวงศ์ Limiaceae ซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกับพืชจำพวกกระเพรา โหระพา มีการปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศจีน อินเดีย เกาหลี ญี่ปุ่น ไทย และประเทศในแถบเอเชีย งาขี้ม้อนหรืองาหอมเป็นพืชชนิดหนึ่งที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ โดยนิยมนำมาเป็นส่วนประกอบของอาหารได้ เช่น ข้าวหนุกงา ขนมงา เป็นต้นอีกทั้งยังมีการสกัดเป็นน้ำมัน เครื่องสำอาง และยารักษาโรค

งาขี้ม้อนหรืองาหอม เป็นพืชล้มลุกที่ปลูกกันมากในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน หรือในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 300–1,000 เมตร ในส่วนของการเก็บเกี่ยวงาขี้ม้อนนั้น เกษตรกรจะใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวโดยการดึงต้นที่พร้อมเก็บเกี่ยวขึ้นมาทั้งต้น แล้วนำมาวางทิ้งไว้หรือตากแดดเพื่อลดความชื้นก่อนแล้วจึงนำไปตีแยกเมล็ดออกจากต้น ซึ่งในขั้นตอนการแยกเมล็ดออกจากต้นอาจมีสิ่งเจือปนจำพวกเมล็ดเสีย เศษหิน ดิน ทราย ปะปนไปด้วยซึ่งหากสิ่งเจือปนเหล่านี้มีขนาดเท่ากันหรือใกล้เคียงกับขนาดเมล็ดงาขี้ม้อน (เมล็ดงาขี้ม้อนมีขนาดประมาณ 1-2 มิลลิเมตร) การคัดแยกจะไม่สามารถคัดแยกออกได้หมดด้วยตะแกรงคัดขนาด (screen) เมื่อเกษตรกรนำ

[1] **สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200**

[1] Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University 50200

[2] **ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200**

[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

[3] **ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200**

[3] Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, ChiangMai, 50200

ผลผลิตไปจำหน่ายทำให้ได้ราคาต่ำ จึงได้มีการนำเอาเครื่องคัดแยกเมล็ดแบบความถ่วงจำเพาะ (specific gravity separator) มาช่วยในการคัดแยกเมล็ดงาขี้ม้อนที่มีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกัน (จวงจันทร์, 2529) เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิต ซึ่งการปรับตั้งค่าการทำงานของเครื่องคัดแยกเมล็ดแบบความถ่วงจำเพาะทำได้ค่อนข้างยาก

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาค่าของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการปรับตั้งการทำงานของเครื่องคัดแยกเมล็ดแบบความถ่วงจำเพาะประกอบด้วย ความถี่ในการเขย่า อัตราการป้อนเมล็ด และมุมเอียงที่เหมาะสมในการคัดแยกคุณภาพของเมล็ดงาขี้ม้อนด้วย เพื่อเป็นแนวทางในการปรับตั้งการทำงานของเครื่องเพื่อผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างทดลอง

นำเมล็ดงาขี้ม้อนจากดอยขวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงรายมาทำความสะอาดโดยใช้เครื่องทำความสะอาดแบบลมดูดเพื่อดูดเศษฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก และใช้ตะแกรงคัดขนาด ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.17 และ 0.2 มิลลิเมตร คัดแยกสิ่งเจือปนออกจากนั้นนำเข้าเครื่องผสมตัวอย่างเป็นระยะเวลา 30 นาที เพื่อลดความแปรปรวนของตัวอย่างที่จะนำมาทำการวิเคราะห์

การออกแบบการทดลอง

ในการทดลองนี้ใช้เทคนิค 2^k Factorial Design ในการออกแบบการทดลอง โดย k คือจำนวนปัจจัยที่ต้องการศึกษา ได้แก่ ความถี่ในการเขย่า อัตราการป้อน และมุมเอียง (Table 1) โดยกำหนดให้ความเร็วลมคงที่ ที่ 2.5 เมตรต่อวินาที ซึ่งในการทดลองนี้มีจำนวนการทดลองเท่ากับ $2^3 = 8$ การทดลอง (Table 2) โดยทำการทดลองทั้งหมด 64 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 8 ซ้ำ ซ้ำละ 100 กรัม เพื่อทำการทดสอบความมีนัยสำคัญของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการคัดแยกซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำการศึกษาสมการพยากรณ์ต่อไป

การหาน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (ISTA, 1999)

โดยทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดงาขี้ม้อนที่ได้จากการทดลองในแต่ละช่องทางออก (Figure 1) มาจำนวน 100 เมล็ด ชั่งหาน้ำหนักเมล็ดโดยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง คำนวณหาน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

การหาเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

นำค่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ที่ได้จากการทดลองในช่องทางออกเมล็ด A, B, C, D และ E มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การกระจายตัว จากสมการ (1)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกระจายตัว} = \frac{(A+B)}{(A+B+C+D+E)} \times 100 \qquad (1)$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (2^k Factorial Design) ในการออกแบบการทดลอง ที่ระดับปัจจัย ความถี่ในการเขย่า (155 และ165 รอบต่อนาที) อัตราการป้อนเมล็ด (35 และ45 กรัมต่อนาที) และมุมเอียง (1.5 และ2.5 องศา) จาก Table 3 แสดงให้ทราบว่า ที่ระดับปัจจัย ความถี่ในการเขย่า อัตราการป้อนเมล็ด และมุมเอียง ที่แตกต่างกันส่งผลให้การกระจายตัวของน้ำหนักเมล็ดแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่ Run Order 1 ให้ผลการกระจายตัวดีที่สุด คือ 44.41% อันดับสองที่ Run Order 5 และ 7 ให้ผลการกระจายตัวที่ 43.94 และ43.83% ตามลำดับ อันดับสามที่ Run Order 2, 3, 6 และ 8 ให้ผลการกระจายตัวที่ 43.20, 43.22, 43.25 และ43.29% ตามลำดับ และที่ Run Order 4 ให้ผลการกระจายตัวที่น้อยที่สุดคือ 42.65%

สรุปผล

การศึกษาหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้งการทำงานของเครื่องคัดแยกเมล็ดแบบความถ่วงจำเพาะ พบว่าที่ความถี่ในการเขย่า 155 รอบต่อนาที อัตราการป้อนเมล็ด 35 กรัมต่อนาที และมุมเอียง 1.5 องศา ให้ค่าร้อยละของการกระจายตัวของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ดีสุด คือ 44.41 ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำค่าตัวแปรมาใช้ในการปรับตั้งค่าการทำงานของเครื่องคัดเมล็ดแบบความถ่วงจำเพาะในการคัดแยกเมล็ดงาขี้ม้อน

Table 1 Factors and levels in the experiment

Factor	Level		Unit
	Low (-)	High (+)	
Frequency of shaking	155	165	rpm
Feed rate	35	45	gram per minute
Slope angle	1.5	2.5	radian

Table 2 The designation of experiment (2^k Factorial Design)

Run Order	Frequency (rpm)	Feed rate (gram per minute)	Slope angle (radian)
1	-	-	-
2	-	-	+
3	-	+	-
4	-	+	+
5	+	-	-
6	+	-	+
7	+	+	-
8	+	+	+

Table 3 The results of the experiments (2^k Factorial Design)

Run Order	Frequency (rpm)	Feed rate (gram per minute)	Slope angle (radian)	Distribution (%)
1	155	35	1.5	44.41[a]
2	155	35	2.5	43.20[c]
3	155	45	1.5	43.22[c]
4	155	45	2.5	42.65[d]
5	165	35	1.5	43.94[b]
6	165	35	2.5	43.25[c]
7	165	45	1.5	43.83[b]
8	165	45	2.5	43.29[c]

หมายเหตุ; ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

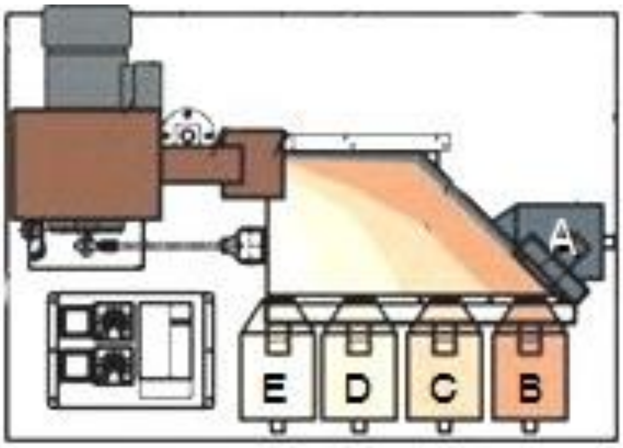


Figure 1 The exit ports of the specific gravity separator (A, B, C, D and E)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, พิมพ์ครั้งที่ 2, กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพ ฯ, 210 หน้า.

สมพร หิรัญรามเดช, 2529, พจนานุกรมชื่อสมุนไพรไทย เล่ม 1, ศูนย์พิมพ์คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 522 หน้า.

International Seed Testing Association (ISTA), 1999, International Rules for Seed Testing, Seed Science and Technology, The International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland, 540 p.

การผลิตต้นแม่พันธุ์ปลอดโรคของส้มโอ [*Citrus maxima* (Burm.) Merr.] พันธุ์ทับทิมสยาม จากต้นในแปลงปลูก

Production of Disease-Free Mother Plant of Pomelo [*Citrus maxima* (Burm.) Merr.] cv. Tup Tim Siam from Field Trees

พิมพา พงศ์พัฒนบุตร[1] **และ รัตนา สดุดี**[1]

Pongpattanabut, P.[1] and Sdoodee, R.[1]

Abstract

Field trees of pomelo cv. Tup Tim Siam, were selected from two orchards at a planting age of 4 and 8 years, at Tumbon Klong Noi in Amphoe Phagphanang, Nakornsrithammarat. Selections were based on trees free from citrus tristeza (CTV) and huanglongbing (HLB) disease symptoms. Selected trees from each orchard were divided into two groups. The first group was assayed for CTV and HLB causal pathogens by ELISA and PCR, respectively, and the second group was not tested. CTV was detected in the 4 and 8 year field trees at 35 % (7/20 trees) and 25 % (5/20 trees), respectively. In contrast, the HLB pathogen was only found in the 4 year trees at 5% (1/20 trees) but not in the 8 year trees. Later, marcotts were propagated from the pathogen-free tested field trees and the untested trees. Rooted marcotts at 45 days old were transplanted and cultivated under insect-proof net houses in order to produce mother plants. Results from pathogen detection indicated that a total of 253/254 mother plants were free from CTV and HLB diseases. However, 1/44 of mother plants propagated from the untested 8 year field trees became infected with HLB. In addition, the marcott survival rate from the 4 year trees (77%) was higher than from the 8 year trees (50%).

Keywords: pomelo cv. Tup Tim Siam, disease-free, ELISA, PCR

บทคัดย่อ

คัดเลือกต้นส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามในแปลงปลูกที่สมบูรณ์ และไม่มีอาการของโรคทริสเตซา และโรคฮวงลองบิง จากสวนส้มที่มีอายุต้น 4 ปี และสวนที่มีอายุต้น 8 ปี ในเขต ต. คลองน้อย อ. ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช แบ่งต้นที่คัดเลือกได้ในแต่ละสวนเป็น 2 กลุ่มกลุ่มแรกตรวจหาเชื้อสาเหตุโรคทริสเตซา และโรคฮวงลองบิง โดยใช้เทคนิคอีไลซ่า และพีซีอาร์ ตามลำดับ กลุ่มสองไม่มีการตรวจเชื้อ ผลการตรวจพบเชื้อทริสเตซาไวรัสในต้นส้มโอในแปลงปลูกของกลุ่มตรวจโรคจากสวนอายุ 4 ปี และสวนอายุ 8 ปี คิดเป็นร้อยละ 35 (7/20 ต้น) และ 25 (5/20 ต้น) ตามลำดับ และพบเชื้อฮวงลองบิงของต้นส้มในแปลงปลูกกลุ่มตรวจโรคจากสวนอายุ 4 ปี คิดเป็นร้อยละ 5 (1/20 ต้น) แต่ตรวจไม่พบเชื้อชนิดนี้ในต้นส้มที่คัดเลือกเป็นกลุ่มตรวจโรคจากสวนอายุ 8 ปี ตอนกิ่งจากต้นในแปลงปลูกกลุ่มผ่านการตรวจแล้วไม่พบเชื้อ และจากต้นในกลุ่มไม่ผ่านการตรวจเชื้อจากสวนที่มีอายุต้นแตกต่างกันคือ 4 และ 8 ปี เมื่อกิ่งตอนมีอายุ 45 วัน ย้ายลงถุงและปลูกเลี้ยงให้เป็นต้นแม่พันธุ์ในโรงเรือนตาข่ายกันแมลง ผลการตรวจโรคบ่งชี้ว่าต้นแม่พันธุ์ที่ผลิตจากกิ่งตอนปลอดจากโรคทริสเตซาและโรคฮวงลองบิงจำนวนทั้งสิ้น 253/254 ต้น และพบต้นแม่พันธุ์ติดเชื้อฮวงลองบิงเพียงชนิดเดียวจำนวน 1/44 ต้น จากกลุ่มของต้นแม่พันธุ์ที่ผลิตจากกิ่งตอนของต้นในแปลงปลูกกลุ่มไม่ตรวจเชื้อที่มีอายุ 8 ปี สำหรับอัตรารอดของกิ่งตอนที่ใช้ผลิตต้นแม่พันธุ์จากต้นในแปลงปลูกอายุ 4 ปี สูงกว่าการตอนจากต้นที่มีอายุ 8 ปี คือร้อยละ 77 และ 50 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ส้มโอทับทิมสยาม ปลอดโรค อีไลซ่า พีซีอาร์

คำนำ

ส้มโอ [*Citrus maxima* (Burm.) Merr.] เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่มีศักยภาพในการส่งออก จากรายงานปี 2552 ของสำนักงานเศรษฐกิจมีการส่งออกส้มโอคิดเป็นเงินมูลค่ากว่า 100 ล้านบาท ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเป็นพันธุ์ส้มโอที่

[1] ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

[1] Department of Pest Management, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkla 90112

กำลังขยายพื้นที่ปลูกเพื่อการส่งออก เนื่องจากเป็นส้มโอที่มีรสชาติหวาน เปลือกบาง เนื้อผลมีสีแดงเหมือนทับทิม เป็นที่ต้องการของตลาดแต่ปัจจุบันการผลิตส้มโอกำลังพบปัญหาโรคที่สำคัญ รัตนา และคณะ (2552) รายงานว่าระหว่างปี 2547-2552 พบการระบาดของโรคทริสเตซาในพื้นที่ปลูกส้มทั่วประเทศไทย ขวัญดาว และ อังสนา (2552) รายงานว่ามีการแพร่ระบาดของโรคฮวงลองบิงในแปลงปลูกส้มโอของอำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงรายประมาณร้อยละ 5-10 ของต้นทั้งหมดในแต่ละสวนที่ทำการศึกษา โรคทั้งสองควบคุมได้ยากเนื่องจากมีแมลงพาหะเป็นตัวแพร่กระจายเชื้อ และยังสามารถถ่ายทอดได้โดยวิธีการขยายพันธุ์ เช่น การติดตาหรือทาบกิ่ง (ลัดดาวัลย์ และคณะ, 2550) ในหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทยมีรายงานการผลิตต้นแม่พันธุ์ และกิ่งพันธุ์ส้มปลอดโรคเพื่อใช้ปลูกทดแทนต้นที่เป็นโรคทำให้สามารถลดการแพร่ระบาดของโรคทริสเตซา และโรคฮวงลองบิง (Sdoodee และคณะ, 2008)

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตต้นแม่พันธุ์ปลอดโรคของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามจากต้นส้มโอในแปลงปลูกโดยวิธีการตอนกิ่งเพื่อใช้ในการผลิตกิ่งพันธุ์ปลอดโรคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

แหล่งของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

คัดเลือกต้นส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามในแปลงปลูกที่ไม่มีอาการของโรคทริสเตซาและโรคฮวงลองบิง จากสวนส้มที่มีอายุต้น 4 ปี และ 8 ปี ใน อ. ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช ซึ่งแบ่งต้นที่คัดเลือกออกเป็น 2 กลุ่มๆ แรกตรวจหาเชื้อสาเหตุโรคทริสเตซา และโรคฮวงลองบิง โดยใช้เทคนิคอีไลซ่า และ พีซีอาร์ ตามลำดับ กลุ่มที่สองไม่มีการตรวจเชื้อ

การตรวจเชื้อสาเหตุโรคทริสเตซา และโรคฮวงลองบิงของส้มโอในแปลงปลูก

ใช้เทคนิค Plate Trapped ELISA (Enzymed-Linked Immunosorbent Assay) ตรวจหาเชื้อสาเหตุโรคทริสเตซา โดยใช้แอนติเซรัมเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามวิธีการที่รายงานโดย Roistacher (1991) และตรวจหาเชื้อสาเหตุโรคฮวงลองบิงโดยใช้เทคนิค PCR (Polymerase Chain Reaction) สกัดดีเอ็นเอจากเส้นกลางใบของส้มโอตามวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Dellaparta และ คณะ (1983) ทำการเพิ่มปริมาณ 16S rRNA gene ของเชื้อ *Candidatus* Liberibacter *asiaticus* โดยวิธี PCR ด้วย forward primer (5' GCGCGTATGCAATACGAGCGGCA 3') และ reverse primer (5' GCCTCGCGACTTCGCAACCCAT 3') (Jagoueix และคณะ, 1994) สารละลายปริมาณรวม 25 ไมโครลิตร ประกอบด้วยดังนี้ 10 x PCR buffer 2.5 ไมโครลิตร, 15 มิลลิโมลาร์ $MgCl_2$ 2.5 ไมโครลิตร, 2.5 มิลลิโมลาร์ dNTP 2.5 ไมโครลิตร *Taq* DNA polymerase (Invitrogen) 0.25 ไมโครลิตร, 0.5 ไมโครโมลาร์ primer 0.7 ไมโครลิตร, DNA ต้นแบบ 2 ไมโครลิตร เติมน้ำให้ครบ 25 ไมโครลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่อง PCR Thermal sequencer FST-320 มีขั้นตอนการทำปฏิกิริยาคือ initial denaturation ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที denaturation ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที annealing ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที และขั้นตอน extension 72 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที 30 วินาที เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา ตรวจสอบด้วยวิธี gel electrophoresis บน 1.5% agarose gel (Sdoodee และคณะ, 1999)

การผลิตต้นแม่พันธุ์ปลอดโรคจากกิ่งตอนของต้นส้มโอในแปลงปลูก

ตอนกิ่งต้นส้มโอในแปลงปลูกจากสวนที่มีอายุต้น 4 และ 8 ปี จากต้นที่คัดเลือกไว้ทั้ง 2 กลุ่ม เมื่อกิ่งตอนงอกราก (45วัน) ย้ายลงถุงและปลูกเลี้ยงให้เป็นต้นแม่พันธุ์ในเรือนตาข่ายกันแมลง ตรวจหาเชื้อสาเหตุโรคทริสเตซา และโรคฮวงลองบิง เมื่อต้นแม่พันธุ์มีอายุ 3 เดือน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การตรวจเชื้อสาเหตุโรคทริสเตซา และโรคฮวงลองบิงของส้มโอในแปลงปลูก

ผลการตรวจพบเชื้อทริสเตซาไวรัสจากต้นในแปลงปลูกสวนที่มีอายุต้น 4 ปี และ 8 ปี คิดเป็นร้อยละ 35 (7/20 ต้น) และ 25 (5/20 ต้น) ตามลำดับ (Table 1) และพบเชื้อสาเหตุโรคฮวงลองบิงจากต้นในแปลงปลูกสวนที่มีอายุต้น 4 ปี คิดเป็นร้อยละ 5 (1/20 ต้น) (Figure 1) และตรวจไม่พบเชื้อดังกล่าวในสวนที่มีอายุต้น 8 ปี จากรายงานของขวัญดาวและอังสนา (2552) ตรวจพบการระบาดของโรคฮวงลองบิงประมาณร้อยละ 5-10 ของจำนวนต้นส้มโอทั้งหมดในแต่ละสวนที่ทำการศึกษา

การผลิตต้นแม่พันธุ์ปลอดโรคจากกิ่งตอนของต้นส้มโอในแปลงปลูก

อัตราการรอดของกิ่งตอนจากสวนอายุ 4 ปี ทั้งกลุ่มที่ผ่านการตรวจเชื้อสาเหตุโรคทริสเตซาและโรคฮวงลองบิงและไม่ผ่านการตรวจเชื้อคือร้อยละ 77 ขณะที่กิ่งตอนจากสวนอายุ 8 ปี มีอัตรารอดที่ต่ำกว่าคือร้อยละ 56 ของกลุ่มที่ผ่าน

การตรวจเชื้อ และร้อยละ 44 ในกลุ่มที่ไม่ผ่านการตรวจเชื้อ โดยเฉลี่ยกิ่งตอนจากสวน 8 ปี มีอัตรารอดร้อยละ 50 จากผลการตรวจเชื้อพบว่าต้นแม่พันธุ์ซึ่งเจริญมาจากกิ่งตอนของต้นในแปลงปลูกจากสวนอายุ 4 และ 8 ปีจำนวน 253/254 ต้น ปลอดจากเชื้อสาเหตุโรคทริสเตซาและโรคฮวงลองบิง เนื่องจากค่า OD 405 ของปฏิกิริยา ELISA ของต้นแม่พันธุ์เหล่านี้อยู่ระหว่าง ($\bar{X}$± SD = 0.118 ± 0.017- 0.209 ± 0.022) ใกล้เคียงกับปฏิกิริยาที่ได้จากต้นส้มโอปกติ ($\bar{X}$± SD = 0.145 ± 0.013) และไม่พบผลผลิตพีซีอาร์ (PCR product) จากดีเอ็นเอที่สกัดจากต้นแม่พันธุ์จำนวน 253 ต้น ซึ่งผลการทดลองส่วนนี้สอดคล้องกับรายงานการผลิตต้นแม่พันธุ์ส้มจุกปลอดโรค โดยใช้กิ่งชำจากต้นในแปลงปลูกที่ผ่านการตรวจเชื้อสาเหตุโรคทั้งสองชนิดโดย Sdoodee และคณะ (2008) แต่พบการติดเชื้อสาเหตุโรคฮวงลองบิงในต้นแม่พันธุ์จำนวน 1/44 ต้น (Figure 2) ซึ่งเป็นต้นแม่พันธุ์มาจากต้นในแปลงปลูกที่ไม่ผ่านการตรวจเชื้อของสวนที่มีอายุต้น 8 ปี

Table 1 Detection of Citrus Tristeza Virus by ELISA in field tree pomeloes from 4 and 8 year orchards.

Field Tree No.	ELISA OD 405 ($\bar{X}$ ± SD)[1/]
4 year orchard	
DAT3-1	0.222 ± 0.042
DAT8-1	0.331 ± 0.033
DAT4-2	0.206 ± 0.008
DAT5-3	0.251 ± 0.030
DAT8-3	0.257 ± 0.021
DAT1-4	0.600 ± 0.025
DAT4-4	0.393 ± 0.020
8 year orchard	
SPT1-2	0.320 ± 0.006
SPT13-3	0.284 ± 0.001
SPT5-4	0.273 ± 0.004
SPT2-5	0.302 ± 0.021
SPT11-5	1.447 ± 0.046

[1/] Mean and standard deviation of ELISA reaction absorbance OD 405 ($\bar{X}$±SD) of healthy pomelo (0.086±0.010)

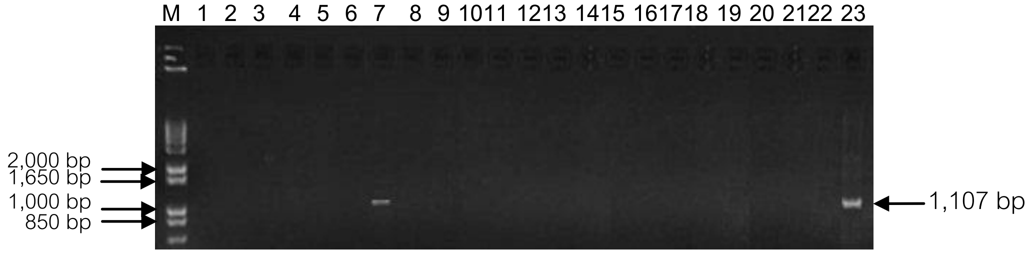


Figure 1 Detection of Huanglongbing pathogen (*Ca*. L. *asiaticus*) by PCR using primers specific for 16S rRNA gene. Lane M DNA maker 1 kb; Lane 1-20 DNA extracted from field 4 year orchard.; Lane 21 DNA from healthy pomelo; Lane 22 Deionized water; Lane 23 DNA from HLB-infected pomelo.

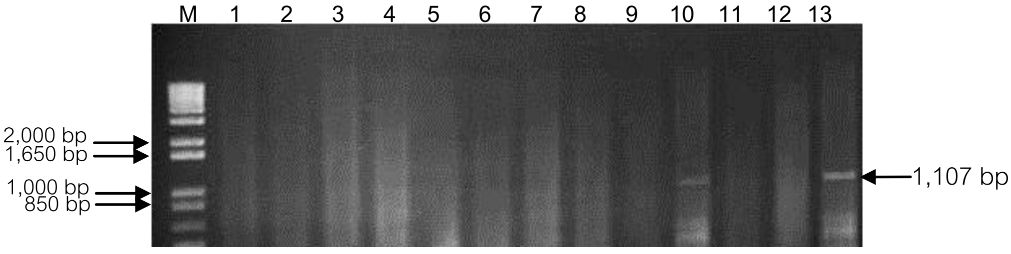


Figure 2 Detection of Huanglongbing pathogen (*Ca*. L. *asiaticus*) by PCR in mother trees propagated from field trees (untested for CTV and HLB) from 8 year orchard. Lane M DNA maker 1 kb; Lane 1-10 DNA extract from mother tree; Lane 11 DNA from healthy pomelo; Lane 12 Deionized water; Lane 13 DNA from HLB- infected pomelo.

Figure 3 Production of disease- free mother trees of Tup Tim Siam pomelo under insect proved net house.
a. Mother trees growing from marcotts propagated from 4 year orchard (left) and 8 year orchard (right).
b, c Disease- free mother trees.

สรุปผล

จากผลการทดลองสามารถผลิตต้นแม่พันธุ์ส้มโอทับทิมสยาม ที่ปลอดจากเชื้อสาเหตุโรคทริสเตซา และโรคฮวงลองบิงได้ร้อยละ 99 จากต้นในแปลงปลูกที่มีอายุ 4 และ 8 ปี ที่ผ่านการทดสอบเชื้อก่อนตอนกิ่ง และกิ่งตอนจากต้นแม่อายุ 4 ปี มีอัตราการรอดมากกว่ากิ่งจากต้นแม่อายุ 8 ปี

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการผลิตต้นแม่พันธุ์และกิ่งพันธุ์ปลอดโรคของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย และทุนอุดหนุนการวิจัยหมวดเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ขวัญดาว ผิวขาว และ อังสนา อัครพิศาล, 2552, การตรวจสอบโรคฮวงลองบิง (กรีนนิ่ง) ในสวนส้มโอที่ผลิตเพื่อการส่งออกที่อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย, วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร, 26: 40-46.

รัตนา สดุดี ปิยวิทย์ โทธรรม ปรีชา ส่งเสริม อมาวดี ไชยชนะ และ อริสา รัตนูปถัมภ์, 2552, ผลกระทบของเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสสายพันธุ์ลำต้นบุ๋มต่อพืชตระกูลส้ม, การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 8 ณ โรงแรม ดิ เอ็มเพรส อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่, 6-9 พฤษภาคม 2552, หน้า 106.

ลัดดาวัลย์ สมเพาะ นิพนธ์ ทวีชัย ศรีเมฆ ชาวโพงพาง อรินทิพย์ ธรรมชัยพิเนต และ อำไพวรรณ ภราดร์นุวัตน์, 2550, การวินิจฉัยโรคทริสเตซาและโรคกรีนนิ่งของมะนาวในประเทศไทยโดยใช้เทคนิคพีซีอาร์, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 45 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, 30 มกราคม–2 กุมภาพันธ์ 2550, หน้า 226-233.

Dellaporta, S.L. Wood, J. and Hicks J.B., 1983, A Plant DNA Minipreparation: Version II, Plant Molecular Reporter, 4: 19-20.

Jagoueix, S,. Bove, J.M. and Garnier, M.,1994, The Phloem-limited Bacterium of Greening Disease of Citrus is a Member of the Alpha Subdivision of the Proteobacteria, International Journal of Systemic Bacteriology, 44: 379-386.

Roistacher, C.N., 1991, Graft-Transmissible Diseases of Citrus: Handbook for Detection and Diagnoses, International Organization of Citrus Virologist, FAO, Rome, 286 p.

Sdoodee, R., Sriboonkong, Y., Hongsa, W. and Luang-Aram, 1999, Detection and Differentiation of Bacterium-like Organism Associated with Citrus Greening Disease in Thailand by RFLP.APPS 11th Biennial Conference, Canberrra, 27-30 september 1999, Australia.

Sdoodee, R., Sriboonkong, Y. and Sutdhikaranya, Y., 2008. Production of Disease-free Mother Trees and Budwood of “Neck orange” in Southern Thailand, Acta Hort, 773: 45-50.

ผลของปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และน้ำต่อคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวเจ้า

Effect of Soy Protein Isolate and Water Requirement on the Qualities of Fried Noodle form Rice Flour

กรรณิการ์ กุลยะณี[1] กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] และ อโนชา สุขสมบูรณ์[1]
Kunyanee, K.[1], Limroongreungrat, K.[1] and Suksomboon, A.[1]

Abstract

Fried noodle from rice flour is an alternative product for celiac patients who are gluten sensitive. The objective of this study was to investigate the effect of soy protein isolate and water requirement on the qualities of fried noodle from rice flour. Fried noodle from rice flour was prepared from 3 levels of soy protein isolate (SPI) (10, 15 and 20% of flour) and 3 levels of water (85, 90 and 95% of flour). The result showed that the increasing of SPI caused the increasing of cooking loss, cooking yield, and hardness, but involved the decreasing of adhesiveness ($p \leq 0.05$). The increasing of water content decreased cooking loss and hardness, but increased adhesiveness ($p \leq 0.05$). The optimum formulation of the fried rice noodles consisted of 10% flour of SPI and 90% flour of water. It gave 6 min of optimum cooking time, the lowest cooking loss of 16.29% and the lowest hardness of 1762.94 g. The result of sensory evaluation showed that the fried noodle from rice flour with 10% of SPI and 90% of water received the high score of overall acceptance (6.04) excepted for the fried rice noodle from 100% wheat flour which received the highest score of 7.16.

Keywords: rice flour, soy protein isolate, water, fried noodle

บทคัดย่อ

บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวเจ้าเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และน้ำที่มีต่อคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวเจ้า โดยแปรปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด เป็น 10 15 และ 20% ของน้ำหนักแป้ง และแปรปริมาณน้ำเป็น 85, 90 และ 95% ของน้ำหนักแป้ง จากผลการวิจัยพบว่า เมื่อปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มขึ้น บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง ($p \leq 0.05$) และเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง ค่าความแข็งลดลง และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้พบว่าบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 และน้ำ 90% ของน้ำหนักแป้ง มีคุณภาพเหมาะสมที่สุด โดยมีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกเท่ากับ 6 นาที ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำที่สุดเท่ากับ 16.29% มีค่าความแข็งต่ำที่สุดเท่ากับ 1762.94 กรัม และ ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด (6.04 คะแนน) รองจากบะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100% ซึ่งได้คะแนนความชอบโดยรวม 7.16 คะแนน

คำสำคัญ: แป้งข้าวเจ้า โปรตีนถั่วเหลืองสกัด น้ำ บะหมี่ทอด

คำนำ

ปัจจุบันอาหารปราศจากกลูเตนเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตนจากแป้งสาลี ดังนั้นแป้งข้าวจึงเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ทดแทนแป้งสาลี เนื่องจากแป้งข้าวไม่มีกลูเตนเหมือนกับในแป้งสาลี แต่แป้งข้าวไม่สามารถให้ความยืดหยุ่นเมื่อนำแป้งมานวดกับน้ำจนกลายเป็นโดและไม่สามารถรีดเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้นบะหมี่ได้ (Sozer, 2009) ในงานวิจัยนี้จึงมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด เพื่อทำให้เกิดโครงสร้าง โดยโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีโปรตีนสูงกว่า 90% และยังเป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่จำเป็น (Kolar และคณะ, 1985) โดย Sudha และคณะ (2011) ศึกษาการเติมแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (defatted soy flour) ปริมาณ 5, 10 และ 15% ต่อน้ำหนักแป้ง ในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งสาลี พบว่าปริมาณแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความแข็งของบะหมี่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ซึ่งนอกจากโปรตีนจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลถึงคุณภาพของบะหมี่แล้ว ปริมาณน้ำยังมีผลต่อลักษณะของบะหมี่โดยตรงกล่าวคือ ถ้าใส่น้ำในส่วนผสมน้อยไป โครงสร้าง

---

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

ของบะหมี่จะไม่แข็งแรง จะร่วนและโปร่ง ทำให้เส้นบะหมี่แข็งและขาดง่าย แต่ถ้าใส่น้ำมาก เกินไป โดจะแฉะ เหนียวติดมือ รีดไม่ได้ ตัดเป็นเส้นก็จะติดกันง่าย Park และ Kim (1990) กล่าวว่าปริมาณน้ำยังมีผลต่อคุณภาพของบะหมี่ในด้านต่างๆ เช่น สี และลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นต้น Choy และคณะ (2010) ศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งสาลีชนิดโปรตีนต่ำ (8.80%) พบว่าปริมาณน้ำ 40% ของน้ำหนักแป้ง ทำให้ได้ส่วนผสมที่เหนียว ได้โดที่มีเนื้อเนียน และเมื่อนำโดที่ได้มารีดเป็นเส้น พบว่าเส้นบะหมี่มีค่า hardness ลดลง ค่า stickiness และ adhesiveness เพิ่มขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และน้ำต่อคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมบะหมี่ทอดจากแป้งข้าว เตรียมบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวโดยเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 3 ระดับ คือ 10, 15 และ 20%ของน้ำหนักแป้ง และน้ำ 3 ระดับ คือ 85, 90 และ 95%ของน้ำหนักแป้ง และบะหมี่ทอดจากจากแป้งสาลี 100% (ตัวอย่างควบคุม) โดยผสมแป้ง โปรตีนถั่วเหลืองสกัด และน้ำด้วยเครื่องผสมไฟฟ้าให้เป็นโด นำโดไปนึ่งเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมานวดต่อนาน 10 นาที อัดโดโดยใช้เครื่องทำพาสต้าที่มีหน้าแปลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักบะหมี่ 50 กรัม ใส่แม่พิมพ์สี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 9 เซนติเมตร ยาว 9 เซนติเมตร นำไปนึ่งเป็นเวลา 6 นาที และนำไปทอดด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทิ้งให้เย็นแล้วจึงบรรจุใส่ถุงพลาสติกที่ปิดสนิท จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ วิเคราะห์คุณภาพคุณภาพของบะหมี่หลังการต้ม (cooking quality) โดยหาเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (cooking time) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม (cooking loss) และน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม (cooking yield) ตามวิธีของ AACC (2000) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Micro System, รุ่น TA-XT2) โดยวัดค่าความแข็ง (hardness) และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า (adhesiveness) ของบะหมี่โดยใช้หัววัด P/ 35 ตามวิธีของ Stable Micro Systems, Rep: Noo2/P35 วางแผนการทดลองแบบ Factorial Design in CRD ที่ระดับ 3x3 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของบะหมี่โดยวิธี 9-point hedonic scale ประเมินผลในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พิจารณาเลือกปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดและน้ำที่เหมาะสมจากบะหมี่ที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด และพิจารณาคุณภาพหลังการต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสประกอบด้วย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกอยู่ในช่วง 6-8 นาที และเมื่อปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพิ่มขึ้น มีผลให้บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) (Table 1) เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้สูง (Preeti และคณะ, 2008) ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเกิดเจลาติไนซ์ของสตาร์ชในแป้งข้าวจึงเหลือน้อยลงเกิดการเจลาติไนซ์ไม่สมบูรณ์ ทำให้โครงสร้างของเส้นขาดความเป็นเนื้อเดียวกัน มีผลให้สตาร์ช หรือองค์ประกอบภายในเส้นกระจายตัวออกมาในน้ำที่ใช้ในการต้ม (Tudorica และคณะ, 2002) และปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง ($p\leq0.05$) (Table 2) เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์เกิดเป็นโครงร่างตาข่ายที่แข็งแรงทำให้บะหมี่จากแป้งข้าวที่มีโปรตีนถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น (Lamacchia และคณะ, 2010) เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (Table1) จากการที่โดมีน้ำเป็นส่วนผสมมากขึ้นทำให้เส้นมีปริมาณของแข็งลดลง เมื่อนำเส้นมาต้มทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายออกมาลดลดลงด้วย และปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแข็งลดลง และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) (Table 2) เนื่องจากปริมาณน้ำที่เหมาะสมมีผลทำให้เม็ดสตาร์ชยึดเกาะติดกันได้ดี แต่ถ้าปริมาณน้ำที่มากเกินไป มีผลให้โดแฉะ เหนียวติดมือ ทำให้เส้นติดกัน และขาดง่าย (Dexter และคณะ, 1979) ในขณะที่ถ้าปริมาณน้ำที่น้อยเกินไปจะทำให้โดแข็ง ยากต่อการดึงยืด เส้นแตกเปราะและขาดง่าย (Park และ Kim, 1990) ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10%ของน้ำหนักแป้ง และน้ำ 90%ของน้ำหนักแป้ง ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด (6.04 คะแนน) ($p\leq0.05$) รองจากบะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100% ซึ่งได้คะแนนความชอบโดยรวม 7.16 คะแนน (Table 3)

สรุปผล

ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และน้ำมีผลต่อคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าว โดยบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10% ของน้ำหนักแป้ง และน้ำ 90% ของน้ำหนักแป้ง เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่ทอดจากแป้งข้าว และได้คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด รองจากบะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100%

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา ปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

American Association of Cereal Chemist (AACC), 2000, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist, Minnesota: American Association of Cereal Chemist.

Choy, A.L., Hughes, J. and Small, D., 2010, The Effects of Microbial Tranglutaminase, Sodium Stearoyl Lactylate and Water on the Quality of Instant Fried Noodles, Food Chemistry, 122: 957-964.

Dexter, J.E., Mastsuo, R.R. and Dronzek, B.L., 1979, A Scanning Electron Microscopy Study of Japanese Noodles, American Association of Cereal Chemists, 56(3): 202-208.

Kolar, C.W., Richert, S.H., Dexker, C.D., Steinke, F.H. and Vender, R.J., 1985, Isolate soy protein, New Protein Food: Seed Storage Protein, Florida Academic Press, 5.

Lamacchia, C., Baiano, A., Lamparelli, S., Padalino, L., La Notte, E. and Di Luccia, A., 2010, Study on the Interaction Between Soy and Semolina Proteins During Pasta Making, Food Research International, 43: 1049-1056.

Park, W.P. and Kim, Z.U., 1990, Processing Characteristics of Extruded Noodles Mix with Soybean Flour, Journal of Agroindustry, 33(3): 209-215.

Preeti, S., Kumar, R., Sabapathy, S.N. and Bawa, A.S., 2008, Functional and Edible Uses of Soy Protein Product, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 7: 14-28.

Sozer, N., 2009, Rheological Properties of Rice Pasta Dough Supplemented with Proteins and Gums, Food Hydrocolloids, 23: 849-855.

Sudha, M.L., Rajeswari, G. and Rao, G.V., 2011, Influence of Defatted Soy Flour and Whey Protein Concentrate on Dough Rheological Characteristics and Quality of Instant Vermicelli, Journal of Texture Studies, 42: 72-80.

Tudorica, C.M., Kuri, V. and Bernnan, C.S., 2002, Effect of Transglutaminase on the Quality of Wheat–based Pasta Products, European Food Research and Technology, 226: 603-611.

Table 1 Effect of soy protein isolate and water on the cooking properties of fried noodle from rice flour.

SPI (% of flour)	Water (% of flour)	Cooking Time (Min.)	Cooking Loss (%)	Cooking Yield (%)
10	85	6.5	16.23±0.46^{d}	242.82±1.42^{g}
	90	6	16.29±0.35^{d}	249.31±0.59^{f}
	95	6	15.17±0.14^{e}	261.19±0.97^{c}
15	85	7.5	17.98±0.07^{b}	255.17±0.71^{e}
	90	7	15.81±0.19^{d}	261.97±0.77^{c}
	95	7	15.23±0.28^{e}	257.10±0.84^{d}
20	85	8	18.65±0.04^{a}	260.76±0.28^{c}
	90	8	17.38±0.18^{c}	265.72±0.55^{b}
	95	8	16.29±0.35^{d}	274.94±0.21^{a}

$^{a,b,c...}$ The mean values in the same column with the different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 2 Effect of soy protein isolate and water on the textural properties of fried noodle from rice flour.

SPI (% of flour)	Water (% of flour)	Hardness (g.)	Adhesiveness (g.s.)
10	85	1771.74±11.37^{e}	-18.38±0.38^{b}
	90	1762.94±11.02^{e}	-22.56±0.30^{a}
	95	1750.50±10.12^{f}	-22.43±0.29^{a}
15	85	2142.52±9.34^{b}	-14.53±0.26^{e}
	90	1870.35±11.80^{c}	-16.28±0.33^{d}
	95	1854.49±9.80^{d}	-16.71±0.31^{c}
20	85	2366.70±11.92^{a}	-14.32±0.32^{e}
	90	2361.94±10.36^{a}	-16.27±0.30^{d}
	95	2359.76±10.58^{a}	-16.67±0.18^{c}

$^{a,b,c...}$ The mean values in the same column with the different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 3 Sensory evaluation of fried noodle from rice flour.

SPI (% of flour)	Water (% of flour)	Color	Flavor	Texture	overall acceptance
10	85	6.24±0.52^{b}	6.12±0.67^{b}	5.20±0.58^{cd}	5.52±0.51^{cd}
	90	6.12±0.78^{bc}	5.86±0.90^{cd}	5.60±0.82^{bc}	6.04±0.54^{b}
	95	6.44±0.77^{b}	5.96±0.68^{bc}	5.08±0.91^{d}	5.48±0.82^{cd}
15	85	5.80±0.58^{cd}	5.64±0.49^{cd}	5.20±0.58^{cd}	4.04±0.79^{e}
	90	5.20±0.56^{d}	5.92±0.57^{bc}	5.80±0.96^{b}	5.68±0.48^{c}
	95	5.12±0.33^{e}	5.52±0.51^{d}	4.96±0.98^{d}	5.20±0.58^{d}
20	85	4.76±0.52^{f}	4.72±0.68^{e}	4.04±0.68^{e}	4.36±0.64^{e}
	90	4.40±0.58^{h}	5.00±0.82^{e}	4.16±0.37^{e}	4.12±0.33^{e}
	95	4.76±0.60^{f}	4.64±0.49^{e}	4.24±0.44^{e}	4.20±0.41^{e}
wheat flour 100 %		7.12±0.44^{a}	6.64±0.49^{a}	7.08±0.86^{a}	7.16±0.55^{a}

$^{a,b,c...}$ The mean values in the same column with the different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

ผลของวิธีการเตรียมต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน

Effect of Preparation Methods on Antioxidant Capacity, Total Phenolic Content and Functional Properties of Dietary Fiber Powder from Sweet Orange Meal

กุหลาบ สิทธิสวนจิก[1] พีรยา โชติถนอม[2] และ ขัตติยา ชิณวงษ์[1]
Sittisuanjik, K.[1], Chottanom, P.[2] and Chinnawong, K.[1]

Abstract

The objective of the research was to investigate the effect of preparation methods on antioxidant capacity, total phenolic content and functional properties of dietary fiber powder from sweet orange meal. Sweet orange meal was prepared by using three different methods: washing, blanching and immersing in ethanol solution. The result showed that the preparation of dietary fiber powder were washed with tap water had highest total phenolic, total antioxidant capacity and 1,-1 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging (87.22 μg GAE/g dry basis, 782.62 μg GAE/g dry basis and 0.11 g/mL, respectively). The different preparation method had an influence on functional properties of dietary fiber powder from sweet orange meal ($p \leq 0.05$). The result showed that the preparation of dietary fiber powder were immersed with ethanol had highest water holding capacity, oil holding capacity and bulk density (14.48 g water/g sample, 1.66 g oil/g sample and 0.57 g sample/cm^3, respectively). The present data may provide a guideline for the use of dietary fiber powder from sweet orange meal in food formulation.

Keywords: antioxidant capacity, phenolic content, functional properties

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาผลของวิธีการเตรียมต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน โดยวิธีเตรียมกากส้มเขียวหวาน 3 วิธี ได้แก่ การล้าง การลวกและการแช่สารละลายเอทานอล จากการทดลองพบว่าการเตรียมใยอาหารโดยใช้วิธีการล้างวัตถุดิบด้วยน้ำประปามีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระรวม (total antioxidant capacity) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (1,-1 diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging; IC_{50}) สูงสุด (มีค่าเท่ากับ 87.22 μg GAE/กรัมน้ำหนักแห้ง, 782.62 μg GAE/กรัมน้ำหนักแห้ง และ 0.11 กรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ) วิธีการเตรียมมีผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน ($p \leq 0.05$) พบว่าการเตรียมใยอาหารผงด้วยวิธีการแช่สารละลายเอทานอล แสดงค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมันและค่า bulk density สูงสุด (มีค่าเท่ากับ 14.48 น้ำหนักน้ำ/ น้ำหนักตัวอย่าง, 1.66 น้ำหนักน้ำมัน/ น้ำหนักตัวอย่าง และ 0.57 น้ำหนักตัวอย่าง/ปริมาตร ตามลำดับ) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ใช้เป็นแนวทางสำหรับประยุกต์ใช้ใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานในสูตรผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

คำสำคัญ: ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม สมบัติเชิงหน้าที่

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, 1061 ซอยอิสรภาพ 15 ถนนอิสรภาพ เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 16000

[1] Division of Food Science and Technology,Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajaphat University, 1061 Soi Isaraphab 15, Isaraphab Rd., Thonburi, Bangkok 10600 Thailand

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม 44000

[2] Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Mahasarakham 44000 Thailand

คำนำ

ส้มเขียวหวานมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulate* Blanco เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยผลผลิตที่ได้นอกจากจะนำมาบริโภคผลสดยังนิยมแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น น้ำส้มเข้มข้น แยม และมาร์มาเลด เป็นต้น ในกระบวนการแปรรูปทำให้มีเศษเหลือทิ้งที่เป็นส่วนเปลือกและส่วนของกากส้มที่คั้นน้ำออกแล้ว มีรายงานว่าปริมาณของเศษเหลือทิ้งจากผลไม้ตระกูลส้มคิดเป็นร้อยละ 50 ของผลไม้ทั้งหมด (Nassar และคณะ, 2008) ส่วนมากจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ย หรืออาหารสัตว์ เนื่องจากมีเส้นใยอาหารสูง (Lario และคณะ, 2004) แต่การใช้ประโยชน์ดังกล่าวมีมูลค่าต่ำ ขณะที่เศษเหลือทิ้งของส้มอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสำคัญหลายชนิด เช่น กรดแอสคอร์บิก ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก และเพคติน เป็นต้น (Ghasemi และคณะ, 2009) ดังนั้นในการที่จะนำส่วนของเปลือก และกากส้มที่เหลือจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์มาเพิ่มมูลค่าเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร จำเป็นต้องทำการศึกษาวิธีการเตรียม เนื่องจากมีผลต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีและกายภาพของใยอาหารผงและผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาวิธีการเตรียมใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่มีต่อคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติเชิงหน้าที่ของใยอาหารเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้เกิดประโยชน์สูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำกากส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งที่แยกเปลือกและเมล็ดออกแล้วมาเตรียมในรูปของใยอาหารผง 3 วิธี คือ วิธีแรก นำกากส้มมาล้างด้วยน้ำประปาที่อุณหภูมิปกติ วิธีที่ 2 ลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และวิธีที่ 3 นำกากส้มที่ผ่านการลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แช่สารละลายเอทานอล 95% v/v ดัดแปลงตามวิธีของ Prakongpan และคณะ (2002) นำทุกตัวอย่างมาทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส บดและร่อนผ่านตะแกรง เก็บในถุงโพลีเอทิลีน เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

2. การเตรียมสารสกัด

นำใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่เตรียมในข้อ 1 มาสกัดด้วยสารละลายเมทานอลเข้มข้น 80 % v/v ดัดแปลงตามวิธีของ Loypimai และคณะ (2010) และเก็บรักษาในขวดฝาเกลียวสีชาที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส จนกระทั่งทำการวิเคราะห์

3. การวิเคราะห์สารสกัด

นำสารสกัดจากข้อ 2 มาทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด(total phenolic compounds) ตามวิธีของ Loypimai และคณะ (2009) โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารละลายมาตรฐาน วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 1,-1 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ตามวิธีของ Dasgupta และ De (2004) รายงานผลเป็นค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูล DPPH ได้ 50% (IC_{50}) และวิเคราะห์ total antioxidant capacity ดัดแปลงตามวิธีของ Dasgupta และ De (2004) เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์โดยใช้กรดแกลลิก

4. การตรวจคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผงกากส้ม

นำใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานมาทำการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมัน (water and oil holding capacity) ตามวิธีของ Ang (1991) และค่า bulk density ตามวิธีของ Prakongpan และคณะ (2002)

5. การประเมินผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย analysis of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan' s multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาวิธีการเตรียมใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน พบว่าวิธีการเตรียมมีผลต่อปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสมบัติของใยอาหาร ($p \leq 0.05$) (Table 1 และ Table 2) โดยวิธีการเตรียมตัวอย่างด้วยการล้างน้ำประปาที่อุณหภูมิปกติมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระรวม (total antioxidant capacity) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (1,-1 diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging) สูงสุด (Table 1) โดยมีค่า 87.22 μg GAE/กรัมน้ำหนักแห้ง, 782.62 μg GAE/กรัมน้ำหนักแห้ง และ

IC_{50} เท่ากับ 0.11 กรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ เนื่องจากการลวกวัตถุดิบกากส้มด้วยน้ำร้อนและการแช่เอทานอลทำให้มีการสูญเสียสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระบางชนิด เช่น รงควัตถุ กรดแอสคอร์บิก และสารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น สำหรับการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมัน (water and oil holding capacity) และค่า bulk density พบว่าการเตรียมใยอาหารโดยใช้วิธีการแช่สารละลายเอทานอล 95% v/v มีค่าสูงสุด เท่ากับ 14.48 น้ำหนักน้ำ/น้ำหนักตัวอย่าง 1.66 น้ำหนักน้ำมัน/น้ำหนักตัวอย่าง และ 0.57 น้ำหนักตัวอย่าง/มิลลิลิตร ตามลำดับ (Table 2) มีรายงานว่าใยอาหารผงจากเศษส้มที่เหลือจากการคั้นน้ำมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำอยู่ระหว่าง 7.30-10.32 น้ำหนักน้ำ/น้ำหนักใยอาหาร และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน เท่ากับ 0.863-1.275 น้ำหนักน้ำมัน/น้ำหนักใยอาหาร (Grigelmo-Migel และ Martín-Belliso, 1999) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงจากผลที่ได้ทำการศึกษา ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของใยอาหารผงจากเศษเหลือทิ้งของผลไม้ตระกูลส้ม เช่น สายพันธุ์ อุณหภูมิในการทำแห้ง และวิธีการเตรียม เป็นต้น (Grigelmo-Migel และ Martín-Belliso,1999; Larrauri, 1999; Lario และคณะ, 2004)

สรุปผล

ใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวานที่เตรียมโดยวิธีการล้างด้วยน้ำประปามีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด และการเตรียมโดยการแช่สารละลายเอทานอลใยอาหารผงมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมัน (water and oil holding capacity) และค่า bulk density สูงสุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

Ang, J.F., 1991, Water Retention Capacity and Viscosity Effect of Powdered Cellulose, Journal of Food Science, 56(6): 1682-1684.

Dasgupta, N. and De, B., 2004, Antioxidant Activity of *Piper betle* L. Leaf Extract *in vitro*, Food Chemistry, 88(2): 219-224.

Ghasemi, K., Ghasemi, Y. and Ebrahimzadeh, M.A., 2009, Antioxidant Activity, Phenol and Flavonoid Contents of 13 Citrus Species and Tissues, Pakistan Journal of Pharmaceutical Science, 22(3): 277-281.

Grigelmo-Migel, N. and Martín-belliso, O., 1999, Characterization of Dietary Fiber from Orange Juice Extraction, Food Research International, 31(5): 355-361.

Larrauri, J.A.,1999, New Approaches in the Preparation of High Dietary Fiber Powders from Fruit by-Products, Trends in Food Science & Technology, 10: 3-8.

Lario, Y., Sendra, E., Garc, J., Pérez, A., Fuentes, C., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J. and Pérez-Alvarez, J.A., 2004, Preparation of High Dietary Fiber Powder from Lemon Juice by-Product, Innovative Food Science and Emerging Technologie, 5: 113-117.

Loypimai, P., Moongngam, A. and Chottanom, P., 2009, Effects of Ohmic Heating on Lipase Activity, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Rice Bran, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4): 3642-3652.

Nassar, A.G., AbdEl-Hamied, A.A. and EL-Naggar, E.A., 2008, Effect of Citrus by-Products Flour Incorporation on Chemical, Rheological and Organolepic Characteristics of Biscuits, World Journal of Agricultural Sciences, 4(5): 612-616.

Prakongpan, T., Nitithamyong, A. and Luangpituksa, P., 2002, Extraction and Application of Dietary Fiber and Cellulose from Pineapple Cores, Journal of Food Science, 97: 1308-1313.

Table 1 Total phenolic content and antioxidant activity of dietary fiber powder from sweet orange meal prepared by different methods.

Preparation method	Total phenolic content (μg gallic acid equivalent/ g dry basis)	Total antioxidant capacity (μg gallic acid equivalent/ g dry basis)	DPPH (IC_{50}, g/mL)
Washing	87.22 ± 0.40^{a}	782.62 ± 2.63^{a}	0.11 ± 0.00^{c}
Blanching	76.94 ± 0.44^{b}	447.04 ± 1.52^{b}	0.12 ± 0.00^{b}
immersing in ethanol	41.64 ± 0.92^{c}	388.56 ± 2.55^{c}	0.15 ± 0.01^{a}

$^{a-c}$ Mean within a column with different letters are different ($p \leq 0.05$)

IC_{50}: DPPH radical scavenging activity concentration of extract that inhibited at 50%

Table 2 Water holding capacity (WHC), oil holding capacity (OHC) and bulk density of dietary fiber powder from sweet orange meal prepared by different methods.

Preparation method	WHC (g water/ g sample)	OHC(g oil/ g sample)	Bulk density (g sample/ mL)
Washing	5.51 ± 0.07^{c}	1.48 ± 0.02^{c}	0.42 ± 0.01^{c}
Blanching	7.97 ± 0.09^{b}	1.55 ± 0.03^{b}	0.48 ± 0.01^{b}
immersing in ethanol	14.48 ± 0.12^{a}	1.66 ± 0.03^{a}	0.57 ± 0.01^{a}

$^{a-c}$ Mean within a column with different letters are different ($p \leq 0.05$)

สมบัติเชิงกายภาพบางประการของซุปที่ผลิตจากข้าวกล้องและข้าวฮาง

Selected Physical Properties of Soup Produced from Brown Rice and Parboiled (Hang) Rice

สุขทิพย์ สุขใส[1] ชลิดา เนียมนุ้ย[2] อนุกูล วัฒนสุข[3] กนกภรณ์ ครุฑภาพันธ์[1] และ โสรยา เกิดพิบูลย์[1]

Suksai, S.[1], Niamnuy, C.[2], Wattanasuk, A.[3] Krutpapan, K.[1] and Kerdpiboon, S.[1]

Abstract

Nutritious food has recently gained much popularity to consumer. Brown rice, processed from partially polishing, possesses high nutritional value food products. Besides, Hang rice, obtained by harvesting paddy during its immature stage prior to being subjected to aging, streaming, drying and partially polishing. Brown rice and Hang rice are highly nutritious nature, especially for rice soup due to its ready to eat product. The purpose of this research was to study selected physical properties of rice soup. Rice flour was prepared from 100-micrometer size of brown rice and Hang rice. Rice flour was mixed with water at rice flour and water ratios of 1:8, 1:10 and 1:12 and boiled in hot water to prepare rice soup. Rice soup was then determined color, viscosity and texture. Results demonstrated that types of rice and rice flour to water ratios affected lightness, redness, yellowness, viscosity and texture of the soup. Increased water ratios resulted in soup with decreased lightness, redness, yellowness, viscosity and texture. Additionally, rice soup produced from brown rice had lightness, redness, yellowness, viscosity and texture higher than that soup produced from Hang rice.

Keywords: brown rice, parboiled (Hang) rice, physical property, soup

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพอย่างแพร่หลาย ข้าวกล้องเป็นข้าวที่ผ่านกระบวนการขัดสีเพียงเพื่อให้เปลือกหุ้มเม็ดข้าวหลุดออก จึงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง นอกจากนี้ข้าวฮางซึ่งเป็นข้าวเก็บเกี่ยวในขณะที่ยังไม่แก่จัด บ่มไว้เพื่อให้เปลือกข้าวอ่อนตัว นึ่ง และอบแห้ง ก่อนการนำมาขัดสีในลักษณะเดียวกันกับข้าวกล้อง ข้าวกล้องและข้าวฮางจึงมีศักยภาพในการนำมาบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะซุปข้าวซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่รับประทานง่าย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกายภาพบางประการของซุปข้าว โดยการบดข้าวกล้องและข้าวฮางให้มีขนาด 100 ไมครอน จากนั้นนำแป้งข้าวกล้องและข้าวฮางต้มในน้ำเดือด อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:8 1:10 และ 1:12 ตรวจสอบสี ความหนืด และลักษณะเนื้อสัมผัสของซุปข้าว ผลการทดลองพบว่า ชนิดข้าวและอัตราส่วนของแป้งข้าวต่อน้ำ ส่งผลต่อความสว่าง สีแดง สีเหลือง ความหนืด และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ การเพิ่มปริมาณสัดส่วนน้ำส่งผลให้ ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง ค่าความเป็นสีเหลือง ความหนืด และลักษณะเนื้อสัมผัสของซุปลดลงเล็กน้อย ซุปที่ผลิตจากข้าวกล้องมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง ค่าความเป็นสีเหลือง ความหนืด และค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่สูงกว่าซุปที่ผลิตจากข้าวฮาง

คำสำคัญ: ข้าวกล้อง ข้าวฮาง ซุป สมบัติเชิงกายภาพ

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น ข้าวกล้องเป็นข้าวที่ผ่านการขัดสีเพียงเพื่อให้เปลือกหุ้มเมล็ดหลุดออก (มอกช. 400-2546) และยังคงมีสารอาหารที่มีประโยชน์แก่ร่างกายอยู่ในเม็ดข้าว ได้แก่วิตามินบี 1 ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา ฟอสฟอรัสช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดูก และฟัน เป็นต้น (Shoichi, 2004) นอกจากนี้ยังมีการสะสมของสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ กรดแกมมาแอมิโนบิวทีริก (Gamma aminobutyric acid, GABA) ที่เกิดจากการย่อย

[1] คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพ 10520

[1] Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถนนพหลโยธิน บางเขน กรุงเทพ 10900

[2] Faculty of Engineering, Kasetsart University, Paholyothin Road, Bangkhaen, Bangkok, 10900

[3] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกนคร เมือง สกลนคร 47000

[3] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Muang Sakon Nakhon 47000

สลายกรดกลูตามิกโดยเอนไซม์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาทประเภทยับยั้ง ช่วยรักษาโรคที่เกี่ยวกับระบบประสาท และช่วยควบคุมความดันโลหิต เป็นต้น (Oh, 2003; Komatsuzaki และคณะ, 2007) และข้าวฮางซึ่งเป็นข้าวที่ผลิตจากการเก็บเกี่ยวข้าวที่ยังไม่แก่เต็มที่ (ระยะการสุกร้อยละ 85) พักไว้ 1-2 คืนเพื่อให้เปลือกข้าวอ่อนตัว นึ่ง และอบแห้งก่อน การขัดสีในลักษณะเดียวกันกับข้าวฮางเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพในการแปรรูปต่อไปเป็นอาหารเพื่อสุขภาพเช่นกัน

อุตสาหกรรมอาหารในปัจจุบัน มีการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าวสูงขึ้นซุปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจเนื่องจากสามารถรับประทานได้ง่าย และเหมาะกับทุกเพศทุกวัย อย่างไรก็ตามการใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกันส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของซุปข้าว เช่น สี ความหนืด และลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการเตรียมผลิตภัณฑ์ซุปข้าว โดยใช้ข้าวกล้อง และข้าวฮาง ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำต่างๆ และพิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านสมบัติเชิงกายภาพ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการนำข้อมูลไปใช้สำหรับการผลิตซุปข้าวฮางที่เหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. กระบวนการผลิตซุปข้าวฮาง และข้าวกล้อง

วัตถุดิบ ข้าวกล้อง และข้าวฮางที่ผลิตจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 (*Oryza sativa* L.) (เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2554) จากกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร บ้านนาบ่อ อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร ควบคุมความชื้นเริ่มต้นของข้าว 8-10% (wb) บรรจุสภาวะสุญญากาศในถุงลามิเนตโลเดนซิตี้โพลีเอทีลีน (LLDPE) ถุงละ 300 กรัม เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C จนกว่าจะนำไปใช้ ขั้นตอนการเตรียมแป้งข้าวมีขั้นตอนดังนี้

การเตรียมแป้งข้าว นำข้าวกล้อง และข้าวฮางมาผ่านการบดให้มีขนาด 2 mm โดยใช้ Hammer mill (Philip - Cucina, Indonesia) จากนั้นเทเข้าเครื่อง Pin mill (Retsch ZM1000, Germany) ให้มีขนาด 100 µm

การผลิตซุปข้าวกล้อง และซุปข้าวฮาง นำแป้งข้าวกล้อง แป้งข้าวฮางและน้ำ ในอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่ 3 อัตราส่วน คือ 1:8 1:10 และ1:12 มาต้มโดยให้ความร้อนใน Water bath 100°C เป็นเวลา 60 นาทีโดยการคนหลังจากนาทีที่ 3 และ 10 หลังจากนั้นคนทุกๆ 10 นาที จนครบ 60 นาที (ดัดแปลงจาก Hellands และคณะ, 2002) ทำให้เย็นลงที่ 45°C ใน water bath นาน 30 นาที จากนั้นนำซุปข้างกล้อง และซุปข้าวฮางตรวจสอบสมบัติเชิงกายภาพ

2. การวัดสี

วัดค่าสีของซุปข้างกล้อง และซุปข้าวฮาง โดยใช้เครื่องวัดสี Chroma meter (Minolta CR400, Japan) แสดงค่าเป็นค่า L^* a^* และ b^* ทำการทดลอง 2 ครั้ง ในแต่ละครั้งทำ 3 ซ้ำ

3. การวัดความหนืด

วัดความหนืดของซุปข้าวโดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer (model LVDV-III Ultra Rheometer U.S.A) โดยใช้เข็ม (Spindle) LV 4 (64) ความเร็วรอบ (Speed) 100 rpm ทำการทดลอง 2 ครั้ง ในแต่ละครั้งทำ 3 ซ้ำ

4. การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

วัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของซุปข้าวกล้อง และซุปข้าวฮางโดยใช้ Texture Analyser (Model TA-XT2i, England) ออกแบบการวัดโดยวิธี back extrusion หาค่า Consistency (ความข้นหนืด, Nsec) และ Viscosity index (ค่าดัชนีความหนืด, Nsec) ทำการทดลอง 2 ครั้ง ในแต่ละครั้งทำ 3 ซ้ำ

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกายภาพของซุปข้าว 2 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของข้าว 2 ชนิด และอัตราส่วน ข้าวต่อน้ำ 3 ระดับ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. สี

ชนิดของข้าวและอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำส่งผลต่อความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของซุปข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับซุปฮาง พบว่าค่าสีมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (Table 1) เนื่องจากองค์ประกอบของข้าวทั้งสองชนิดที่แตกต่างกัน และกรรมวิธีการทำข้าวทั้งสองชนิดที่แตกต่างกัน คือ ข้าวกล้องที่เป็นข้าวที่ผ่านการขัดสีเพียงครั้งเดียว เพียงเพื่อให้เปลือกหุ้มเมล็ดข้าว (มอกช. 400-2546) แต่ข้าวฮางนั้นเป็นข้าวนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด ผึ่งลมให้แห้ง

ก่อนการนำไปขัดสีเป็นข้าวสารโดยกระบวนการนึ่ง ก่อนการขัดสีจึงทำให้ข้าวฮาง สีเหลืองทองจึงทำให้มีค่าความเป็นสีเหลือง สีแดง และความสว่างมากกว่าข้าวกล้อง และเมื่อวัตถุดิบได้รับความร้อนจะทำให้โมเลกุลของน้ำแยกออก ส่วนผสมดังกล่าวมีสีเข้มขึ้นจึงส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นเมื่อลดอัตราส่วนของน้ำต่อข้าว (นิธิยา, 2543)

2. ความหนืด

ซุปข้าวมีความหนืด 2290.83 – 5961.67 cPs ขึ้นกับชนิดข้าวและสัดส่วนน้ำที่ใช้ จาก Table 1 พบว่าซุปข้าวมีความหนืดระหว่างชนิดของข้าวทั้งสองชนิด และอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำส่งผลต่อความหนืดของซุปข้าวกล้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากข้าวมีคุณสมบัติในการเกิดเจลเมื่อได้รับความร้อนซึ่งเม็ดแป้งในข้าวจะดูดซึมน้ำ และพองตัวขยายใหญ่ขึ้น ในขณะเดียวกันน้ำบริเวณรอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลงทำให้การเคลื่อนไหวของเม็ดแป้งเป็นไปได้ยากทำให้เกิดความหนืดขึ้น เมื่อแป้งได้รับความร้อนจะดูดซึมน้ำและพองตัวขึ้น น้ำบริเวณ รอบๆเม็ดแป้งเหลือน้อยลงทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากเกิดความหนืดขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจนถึงจุดที่มีความหนืดสูงสุด เป็นจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาต่อไปอีก รวมทั้งการกวนอย่างต่อเนื่องจะทำให้โครงสร้างภายในแตกออกความหนืดลดลง ต่อมาอุณหภูมิลดลงทำให้เกิดการรีโทรเกรเดชัน ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอีกเนื่องจากการเรียงตัวกันใหม่ของโมเลกุลอะมิโลสที่หลุดออกจากเม็ดแป้ง (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) ซึ่งผลการทดลองพบว่าซุปข้าวฮางมีความหนืดของน้อยกว่าซุปข้าวกล้องเนื่องจากข้าวฮางมีการให้นึ่งมาก่อนส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนมีการคลายตัวลงเม็ดแป้งจะดูดน้ำและพองตัวทำให้น้ำแป้งมีความหนืดและใสขึ้น โมเลกุลของแป้ง เกิดเจลลาติไนเซชัน การเกิดเจลลาติไนซ์มากขึ้นนั้น ส่งผลให้เม็ดแป้งดูดซับน้ำและพองตัวมากขึ้น ทำให้ โมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งลดน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่วนผสมของน้ำแป้งจึงมีความหนืดมากขึ้น (Zhang และคณะ, 1997) จากนั้นมีการทำให้แป้งที่สุกหรือเกิดเจลลาติไนซ์แล้วมาอบแห้งโดยเครื่องอบแห้ง ส่งผลให้แป้งในข้าวมีลักษณะของแป้งพรีเจลลาติไนซ์ (นิธิยา, 2549) และเมื่อนำมาให้ความร้อนใน การทำซุปอีกครั้งการดูดน้ำของข้าวฮางจึงมีการดูดน้ำได้น้อยกว่าข้าวกล้อง

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

ซุปข้าวมีความหนืด และดัชนีความหนืดอยู่ระหว่าง 6.61 ถึง 17.38 และ (-0.56) ถึง (-1.28) NSec ตามลำดับ ชนิดข้าวและอัตราส่วนน้ำที่ใช้ของข้าวส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสค่าความข้นหนืด และค่าดัชนีความหนืดของซุปข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับซุปฮางมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) เนื่องจากการเพิ่มสัดส่วนของน้ำ นั้นส่งผลให้โครงสร้างภายในเม็ดข้าวเกิดการคลายตัวมีความสามารถในการดูดน้ำไว้ภายในโครงสร้าง ส่งผลให้เม็ดข้าวมีความแข็งลดลงและทำให้ความข้นหนืดลดน้อยลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำต่อข้าว ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนืด

สรุปผล

ชนิดข้าว และอัตราส่วนของแป้งข้าวต่อน้ำส่งผลต่อความสว่าง สีแดง สีเหลือง ความหนืด และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ การเพิ่มปริมาณสัดส่วนน้ำส่งผลให้ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง ค่าความเป็นสีเหลือง ความหนืด และลักษณะเนื้อสัมผัสของซุปลดลงเล็กน้อย ซุปที่ผลิตจากข้าวกล้องมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง ค่าความเป็นสีเหลือง ความหนืด และค่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่สูงกว่าซุปที่ผลิตจากข้าวฮาง

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร และคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มกอช. 4000-2546, 2546, ข้าวหอมมะลิไทย, สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2543, ผลของกระบวนการแปรรูปต่ออาหาร และสารอาหาร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549, เคมีอาหาร, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

Helland, M.H., Wicklund, T. and Narvhus, J.A., 2002, Effect of Germination Time on Alpha-amylase Production and Viscosity of Maize Porridge, Food Research International, 35: 315–321.

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N. and Kimura, T., 2007, Effect of Soaking and Gaseous Treatment of GABA Content in Germinated Brown Rice, Journal of Food Engineering, 78: 556-560.

Oh, S.H., 2003, Stimulation of Gamma-aminobutyric Acid Synthesis Activity in Brown Rice by a Chitosan/glutamic acid Germination Solution and Calcium/calmodulin, Journal of Biochemistry and Molecular Biology, 36: 319-325.

Shoichi, I., 2004, Marketing of Value-Added Rice Production in Japan: Germinated Brown Rice and Rice Bread, In Rice in global markets, UN Food in global Market, Italy.

Zhang, D., Doehlert, D.C. and Moore, W.R., 1997, Factors Affecting Viscosity of Slurries of Oat Groat Flours, Cereal Chemistry, 74(6): 722-726.

Table 1 Physical properties of soup produced from brown rice and parboiled (Hang) rice

Rice and ratio of rice to water	Color			Viscosity (cPs)	Texture	
	*L**	*a**	*b**		Consistency (Nsec)	Index of Viscosity (Nsec)
Brown Rice/1: 8	67.78 ± 0.57[c]	2.17 ± 0.04[c]	- 0.36 ± 0.13[b]	5961.67 ± 13.40[e]	17.38 ± 2.86[c]	- 2.55 ± 0.41[a]
Brown Rice/1: 10	62.37 ± 9.17[a]	2.05 ± 0.31[c]	- 2.46 ± 1.08[a]	5147.00 ± 852.79[d]	6.88 ± 5.51[a]	- 0.74 ± 0.98[c]
Brown Rice/1: 12	62.32 ± 10.67[a]	1.72 ± 0.37[a]	- 2.40 ± 1.14[a]	4343.00 ± 1050.63[b]	6.69 ± 4.61[a]	- 0.61 ± 0.61[c]
Hang Rice/1: 8	63.87 ± 1.65[b]	2.12 ± 0.13[c]	1.62 ± 0.74[d]	5221.00 ± 58.67[d]	17.29 ± 4.55[c]	- 2.35 ± 0.63[a]
Hang Rice/1: 10	62.93 ± 8.77[b]	1.86 ± 0.27[b]	1.86 ± 0.27[d]	4906.00 ± 710.75[c]	11.00 ± 4.41[b]	- 1.28 ± 0.73[b]
Hang Rice/1: 12	61.88 ± 10.39[a]	1.73 ± 0.33[a]	0.84 ± 0.61[c]	2290.83 ± 1669.62[a]	6.61 ± 4.46[a]	- 0.56 ± 0.77[c]

[a,b,c,d,e] Means with different letters in the same column are significantly different ($P \leq 0.05$)

การพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในปากจากน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในช่องปากและโรคฟันผุ

The Development of Herbal Antibacterial Oral Spray from Essential Oil: Potential Application in the Prevention of Oral Diseases and Dental Caries

สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก[1]
Kongtun Janphuk, S.[1]

Abstract

Herbal antibacterial oral spray for prevention of oral diseases and dental carries was developed. The essential oil of Kaffir lime, orange and mandarin orange were extracted and tested for antibacterial activity against 4 strains (*Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Streptococcus mutans* and *Streptococcus salivarius*) using agar diffusion method. The oral spray products were formulated with 4% of different essential oils in the mixture of Tween 20 and Tween 40 (1:1) in ethanol as active ingredient. All formulated products were retested for antibacterial activity. The highest effective effect was obtained from the oral spray containing 4% of Kaffir lime oil in mixture of Tween 20 and Tween 40 (1:1). The size of the inhibitory zone against *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Streptococcus mutans* and *Streptococcus salivarius* were 0.73, 0.79, 0.65 and 0.75 cm, respectively.

Keywords: essential oils, herbal extract, product formulation

บทคัดย่อ

ศึกษาการพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นภายในปากจากน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก โดยสกัดน้ำมันหอมระเหยมะกรูด น้ำมันหอมระเหยส้มซันควิส และน้ำมันหอมระเหยส้มเขียวหวาน เพื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดกลิ่นปากและโรคภายในช่องปาก 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Streptococcus mutans* และ *Streptococcus salivarius* โดยใช้วิธี Agar diffusion method น้ำมันหอมระเหยที่ได้นำมาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในปากและนำมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียของผลิตภัณฑ์ซ้ำอีกครั้ง ผลการทดสอบพบว่า ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียของผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นปากได้จากส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยมะกรูดความเข้มข้น 4% ที่เตรียมใน Tween 40 ผสมกับ Tween 20 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ในเอทานอล โดยให้ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ โดยมีขนาดของ Inhibitory zone 0.73, 0.79, 0.65 และ 0.75 เซนติเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย สารสกัดสมุนไพร การพัฒนาผลิตภัณฑ์

คำนำ

กลิ่นปากและฟันผุเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น อาหารที่รับประทาน ภาวะสุขอนามัยในช่องปากที่ไม่ดี อาการช่องปากแห้งเนื่องจากความเครียดหรือการใช้ยาบางชนิด ช่วงเวลาที่มีประจำเดือน และการดื่มสุรา เป็นต้น กลิ่นปากเป็นปัญหาที่พบได้ในบุคคลทั่วไป เนื่องจากสาเหตุหลักกว่า 85% เกิดจากการสะสมของเชื้อแบคทีเรียที่บริเวณระหว่างช่องฟันและด้านหลังของโคนลิ้น ดังนั้น การแปรงฟันและทำความสะอาดบริเวณโคนลิ้น จึงเป็นวิธีที่แนะนำเพื่อช่วยในการลดปัญหากลิ่นปากไม่พึงประสงค์และฟันผุได้ดีที่สุด นอกจากนี้ยังมีวิธีการอื่นๆ ที่สะดวกรวดเร็วและช่วยควบคุมการเกิดกลิ่นปากได้ชั่วคราว เช่น ลูกอมที่มีส่วนผสมของมิ้นต์ หมากฝรั่ง น้ำยาบ้วนปาก และผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในปาก เป็นต้น

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

น้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้ม เป็นกลุ่มน้ำมันหอมระเหยที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งด้านอาหาร ยา และเครื่องสำอาง เนื่องจากวัตถุดิบหาง่าย ราคาไม่แพง และพบได้ภายในประเทศ พืชตระกูลส้มที่พบในประเทศไทย ได้แก่ ส้มเขียวหวาน ส้มซันควิส มะนาว และมะกรูด เป็นต้น น้ำมันหอมระเหยของพืชตระกูลส้ม มีรายงานการวิจัยด้านการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียหลายสายพันธุ์ เช่น *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* (O'Bryan และคณะ, 2008; Nannapaneni และคณะ, 2008) เป็นต้น นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยของพืชตระกูลส้ม ยังมีการใช้ในด้านสุคนธบำบัด (Aromatherapy) เพื่อช่วยให้รู้สึกสดชื่น ต้านอาการซึมเศร้า ลดความเครียด และทำให้เลือดไหลเวียนได้สะดวก (Freeya, 2546)

ในการศึกษาครั้งนี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในปากจากน้ำมันหอมระเหยของพืชตระกูลส้ม ได้แก่ มะกรูด ส้มเขียวหวาน และส้มซันควิส โดยนำเปลือกของสมุนไพรแต่ละชนิดมาสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ และนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้มาทำการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในปากและทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในช่องปากและฟันผุ

อุปกรณ์และวิธีการ

น้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยมะกรูด น้ำมันหอมระเหยส้มเขียวหวานและน้ำมันหอมระเหยส้มซันควิส โดยทำการทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดกลิ่นปากและโรคภายในช่องปาก 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans* และ *Streptococcus salivarius* ด้วยวิธี Agar Diffusion method หลังจากนั้น นำมาหาค่า MIC (Minimum Inhibitory Concentration) ของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดเพื่อหาความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในช่องปากทั้ง 4 สายพันธุ์ โดยใช้วิธี Broth Dilution method

น้ำมันหอมระเหยที่ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด จะนำมาพัฒนาเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในปากโดยมี Tween 20, Tween 40, ethanol และน้ำมันหอมระเหยนั้นเป็นส่วนประกอบในอัตราส่วนต่างๆ หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจดูความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (ความใส, การแยกชั้น, การตกตะกอน) ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ และคัดเลือกสูตรที่มีความคงตัวที่ดีที่สุดมาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในช่องปากเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียของผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี Agar Diffusion method โดยพิจารณาจากความกว้างของ inhibition sensitive zone ที่เกิดขึ้น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหย

ผลการทดสอบปรากฏว่า น้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดกลิ่นปากและโรคภายในช่องปาก เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ น้ำมันหอมระเหยมะกรูด น้ำมันหอมระเหยส้มซันควิสและน้ำมันหอมระเหยส้มเขียวหวาน ผลการทดลองที่ได้แสดงใน Table 1

การทดสอบหาค่า MIC (Minimum Inhibitory Concentration) ของน้ำมันหอมระเหย

จากการทดสอบหาค่า MIC ของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในปากเพื่อหาความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่น้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดจะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในช่องปากทั้ง 4 สายพันธุ์ โดยวิธี Broth Dilution method ให้ผลการทดสอบแสดงใน Table 2

การผลิตผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในปากจากน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยมะกรูดที่ให้ผลการทดลองการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย และมีค่า MIC ที่ดีที่สุดได้ถูกคัดเลือกมาพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในช่องปาก โดยทำการผสมน้ำมันหอมระเหยมะกรูดความเข้มข้นตั้งแต่ 4% จนถึง 16% ที่มีตัวทำละลายเป็นสารละลายผสมระหว่าง Tween 20: Tween 40 (1:1) ใน Ethanol ซึ่งมีความเข้มข้นของ Tween ตั้งแต่ 10% จนถึง 100% หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อตรวจสอบดูลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ผลการสังเกตความคงตัวของผลิตภัณฑ์พบว่า ส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยมะกรูดความเข้มข้น 4% ในตัวทำละลายผสมระหว่าง Tween20 : Tween40 : Ethanol (25:25:50) มีความคงตัวทางกายภาพดีที่สุด

การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียโดยผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในช่องปาก

ทางผู้วิจัยได้คัดเลือกส่วนผสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ฉีดพ่นในช่องปาก โดยพิจารณาจากสี กลิ่น ความใส และความหนืดของผลิตภัณฑ์ นำส่วนผสมหรือตำรับที่ได้คัดเลือกมาทำผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น น้ำมันหอมระเหยมะกรูด ความเข้มข้น 4% ในตัวทำละลายผสมระหว่าง Tween20 : Tween40 : Ethanol (25:25:50) และได้ทำการศึกษาผลของส่วนผสมต่างๆ ที่มีต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ ผลที่ได้แสดงใน Table 3

Table 1 Effect of essential oil on the inhibition sensitive zone of *E.coli*, *S.aureus*, *S.mutans* and *S.salivarius*

Strain	Day	inhibition sensitive zone (cm)			
		McFarland Number 0.5	Mandarin orange oil	Orange oil	Kaffir lime oil
E. coli	1	0.06	N/A	N/A	1.12
	2	N/A	N/A	N/A	0.85
	3	N/A	N/A	N/A	0.76
	4	N/A	N/A	N/A	0.68
	5	N/A	N/A	N/A	0.62
S. aureus	1	0.90	0.93	0.93	1.08
	2	0.90	0.86	0.84	1.08
	3	0.89	0.76	0.73	1.03
	4	0.87	0.77	0.73	1.13
	5	0.87	0.71	0.70	1.00
S. mutans	1	0.72	0.82	N/A	2.44
	2	0.63	0.75	N/A	0.80
	3	0.60	0.65	N/A	0.69
	4	0.57	0.60	N/A	0
	5	0.57	0.54	N/A	0
S. salivarius	1	0.62	1.24	N/A	1.28
	2	0.61	N/A	N/A	1.09
	3	0.59	N/A	N/A	1.01
	4	0.58	1.26	N/A	0.94
	5	0.57	1.16	0	0.95

N/A = no inhibition sensitive zone

Table 2 MIC (Minimum Inhibitory Concentration) of essential oil

Strain	Maximum Growth curve	Serial dilution	Essential oil	MIC (mg/ml)
E. coli	12 hr.	10^{-7}	Kaffir lime	1.25×10^{-1}
			Mandarin orange	0.5
			Orange	-
S. aureus	12 hr.	10^{-6}	Kaffir lime	6.25×10^{-2}
			Mandarin orange	1.25×10^{-1}
			Orange	2.5×10^{-1}
S. mutans	17 hr.	10^{-6}	Kaffir lime	6.25×10^{-2}
			Mandarin orange	2.5×10^{-1}
			Orange	2.5×10^{-1}
S. salivarius	13 hr.	10^{-6}	Kaffir lime	7.81×10^{-1}
			Mandarin orange	3.13×10^{-2}
			Orange	6.25×10^{-2}

Table 3 Efficiency of essential oil on the inhibition with oral spray products

Sample	inhibition sensitive zone (cm)			
	E.coli	*S.aureus*	*S.mutans*	*S.salivarius*
50%Tween 20 in Ethanol	0.7	0.61	0.6	0.67
50%Tween 40 in Ethanol	0.6	0.6	0.6	0.68
50% Tween 20:40 in Ethanol	0.64	0.66	0.61	0.8
4% Kaffir lime oil in 50%Tween 20	0.72	0.74	0.62	0.69
4% Kaffir lime oil in 50%Tween 40	0.65	0.61	0.64	0.7
4% Kaffir lime oil in 50%Tween 20:40	0.73	0.79	0.65	0.75

สรุปผล

น้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพหรือฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ที่ก่อให้เกิดกลิ่นปากและโรคภายในช่องปาก ได้ดี เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้แก่ น้ำมันหอมระเหยมะกรูด น้ำมันหอมระเหยส้มซันควิส และน้ำมันหอมระเหยส้มเขียวหวาน ตามลำดับ จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่า มีเพียงน้ำมันหอมระเหยมะกรูดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ทั้ง 4 สายพันธุ์ จึงได้คัดเลือกน้ำมันหอมระเหยมะกรูดมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลการพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์พบว่า น้ำมันหอมระเหยมะกรูดความเข้มข้น 4% ในตัวทำละลายผสมระหว่าง Tween 20:Tween40:Ethanol (25:25:50) ให้ผลความคงตัวของผลิตภัณฑ์ดีที่สุดและให้ผล inhibition sensitive zone ต่อเชื้อ *E. coli, S. aureus, S. mutans* และ *S. salivarius* ดังนี้ คือ 0.73, 0.79, 0.65 และ 0.75 ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มจพ. ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย นางสาวพัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์ นางสาวณัฏฐณิชา แก้วเจริญสีทอง และนางสาวจุฑามาศก์ แสงไสย์ ที่ช่วยทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Freeya, M., 2546, Aromatherapy ศาสตร์และศิลป์ของกลิ่นหอมธรรมชาติ, อีกหนึ่งสำนักพิมพ์, กรุงเทพฯ, 208 หน้า.

Nannapaneni, R., Muthaiyan, A., Crandall, P.G., Johnson, M.G., O'Bryan, C.A., Chalova, V.I., Callaway, T.R., Carroll, J.A., Arthington, J.D., Nisbet, D.J. and Ricke, S.C., 2008, Antimicrobial Activity of Commercial Citrus-based Natural Extracts Against *Escherichia coli* O157:H7 Isolates and Mutant Strains, Foodborne Pathogens and Disease, 5(5): 695-699.

O'Bryan, C.A., Crandall, P.G., Chalova, V.I. and Ricke, S.C., 2008, Orange Essential Oils Antimicrobial Activities Against *Salmonella spp*., Journal of Food Science, 73(6): 264-267.

การปรับตัวของเกษตรกรรายย่อยในการลดต้นทุนการผลิตข้าวนาน้ำฝน อำเภอบ้านเขว้า จังหวัดชัยภูมิ

Adaptation of Smallholder Farmers to Reduce Production Costs in Rainfed Lowland Rice, Ban Khwao District, Chaiyaphum Province

นุจนาจย์ งิดชัยภูมิ[1] **และ บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล**[1]

Ngidchaiyaphum, N.[1] and Limnirunkul, B.[1]

Abstract

The objective of this research aimed to analyze the adaptation of smallholder farmers. This study employed both qualitative and quantitative methods consisting of farmer interviewing, small group discussion, and field observation. The data was collected from 50 farming household sand from community leaders, senior citizens, governmental bureaus and private sectors. It was found that, smallholder farmers adjusted their rice production. Farmers learned to collect rainwater for rice production during the rainy season or after a rainy period by making a small pond. Farmers reduced the use of external inputs, applied biological extracts and renewed farm waste. Moreover, farmers mainly produced rice for consumers and had off farm investment such as sewing, waged labor, etc., for household expenses and investments in agricultural production.

Keywords: adaptation, rainfed rice, smallholders farmers

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์การปรับตัวของเกษตรกรรายย่อยที่ลดการนำใช้ปัจจัยการผลิตจากภายนอกในระบบการทำนา เป็นงานวิจัยที่ผสมผสานทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพโดย การสัมภาษณ์ การสนทนากลุ่มย่อย การสังเกตจากการลงพื้นที่ ศึกษาข้อมูลจากตัวแทนกลุ่มเกษตรกร 50 ครอบครัว ผู้นำชุมชน แกนนำกลุ่มต่างๆ ในชุมชน ผู้อาวุโสในพื้นที่ หน่วยงานภาครัฐ หน่วยงานภาคเอกชน ฯลฯ รวมทั้งสิ้น จำนวน 10 ราย พบการปรับตัวของเกษตรกรรายย่อย ในด้านการผลิตข้าว เกษตรกรเรียนรู้ที่จะเก็บเกี่ยวน้ำฝนไว้ใช้ในช่วงที่ฝนทิ้งช่วงหรือตลอดฤดูกาลผลิตข้าวโดยการขุดสระน้ำขนาดเล็กไว้ใช้ การลดการใช้ปัจจัยการผลิตจากภายนอก มีการใช้สารสกัดชีวภาพ และเศษวัสดุที่หาได้ในฟาร์ม นอกจากนี้ยังพบการปรับตัวโดยการปลูกข้าวเป็นหลักในการบริโภค และประกอบอาชีพเสริม เช่น การทอผ้าไหม การรับจ้าง เป็นต้น เพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในครัวเรือนและลงทุนในการผลิตทางเกษตร

คำสำคัญ: การปรับตัว ข้าวนาน้ำฝน เกษตรกรรายย่อย

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ที่ผ่านมาประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก มีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 28.79 ของการส่งออกข้าวของโลก ปี 2553 และมีอัตราการขยายตัวร้อยละ 1.89 ทำรายได้ให้ประเทศกว่า 172,208 ล้านบาท สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553) ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (ปี 2548/49–2552/53) ทั้งเนื้อที่ปลูกข้าวและผลผลิตมีแนวโน้มแปรปรวนขึ้นลง เนื้อที่ลดลงเล็กน้อยเนื่องจากเกษตรกรบางส่วนในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางได้ปรับเปลี่ยนที่นาไปปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้ผลผลิตลดลงเนื่องจากเนื้อที่ลดลงและผลกระทบจากภัยแล้งค่อนข้างรุนแรง ในปี 2549/50 และในปี 2552/53 พบว่าเนื้อที่และผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยเนื้อที่ปลูกข้าวที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากราคาข้าวในปี 2552 ค่อนข้างสูง ประกอบกับโครงการประกันรายได้เกษตรกรจากทางภาครัฐ จูงใจให้เกษตรกรขยายเนื้อที่ปลูกข้าว สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553) นอกจากนี้ยังพบว่าในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ความต้องการข้าวภายในประเทศเพื่อการบริโภค ทำเมล็ดพันธุ์ อาหารสัตว์และอุตสาหกรรมแปรรูปอื่นๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มของจำนวนประชากรในประเทศ การเลี้ยงสัตว์ และการผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหารอื่นๆ ส่งผลให้เกษตรกรตื่นตัวและหันมาผลิตข้าวเพิ่มขึ้น

ในอดีตมีการปลูกข้าวแบบพื้นบ้านที่มุ่งเป้าหมายเพื่อการบริโภคในครัวเรือน เหลือจากบริโภคจึงขายหรือแลกเปลี่ยนถ้าจำเป็น หากไม่จำเป็นก็จะเก็บข้าวไว้ในยุ้งฉาง มูลนิธิข้าวไทย (2546) จุดเปลี่ยนที่สำคัญตามแนวคิดการปฏิวัติเขียวที่ผ่านมา คือ เปลี่ยนเป้าหมายการทำนาจากแบบแผนการทำนาเพื่อบริโภคมาเป็นแบบแผนการทำนาเพื่อการค้า การปฏิบัติการเพื่อให้บรรลุ

[1] ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและส่งเสริมเผยแพร่การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

[1] Department of Agricultural Economics and Agricultural Extension, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

เป้าหมายดังกล่าวต้องอาศัยเทคโนโลยีและวิทยาการสมัยใหม่เข้าช่วย บุศรา และคณะ (2548) อย่างไรก็ตาม ได้เป็นที่ประจักษ์เกษตรกรรายย่อยอยู่รอดโดยการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง การฟื้นฟูการเกษตรของเกษตรกรรายย่อยที่ผนวกภูมิปัญญาท้องถิ่นโดยเฉพาะการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดและดำรงไว้ซึ่งการผลิตข้าวนา เช่น น้ำฝน ชุมชนบ้านเขว้า จังหวัดชัยภูมิ ประกอบอาชีพทางด้านเกษตรกรรม ทำนา เพื่อยังชีพ เป็นแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญของจังหวัด เกษตรกรมีการผลิตข้าวและผลผลิตข้าวยังเพียงพอต่อการบริโภคตลอดทั้งปีและส่วนที่เหลือไว้ขาย มณีมัย (2546) และเกษตรกรมีการปรับตัว โดยใช้วิธีการปลูกข้าวแบบดั้งเดิมโดยใช้ภูมิปัญญาผสมผสาน การนำเอาความหลากหลายทางชีวภาพผสมผสานในระบบการผลิต ที่มีการหมุนเวียนธาตุอาหาร ความเชื่อมโยงของห่วงโซ่อาหารโดยใช้องค์ความรู้ที่สอดคล้องกับบริบทของชุมชน

การผลิตข้าวพื้นที่นาน้ำฝนต้องอาศัยสภาพด้านกายภาพที่เอื้อต่อการผลิต อย่างไรก็ตามช่วง 2–3 ปีที่ผ่านมากระแสการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพอากาศที่มีความแปรปรวน เช่น แห้งแล้ง ฝนตก น้ำท่วม เหล่านี้ได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อเกษตรกรที่ผลิตข้าวในเขตพื้นที่อาศัยน้ำฝน ในการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อ วิเคราะห์การปรับตัวของเกษตรกรรายย่อย โดยการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น ที่เกษตรกรได้ปรับใช้ในการฟื้นฟูการทำนาน้ำฝนที่นำไปสู่ความยั่งยืนที่ผนวกภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อสามารถพึ่งตนเองได้ภายใต้สภาวะที่มีความผันผวนด้านสภาพอากาศและเศรษฐกิจ

อุปกรณ์และวิธีการ

เป็นการศึกษาแบบผสมผสานทั้งเชิงปริมาณ (Quantitative research) และการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) โดย การใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพเป็นหลัก ศึกษาข้อมูลจากเกษตรกรรายย่อยในชุมชนบ้านเขว้า ผู้นำชุมชน ผู้อาวุโส หน่วยงานราชการ และผู้นำอย่างไม่เป็นทางการในชุมชน และข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ข้อมูลและแหล่งข้อมูล ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดประเภทของแหล่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ได้จากการ การสัมภาษณ์แบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ การสังเกตแบบมีส่วนร่วมและไม่มีส่วนร่วม โดยมีผู้ให้ข้อมูลดังนี้ ปราชญ์ชุมชน ผู้อาวุโส ผู้นำหมู่บ้าน ตัวแทนแกนนำชุมชน กลุ่มเกษตรกรรายย่อยผู้ทำนา ตลอดจนเจ้าหน้าที่หน่วยงานราชการ ได้แก่ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรประจำตำบล เจ้าหน้าที่พัฒนากร เจ้าหน้าที่เทศบาลตำบล เพื่อร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประวัติความเป็นมาของหมู่บ้าน รูปแบบการผลิตในอดีตจนกระทั่งปัจจุบัน การปรับตัวในการผลิตข้าว การบันทึกภาคสนามและบันทึกประจำวัน ในการเก็บข้อมูลแต่ครั้งที่ลงพื้นที่ เพื่อสนับสนุนและครอบคลุมเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ และ 2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ที่ได้จากการศึกษาจากเอกสารวิชาการ หนังสือ ตำรา อินเตอร์เน็ต ได้แก่ แนวคิดและทฤษฎีต่างๆ เอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลพื้นฐานหมู่บ้าน แผนแม่บทชุมชน และข้อมูลจากหน่วยงานภาครัฐที่สามาถนำมาสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ได้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ใช้แบบสอบถาม ที่กำหนดประเด็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบคำถามแสดงความคิดเห็น ตลอดจนกล้องถ่ายรูปและเครื่องบันทึกเสียง ใช้บันทึกภาพและเสียงที่ได้จากการสังเกต

3. วิธีการที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยใช้เวลาเก็บข้อมูลในพื้นที่ด้วยตนเอง เพื่อสร้างความคุ้นเคย และทราบถึงสภาพจริงของชุมชน ทำความเข้าใจความรู้และความคิดของเกษตรกรรายย่อยในชุมชนและศึกษาสภาพแวดล้อมตลอดจนวิธีการปฏิบัติระบบการทำนา การปรับตัวของเกษตรกร ได้แก่ การสนทนากับเกษตรกรรายครัวเรือน ที่ยังทำนาอยู่ เพื่อนำมาประกอบข้อมูลเชิงพรรณนา โดยเฉพาะ ข้อมูล ปัจจัยทางด้านกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม ที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัวของเกษตรกร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษากลุ่มตัวอย่าง 50 ตัวอย่าง ผลการศึกษาดังกล่าว สามารถวิเคราะห์ถึง การปรับตัวของเกษตรกรรายย่อยในการผลิตข้าวนาน้ำฝน ได้ดังนี้ การปรับตัวของเกษตรกรรายย่อยในการผลิตข้าวนาน้ำฝนนั้น ด้วยพื้นที่ปลูกข้าวของเกษตรกรส่วนใหญ่มีขนาดเล็กลงโดยเฉลี่ย 8 ไร่ต่อครัวเรือน โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวสูงสุดอยู่ที่ 30 ไร่ และน้อยสุดอยู่ที่ 2 ไร่ สาเหตุมาจากพื้นที่มีจำนวนเท่าเดิมแต่ประชากรเพิ่มขึ้นเกิดการแบ่งปันที่ทำกินให้กับลูกหลานเพื่อทำกิน ส่งผลให้รูปแบบการผลิตข้าวจึงเปลี่ยนไปจากการผลิตเพื่อบริโภคและจำหน่าย เป็นการผลิตเพื่อบริโภคภายในครัวเรือนเนื่องจากพื้นที่มีขนาดเล็กลง ผลผลิตน้อยลง ไม่เพียงพอต่อการจำหน่ายหรือเหลือจำหน่ายในปริมาณที่น้อย ดังนั้นการประกอบอาชีพเสริมเพื่อเพิ่มรายได้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรให้ความสำคัญเพื่อเป็นแนวทางในการหารายได้มาสนับสนุนครอบครัว และยังคงไว้ซึ่งอาชีพทำนาต่อไป ดังนั้นเมื่อเกษตรกรเน้นทำนาเพื่อบริโภค จึงต้องหาแนวทางเพื่อลดปัจจัยการผลิตให้ได้ เพราะไม่สามารถสร้างรายได้จากผลผลิตขึ้นมาทดแทนได้เหมือนในอดีต ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการปรับตัวของเกษตรกรรายย่อยในการผลิตข้าวนาน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาสามารถจำแนกออกเป็นสองด้านคือ การปรับตัวด้านการผลิตข้าวและการปรับตัวด้านการประกอบอาชีพเสริม มีรายละเอียดดังนี้

การปรับตัวด้านการผลิตข้าว เกษตรกรรายย่อยปรับตัวตามกระบวนการผลิตข้าว โดยเกษตรกรเน้น ปรับไปตามสถานการณ์ในปัจจุบัน อิงรูปแบบที่สามารถนำมาปรับใช้ได้ในพื้นที่ของตนเพื่อคงความอยู่รอดในการประกอบอาชีพทำนา ทั้งในด้านรูปแบบการผลิต การจัดการน้ำ เทคโนโลยีที่นำมาใช้เพื่อลดต้นทุน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. **รูปแบบการปลูกข้าว** เกษตรกรในพื้นที่ศึกษามีรูปแบบการผลิตข้าวอยู่ 4 รูปแบบ คือ 1) การผลิตข้าวฤดูเดียว 2) การผลิตข้าวสองฤดู 3) ปลูกข้าวและพืชอื่นๆ ตามหลังฤดูกาล และ 4) เกษตรแบบผสมผสานโดยมีข้าวเป็นพืชหลัก โดยทั้ง 4 รูปแบบจะมีความแตกต่างกันในด้านการจัดการดินหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การไถกลบตอฟางในการผลิตข้าวฤดูเดียว การไถกลบพืชซากพืชหลังฤดูกาลปลูกพืชอื่นๆ ในการปลูกข้าวและพืชอื่นๆตามหลังฤดู การเผาตอฟางข้าวในการผลิตข้าวสองฤดู และการใส่มูลสัตว์และปุ๋ยแห้งในการและไถกลบในเกษตรแบบผสมผสานโดยมีข้าวเป็นพืชหลัก เป็นต้น เกษตรกรเลือกผลิตข้าวแต่ละรูปแบบตามขนาดของพื้นที่และแหล่งน้ำที่มี ซึ่งรูปแบบที่สามารถช่วยเกษตรกรลดต้นทุนลงได้คือ การทำเกษตรแบบผสมผสาน ที่เกิดการหมุนเวียนการใช้พื้นที่แล้วหมุนเวียนนำปัจจัยการผลิตจากในฟาร์มมาใช้เกื้อหนุนการผลิต เช่น การใช้มูลสัตว์ การไถกลบพืชล้มลุก การนำเศษใบและผล ของไม้ผลมาทำปุ๋ย เป็นต้น

2. **การขุดสระน้ำขนาดเล็ก** สถานการณ์ภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง และน้ำท่วม เป็นปัญหาสำคัญในการผลิตข้าวนาน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา จากสถานการณ์ดังกล่าวเกษตรกรในชุมชน ได้มีการปรับตัวเพื่อให้ดำรงไว้ซึ่งการผลิตข้าวโดยการขุดสระน้ำขนาดเล็กเพื่อช่วยลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงฝนแล้งหรือฝนทิ้งช่วง และช่วยผันน้ำขึ้นไปเก็บในช่วงน้ำหลาก จากการปรับตัวดังกล่าวส่งผลให้เกษตรกรลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงภาวะฝนทิ้งช่วงและลดความเสียหายจากสถานการณ์น้ำท่วมลงได้ แต่การปรับตัวและจัดการปัญหาเรื่องน้ำนั้นปัจจัยหลักเกษตรกรต้องมีพื้นที่ ที่สามารถขุดสระน้ำและจัดการพื้นที่ของตนได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการจัดการแหล่งน้ำของเกษตรกรนี้ยังรวมไปถึงการผันน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในการผลิตทางด้านเกษตรกรรมอีกด้วย

3. **เทคโนโลยีลดต้นทุนการผลิต** ด้วยสภาพสังคมเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไป ประกอบกับสื่อ เทคโนโลยีความรู้ด้านการผลิตข้าว ส่งผ่านเกษตรกรได้มากขึ้น ทำให้เกษตรกรเกิดการเรียนรู้และนำเทคโนโลยีที่พบเจอจากสื่อ และการฝึกอบรมและเรียนรู้จากบรรพชน นำมาทดลองปฏิบัติและนำมาใช้ในพื้นที่ของตน เช่น ด้านเทคโนโลยีการลดต้นทุนด้านปุ๋ยเคมีในนาข้าว เกษตรกร หันมาไถกลบตอฟางข้าวมากขึ้น และใช้ปุ๋ยแห้งที่ผลิตขึ้นเองจากเศษหญ้าและใบไม้ ใช้มูลสัตว์ใส่ลงในนาข้าวช่วงหน้าแล้ง และไถกลบเพื่อรอฝนมาเศษต่างๆ จะย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ย ตลอดจนการทำน้ำหมักจากเศษผักและผลไม้ที่มีในท้องถิ่น การผลิตน้ำหมักจากหอยเชอรี่ เป็นต้น ด้านการจัดการศัตรูพืช โดยผลิตสารไล่แมลงจากสมุนไพรหรือพืชที่พบในท้องถิ่น เช่น สะเดา ผลคูณใช่กำจัดหอยเชอรี่ เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนในการปฏิบัติดังกล่าวข้างต้นสามารถลดต้นทุนในด้านค่าปุ๋ยเคมีและการกำจัดแมลงศัตรูข้าว ประมาณ 500 บาทต่อไร่ ส่งผลให้เกษตรกรในพื้นที่หันมานำไปปฏิบัติตามแนวทางการลดต้นทุนมากขึ้น และวิธีการดังกล่าวทำให้ผู้ผลิตปลอดภัยจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสภาพดินดีขึ้นลดการใช้ปุ๋ยเคมี

4. **รูปแบบการปลูกข้าว** เกษตรกรปรับจากการปลูกข้าวแบบนาดำ มาเป็นการปลูกข้าวแบบนาหว่านมากขึ้น เนื่องจากการปลูกข้าวแบบนาหว่านสามารถลดต้นทุนด้านแรงงานในการปักดำลงได้ นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถลดต้นทุนในด้านค่าแรงการไถ คราดและยังเป็นการประหยัดเวลาในการทำนา ซึ่ง ต้นทุนในการปลูกข้าวแบบนาดำด้านค่าจ้างแรงงานเฉลี่ยอยู่ที่ 700 บาทต่อไร่ ในขณะที่การปลูกข้าวแบบนาหว่านไม่ต้องจ้างแรงงานในการปักดำ ด้านค่าไถ คราด ลดต้นทุนลงได้ เฉลี่ย 500 บาทต่อไร่ เนื่องจากการทำนาดำต้องไถ คราด ในรอบการปักดำ แต่นาหว่านสามารถไถหว่านได้ในรอบเดียว ซึ่งการไถเหมาจ่ายไร่ละ 250 บาทต่อไร่

การปรับตัวด้านอาชีพเสริม เกษตรกรหันมาประกอบอาชีพเสริมเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับครัวเรือนโดยอาชีพที่พบ คือ อาชีพทอผ้าไหม รับจ้าง ค้าขาย เลี้ยงสุกร และอาชีพจักสาน ซึ่งการประกอบอาชีพเสริมเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัว หรือสำหรับเกษตรกรบางรายถือเป็นรายได้หลักของครอบครัว เพื่อเป็นการสร้างทุนไว้สำหรับการผลิตข้าวในแต่ละรอบปีการผลิต ถึงแม้ว่าเกษตรกรจะมีอาชีพเสริมที่สร้างรายได้ดีแต่เกษตรกรยังคงไว้ซึ่งอาชีพหลักคือการทำนา ซึ่งการปรับตัวทั้งสองด้านของเกษตรกรส่งผลให้เกษตรกรยังสามารถประกอบอาชีพทำนาได้จนกระทั่งทุกวันนี้

สรุปผล

การศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรรายย่อยด้านการผลิตข้าว เกษตรกรรายย่อยในพื้นบ้านเขว้า อำเภอบ้านเขว้า จังหวัดชัยภูมิ พบว่ามีรูปแบบการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดและคงไว้ซึ่งการมีที่ดินในการทำกินต่อไป โดยการปรับตัวในด้านรูปแบบการผลิตข้าว ที่ปรับให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม สภาพสังคมและเศรษฐกิจของชุมชน ปรับวิถีชีวิตของตนให้สอดรับกับสิ่งที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาได้พบรูปแบบการปรับตัวของเกษตรกรรายย่อยสองแบบคือ การปรับตัวด้านการผลิตข้าว และการปรับตัวด้านอาชีพ โดยการปรับตัวด้านรูปแบบการผลิตข้าวนั้น เกษตรกรได้เริ่มปรับตัวตั้งแต่ระยะเวลาของการผลิตข้าวที่ต้องปรับเปลี่ยนไปตามช่วงฤดูกาล กล่าวคือ เกษตรกรต้องปลูกข้าวก่อนหรือหลังเวลาปลูกจริงเพื่อลดความเสี่ยงที่ต้องเจอภาวะฝนทิ้งช่วงในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม และภาวะอุทกภัยในช่วงเดือนกันยายน การขุดสระน้ำเพื่อใช้ในเวลาฝนทิ้งช่วงและใช้สำหรับระบายน้ำออก

จากนาเวลาน้ำในนามีปริมาณมาก ด้านการปลูกข้าวจากอดีตที่ทำนาแบบนาดำได้มีการหันมาทำนาแบบนาหว่านมากขึ้น เพื่อลดปัญหาด้านแรงงานที่ขาดแคลนและมีราคาจ้างที่สูง การเก็บเกี่ยวใช้รถเกี่ยวมากขึ้นเนื่องจากสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายได้ง่ายและสะดวกในการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้เกษตรกรยังต้องปรับตัวด้านการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมอีกด้วย เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวในปัจจุบัน โดยการฟื้นฟูสภาพดินให้มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น โดยการบำรุงด้วยวิธีการต่างๆ เมื่อสภาพดินมีความอุดมสมบูรณ์เกษตรกรเองก็สามารถจัดการดินได้ง่ายขึ้น ตลอดจนการใช้สมุนไพรที่มีในท้องถิ่นเพื่อช่วยในการป้องกันกำจัดศัตรูข้าว เป็นต้น

จากการปรับตัวในด้านการผลิตข้าวที่กล่าวมาข้างต้นแล้วยังพบว่ามีอีกรูปแบบการปรับตัวหนึ่งที่เกิดขึ้นในชุมชน กล่าวคือ การรับจ้างหรือการจ้างแรงงานในการผลิตข้าว เช่น การเหมาจ่ายค่าแรงในการหว่าน การไถ การตัดหญ้า การฉีดสารเคมีหรือฉีดฮอร์โมนต่างๆ ตลอดจนการจ้างเหมาในการเก็บเกี่ยวจนการนำขึ้นยุ้งฉาง ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้เกษตรกรเองมองว่าเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ยังสามารถคงไว้ซึ่งผืนนาดีกว่าปล่อยให้รกร้าง นอกจากนี้ยังมีอีกหนึ่งรูปแบบที่พบเห็นในพื้นที่คือการทำนาแบ่งข้าวหรือการจ่ายค่าเช่านาเป็นผลผลิตข้าว สำหรับเกษตรกรที่มีญาติหรือคนรู้จักที่มีแรงงานในการผลิตข้าว มักเลือกใช้วิธีการทำนาแบ่งข้าว การแบ่งข้าวขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างสองฝ่าย ด้านการปรับตัวด้านอาชีพ เกษตรกรหันไปประกอบอาชีพเสริมเพื่อหาเงินมาใช้ลงทุนผลิตข้าว โดยอาชีพเสริมดังกล่าวเกษตรกรเลือกตามความสามารถของเกษตรกรเอง นอกจากนี้เกษตรกรเองยังต้องปรับตัวทางด้านอาชีพให้เข้ากับสภาพเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบันด้วย

การปรับตัวด้านรูปแบบการผลิตข้าวที่กล่าวมาข้างต้นสอดคล้องกับการปรับตัวด้านอาชีพของเกษตรกร เนื่องจากมีรายได้ในอาชีพเสริมเพียงพอต่อการลงทุนในการผลิตข้าว เกษตรกรเลือกวิธีการจ้างแรงงานในการผลิตมากขึ้น เพื่อคงไว้ซึ่งที่ดินทำกิน และการยังมีข้าวกินโดยไม่ต้องซื้อเพราะปัจจุบันข้าวมีราคาสูง เกษตรกรจึงเลือกปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตเพื่อความรู้รอดและคงอยู่ในอาชีพทำนา การปรับตัวดังกล่าวสอดคล้องกับ มณีมัย (2546) ที่กล่าวว่า ครอบครัวชาวนาได้มีการปรับตัวโดยการแตกกิจกรรมทางเศรษฐกิจให้มีความหลากหลายและขยายไปสู่กิจกรรมนอกการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอพยพแรงงาน แต่ครอบครัวชาวนาส่วนใหญ่มิได้ละทิ้งการเกษตร ยังคงมีการทำนาปลูกข้าวและการรักษาที่ดินเพื่อการเกษตรไว้ โดยดำรงบทบาทของครอบครัวไว้ในฐานะเป็นหน่วยในการผลิตตลอดจนการจัดสรรแรงงานและทรัพยากรเพื่อความอยู่รอดของสมาชิกทุกคนในครอบครัว ซึ่งใกล้เคียงกับ บัวพันธ์ (2546) ที่กล่าวว่า ถึงแม้ว่าที่ดินที่ถือครองของครัวเรือนมีขนาดเล็กลง แต่ครัวเรือนได้หันไปสร้างทรัพยากรวัตถุด้านอื่นลงทุนในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ปรับการจัดการแรงงานของครัวเรือน สร้างทรัพยากรทางสังคมและวัฒนธรรมขึ้นมาใหม่และใช้ทรัพยากรเหล่านี้สร้างความหลากหลายของยุทธวิธีในการยังชีพ และทำให้ครัวเรือนสามารถดำรงอยู่ต่อไป และหากมองในอีกมุมหนึ่งถ้าหากการปรับตัวด้านการผลิตข้าวในรูปแบบนี้เรื่อยไปสมาชิกในครัวเรือนเกษตรกรเองขาดการสานต่อการทำนาแล้ว อาจต้องเจอภาวะที่ไม่มีคนทำนาเกิดขึ้นในอนาคต สอดคล้องกับ งามพิศ (2545) ที่กล่าวว่า ในอดีตวัฒนธรรมข้าวมีระบบเศรษฐกิจแบบยังชีพ และนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2491 วัฒนธรรมข้าวเริ่มมีระบบเศรษฐกิจแบบการค้า สิ่งที่เปลี่ยนแปลงอย่างมากคือ พิธีกรรมต่างๆ ลดลงอย่างมาก มีการใช้เครื่องทุ่นแรงในการทำนาเป็นหลักและพบว่าชาวนาส่วนหนึ่งปรับตัวโดยเลิกอาชีพการทำนา และงามพิศ (2545) ได้วิเคราะห์ต่อไปว่าอีก 30-40 ปีข้างหน้าวัฒนธรรมข้าวจะสิ้นสุดลง เนื่องจากไม่มีผู้ใดสืบทอดวัฒนธรรมข้าวอีกต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณท่าน ดร. บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล รองศาสตราจารย์ รำไพพรรณ อภิชาติพงศ์ชัย และ ดร.แสงทิวา สุริยงค์ ที่เมตตาให้คำปรึกษา ชี้แนะในการทำงานวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้มอบทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

งามพิศ สัตย์สงวน, 2545, วัฒนธรรมข้าวในสังคมไทย การคงอยู่และการเปลี่ยนแปลง, คณะรัฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 591 หน้า

บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล ช่อผกา ม่วงสุข และ พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ, 2548, กิจกรรมกลุ่มกับการพึ่งตนเองในกระบวนการผลิตทางเกษตรและการจัดการทรัพยากร, การประชุมวิชาการ ศวพก, ณ โรงแรมดิเอ็มเพรส, เชียงใหม่

บัวพันธ์ พรหมพักพิง, 2546, ครัวเรือนชาวนาอีสานภายใต้การเปลี่ยนผ่านทางเศรษฐกิจสังคมชนบท, วารสารมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น), 20(4): 1-25.

มณีมัย ทองอยู่, 2546, การเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจชาวนาอีสานกรณีศึกษาชาวนาลุ่มน้ำพอง, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย,สำนักพิมพ์สร้างสรรค์, กรุงเทพฯ 126 หน้า

มูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2546, ข้าวกับชาวนา, เอกสารเผยแพร่ ลำดับที่ 3, อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ 100 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553, สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2554, สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ผลของ BA และ IAA ต่อการเกิดยอดของบัวฉลองขวัญในสภาพปลอดเชื้อ

Effects of BA and IAA on *in vitro* Shoot Induction of *Nymphaea* sp. 'King of Siam'

เยาวมาลย์ น้อยใหม่[1] **และ ปิยะวดี เจริญวัฒนะ**[1]

Noimai, Y.[1] and Charoenwattana, P.[1]

Abstract

The effects of plant growth regulators, N6-Benzylaminopurine (BA) and 3-indole acetic acid (IAA) on *in vitro* shoot induction of *Nymphaea* sp 'King of Siam' were studied. The bulbils were cultured on MS (Murashige and Skoog, 1962) medium supplemented with 0, 5 and 10 µM BA in combination with 0, 5 and 10 µM IAA and topped with sterile distilled water for 6 weeks. The result showed that the bulbils which were cultured on MS medium with 10 µM BA gave the maximum shoots of 8 shoots per bulbil and MS medium with 5 µM BA and 10 µM IAA gave the highest leaf number of 25.7 leaves per bulbil. Root induction was conducted by culturing shoots on MS medium supplemented with 0, 5 and 10 µM Naphthalene acetic acid (NAA) and topped with sterile distilled water for 8 weeks. It was found that the shoots which were cultured on MS medium with 10 µM NAA gave the highest root number of 15.2 roots per shoots. Then the plantlets were transplanted into pots for 4 weeks. The result indicated that the survival percentage of the plantlets was 86.9 and gave the average number of bulbil formation with 1.3 bulbils per shoot. The healthy plantlets were transplanted into lotus tub with lotus growing mud or lotus growing mud and cow manure (7:1) for 8 weeks in a natural environment. The results showed that the plantlets which were transplanted with the lotus growing mud and cow manure (7:1) gave a higher number of leave and flowers than with lotus growing mud.

Keywords: *Nymphaea* sp., in vitro, shoot induction, plant growth regulators

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช 2 ชนิด คือ N6-Benzylaminopurine (BA) และ 3-indole acetic acid (IAA) ต่อการเกิดยอดของบัวฉลองขวัญในสภาพปลอดเชื้อ โดยการเพาะเลี้ยงหัวย่อยบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS (Murashige และ Skoog, 1962) ที่เติม BA ความเข้มข้น 0 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 0 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ และเททับด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ การเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรที่มี BA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำให้เกิดจำนวนยอดมากที่สุดเท่ากับ 8 ยอดต่อหัว และอาหารสูตรที่มี BA ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ชักนำให้มีจำนวนใบสูงสุดเท่ากับ 25.7 ใบต่อหัว การชักนำชิ้นส่วนยอดให้เกิดราก โดยเพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม Naphthalene acetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ และเททับด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตรที่มี NAA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนรากมากที่สุดเฉลี่ย 15.2 รากต่อยอด แล้วจึงย้ายต้นอ่อนออกปลูกในกระถางเพื่ออนุบาลต้นอ่อนเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเท่ากับ 86.9 และพบการสร้างหัวย่อยใหม่จำนวนเฉลี่ย 1.3 หัวต่อต้น จากนั้นนำต้นที่แข็งแรงสมบูรณ์ออกปลูกในอ่างบัว โดยใช้วัสดุปลูกดินเหนียว 7 ส่วน ผสมปุ๋ยคอกจากมูลวัว 1 ส่วน เปรียบเทียบกับดินเหนียวเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของปุ๋ยคอกให้จำนวนใบและดอกมากกว่าวัสดุปลูกที่ใช้เฉพาะดินเหนียวอย่างเดียว

คำสำคัญ: อุบลชาติ การขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ การเกิดยอด สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช

---

[1] สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Department of Crop Production Technology,Faculty of Agricultural Technology,Rajamangala University of Technology Thanyaburi ,Pathumthani 12130

คำนำ

อุบลชาติเป็นพันธุ์ไม้น้ำที่มีดอกสวยงามได้รับการยกย่องให้เป็น "ราชินีแห่งพันธุ์ไม้น้ำ" (สุเม และคณะ, 2550) จัดอยู่ในสกุล *Nymphaea* เนื่องจากสีสันและรูปทรงที่หลากหลายจึงนิยมปลูกเป็นไม้ประดับตามอาคารบ้านเรือน หรือนำมาจัดเป็นสวนมุมพักผ่อนที่ได้รับความนิยมทั้งภายในและต่างประเทศ นอกจากนี้ยังใช้เป็นไม้ตัดดอกเพื่อการค้าอีกด้วย นับว่าเป็นพืชน้ำที่มีมูลค่ามาก (Chansilpa, 2010) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติใช้เวลานานและทำได้ในปริมาณน้อย เนื่องจากเมื่อแยกจากต้นแม่แล้วต้องใช้เวลาประมาณ 2 ปี ให้ต้นโตก่อนจึงจะนำไปขายได้ ทำให้ไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของตลาด ส่งผลให้ราคาต่อหน่วยเพิ่มสูงขึ้น (วีรา, 2551) เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นวิธีการหนึ่งสามารถนำมาใช้ในการขยายพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถขยายพันธุ์ได้ปริมาณมากในระยะเวลาสั้น ผลผลิตที่ได้มีความสม่ำเสมอ ได้ต้นกล้าปลอดโรค คุณภาพดีและคงเอกลักษณ์ของสายพันธุ์เดิมไว้ (สุเม และคณะ, 2551) การศึกษาผลของ BA และ IAA ต่อการเกิดยอดของบัวฉลองขวัญ (*Nymphaea* sp 'King of Siam') ในสภาพปลอดเชื้อ จึงเป็นการพัฒนาและแก้ปัญหาด้านปริมาณการผลิตต้นพันธุ์ หากสามารถผลิตบัวได้ตลอดทั้งปี สามารถส่งเสริมการพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจของชาติ เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดของบัวได้ (สุเม และคณะ, 2551) เป็นการสร้างมูลค่าผลผลิต และพัฒนาบัวฉลองขวัญให้เป็นพืชเศรษฐกิจของชาติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำหัวย่อยบัวฉลองขวัญที่ปลอดเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร Murashige และ Skoog (MS) ที่เติม BA ความเข้มข้น 0 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับกับ IAA ความเข้มข้น 0 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ เททับด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ บันทึกผลจำนวนยอดและจำนวนใบ จากนั้นคัดเลือกนำชิ้นส่วนยอดที่ได้จากการชักนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ เททับด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ บันทึกจำนวนและความยาวราก เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบผลจากค่าเฉลี่ย และศึกษาวิธีการย้ายปลูกบัวฉลองขวัญที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยย้ายต้นอ่อนออกปลูกในกระถางเพื่ออนุบาลเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ต้นอ่อนที่สมบูรณ์และแข็งแรงปลูกลงในอ่างเลี้ยงบัวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ปลูกจำนวนอ่างละ 1 ต้นโดยใช้วัสดุปลูก คือ ดินเหนียว 7 ส่วน ผสมปุ๋ยคอกจากมูลวัว 1 ส่วน เปรียบเทียบกับดินเหนียว บันทึกจำนวนใบขนาดความกว้างและความยาวใบ จำนวนดอกและขนาดดอก หลังการย้ายปลูก 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี T-test

ผลการทดลอง

ผลจากการเพาะเลี้ยงหัวย่อยบัวฉลองขวัญเป็นเวลานาน 6 สัปดาห์ พบว่าอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำให้เกิดยอดเฉลี่ยได้ดีที่สุดเท่ากับ 8 ยอดต่อหัว (Table 1) และอาหารที่มี BA ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 25.7 ใบต่อหัว (Figure 1)

Table 1 Effects of BA and IAA on number of shoot and leave after 6 weeks in culture

Plant growth Regulators (µM)		Number of shoot	Number of leave
BA	IAA		
0	0	3.7	7.0
	5	3.0	6.0
	10	2.3	4.7
5	0	7.3	12.0
	5	4.0	17.7
	10	4.3	25.7
10	0	8.0	15.3
	5	3.0	13.0
	10	4.3	10.7

Control BA 5 µM BA 5 µM + IAA 5 µM BA 5 µM + IAA 10 µM BA 10 µM

Figure 1 Effects of BA and IAA in MS medium on shoot Induction of *Nymphaea* sp. 'King of Siam'

จากการศึกษาความเข้มข้นของ NAA ที่เหมาะสมในการชักนำรากบัวฉลองขวัญ พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนรากมากที่สุดเฉลี่ย 15.2 รากต่อยอด รองลงมาเป็นสูตรที่เติม NAA ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ และสูตรที่ไม่เติม NAA ให้จำนวนรากเฉลี่ย 10.3 และ 9.7 รากต่อยอด ตามลำดับ และอาหารที่ไม่เติม NAA ให้ความยาวรากเฉลี่ยสูงสุด 8.7 เซนติเมตร รองลงมาเป็นสูตรที่เติม NAA ความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ ให้ความยาวรากเฉลี่ย 8.3 และ 7.7 เซนติเมตร ตามลำดับ

หลังจากการอนุบาลในกระถางเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเท่ากับ 86.9 และพบการสร้างหัวย่อยใหม่จำนวนเฉลี่ย 1.3 หัวต่อต้น เมื่อนำออกปลูกในอ่างบัวเป็นเวลา 8 สัปดาห์ บัวมีการรอดชีวิต 100 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าจำนวนดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของปุ๋ยคอกให้จำนวนดอก 7.7 ดอก (Table 2) มีจำนวนใบ 19.6 ใบ ความกว้างใบ 10.8 เซนติเมตร ความยาวใบ 13.7 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางของดอก 7.6 เซนติเมตร

Table 2 Effects of planting materials on growth of *Nymphaea* sp 'King of Siam'

Planting materials	Number of leaves	Leaf width (cm.)	Leaf length (cm.)	Number of flowers	Flower diameter (cm.)
1. mud:cow manure	19.6	10.8	13.7	7.7a	7.6
2. mud	19.1	10.4	11.5	5.4b	7.4
T-test	ns	ns	ns	*	ns
CV%	22.45	12.54	11.27	35.35	6.05

ns = non-significant at (P <0.05) * = significant at (P <0.05)

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช BA และ IAA ต่อการเกิดยอดของบัวฉลองขวัญในสภาพปลอด เมื่อเพาะเลี้ยงหัวย่อยบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำหัวย่อยให้เกิดยอดได้สูงสุดเฉลี่ย 8 ยอดต่อหัว แสดงให้เห็นว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต กลุ่มไซโทไคนิน (BA) เพียงอย่างเดียวให้ผลดีกว่าการใช้ร่วมกับออกซิน (IAA) ซึ่งไซโทไคนินเป็นสารที่ช่วยชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยเฉพาะ BA สามารถกระตุ้นให้เกิดยอดได้ดีกว่าไซโทไคนินชนิดอื่น (Shou และคณะ, 2008) สอดคล้องกับ กาญจนรี (2547) ที่ทำการเพาะเลี้ยงส่วนยอดอนูเบียส พบว่าการเติม BA เพียงอย่างเดียว ความเข้มข้น 8 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำให้เกิดยอดได้สูงสุด 6.8 ยอด ภายในระยะเวลา 6 สัปดาห์ การเติม BA ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 25.7 ใบต่อหัว จากการทดลองพบว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต BA ร่วมกับ IAA ในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลให้บัวฉลองขวัญมีก้านใบที่ยาวและใบใหญ่กว่าที่ไม่เติม IAA เนื่องจาก IAA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซินและมีผลต่อการขยายตัวของเซลล์ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของ IAA ที่สูงขึ้นมีผลทำให้จำนวนใบลดลง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ

วรางคณา และ นงนุช (2552) ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไส้ปลาไหล (*Barclaya longifolia*) พบว่าการใช้ Kinetin 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดใบใหม่สูงสุดเฉลี่ย 33.5 ใบ แตกต่างจากการทดลองของ ภัณฑิลา (2551) พบว่าการใช้ BA ร่วมกับ IAA 5 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้จำนวนใบต่อหัวย่อยของบัวจงกลนีลดลง ในการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ต่อการเกิดราก พบว่ารากมีจำนวนเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของ NAA (วีรา, 2551; Jenks และคณะ, 2000) และวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการออกปลูกบัวฉลองขวัญควรเป็นวัสดุที่มีส่วนผสมของปุ๋ยคอกเนื่องจากบัวมีการเจริญเติบโตที่แข็งแรงและสมบูรณ์มากกว่าการใช้เฉพาะดินเหนียวอย่างเดียว

สรุปผล

สูตรอาหารที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณยอดของบัวฉลองขวัญคือ อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนยอดมากที่สุดเท่ากับ 8 ยอดต่อหัว ส่วนอาหารสูตรที่เติม BA 5 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IAA 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนใบสูงสุดเท่ากับ 25.7 ใบต่อหัว ภายในเวลา 4 สัปดาห์ และสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำรากคือ อาหารสูตร MS ที่เติม NAA 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนรากมากที่สุดเฉลี่ย 15.2 รากต่อยอด ภายในเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อย้ายต้นอ่อนออกปลูกในกระถางเพื่ออนุบาลต้นอ่อนเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเท่ากับ 86.9 และพบการสร้างหัวย่อยใหม่จำนวนเฉลี่ย 1.3 หัวต่อต้น โดยบัวฉลองขวัญที่ปลูกในวัสดุที่มีส่วนผสมของปุ๋ยคอกมีใบและดอกจำนวนมากกว่าการใช้เฉพาะดินเหนียวอย่างเดียวเป็นวัสดุปลูก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภูรินทร์ อัครกุลธร พิพิธภัณฑ์บัวมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำหรับการสนับสนุนต้นพันธุ์และสถานที่ปลูกทดสอบบัวฉลองขวัญในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กาญจนรี พงษ์ฉวี, 2547, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนูเบียส, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42, กรุงเทพฯ, หน้า 45-52.

ภัณฑิลา อุดร, 2551, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบัวจงกลนี, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

วรางคณา กาซัม และ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์, 2552, ผลของ kinetin และ IAA ที่มีต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไส้ปลาไหล (*Barclaya longifolia*), การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, กรุงเทพฯ, หน้า 396-404.

วีรา คล้ายพุก, 2551, ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณอุบลชาติพันธุ์โจอี้โทโมคิคโดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ

สุเม อรัญนารถ กัญจนา แซ่เตียว และ วีรา คล้ายพุก, 2551, ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณอุบลชาติพันธุ์โจอี้โทโมคิคโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, วารสารลาดกระบัง, 3(พิเศษ): 207-210.

Chansilpa, N.N., 2010, A New Potential Cut - Flower waterlily. The Proceedings of the 1st International Conference on Lotus and Waterlily, The 8th Conference on Research and Development of Lotus and Waterlily as Economic, Kasetsart University Chalermphrakiat Skon Nakhon Province Campus, Thailand, p. 52-54.

Jenks, M.A., Kane, M.E. and McConnell, D.B., 2000, Shoot Organogenesis from Petiole explants in the Aquatic Plant *Nymphoides indica*, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 63: 1-8.

Shou, S.Y., Miao, L.X., Zai, W.S., Huang, X.Z. and Guo, D.P., 2008, Factors Influencing Shoot Multiplication of Lotus (*Nelumbo nucifera*), Biologia Plantarum, 52(3): 529-532.

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 249-252 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 249-252 (2555)

ผลของ BA และ IAA ต่อการเกิดยอดของบัวฉลองขวัญในสภาพปลอดเชื้อ

Effects of BA and IAA on *in vitro* Shoot Induction of *Nymphaea* sp. 'King of Siam'

เยาวมาลย์ น้อยใหม่[1] และ ปิยะวดี เจริญวัฒนะ[1]

Noimai, Y.[1] and Charoenwattana, P.[1]

Abstract

The effects of plant growth regulators, N6-Benzylaminopurine (BA) and 3-indole acetic acid (IAA) on *in vitro* shoot induction of *Nymphaea* sp 'King of Siam' were studied. The bulbils were cultured on MS (Murashige and Skoog, 1962) medium supplemented with 0, 5 and 10 µM BA in combination with 0, 5 and 10 µM IAA and topped with sterile distilled water for 6 weeks. The result showed that the bulbils which were cultured on MS medium with 10 µM BA gave the maximum shoots of 8 shoots per bulbil and MS medium with 5 µM BA and 10 µM IAA gave the highest leaf number of 25.7 leaves per bulbil. Root induction was conducted by culturing shoots on MS medium supplemented with 0, 5 and 10 µM Naphthalene acetic acid (NAA) and topped with sterile distilled water for 8 weeks. It was found that the shoots which were cultured on MS medium with 10 µM NAA gave the highest root number of 15.2 roots per shoots. Then the plantlets were transplanted into pots for 4 weeks. The result indicated that the survival percentage of the plantlets was 86.9 and gave the average number of bulbil formation with 1.3 bulbils per shoot. The healthy plantlets were transplanted into lotus tub with lotus growing mud or lotus growing mud and cow manure (7:1) for 8 weeks in a natural environment. The results showed that the plantlets which were transplanted with the lotus growing mud and cow manure (7:1) gave a higher number of leave and flowers than with lotus growing mud.

Keywords: *Nymphaea* sp., in vitro, shoot induction, plant growth regulators

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช 2 ชนิด คือ N6-Benzylaminopurine (BA) และ 3-indole acetic acid (IAA) ต่อการเกิดยอดของบัวฉลองขวัญในสภาพปลอดเชื้อ โดยการเพาะเลี้ยงหัวย่อยบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS (Murashige และ Skoog, 1962) ที่เติม BA ความเข้มข้น 0 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 0 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ และเททับด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ การเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรที่มี BA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำให้เกิดจำนวนยอดมากที่สุดเท่ากับ 8 ยอดต่อหัว และอาหารสูตรที่มี BA ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ชักนำให้มีจำนวนใบสูงสุดเท่ากับ 25.7 ใบต่อหัว การชักนำชิ้นส่วนยอดให้เกิดราก โดยเพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม Naphthalene acetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ และเททับด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตรที่มี NAA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนรากมากที่สุดเฉลี่ย 15.2 รากต่อยอด แล้วจึงย้ายต้นอ่อนออกปลูกในกระถางเพื่ออนุบาลต้นอ่อนเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเท่ากับ 86.9 และพบการสร้างหัวย่อยใหม่จำนวนเฉลี่ย 1.3 หัวต่อต้น จากนั้นนำต้นที่แข็งแรงสมบูรณ์ออกปลูกในอ่างบัว โดยใช้วัสดุปลูกดินเหนียว 7 ส่วน ผสมปุ๋ยคอกจากมูลวัว 1 ส่วน เปรียบเทียบกับดินเหนียวเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของปุ๋ยคอกให้จำนวนใบและดอกมากกว่าวัสดุปลูกที่ใช้เฉพาะดินเหนียวอย่างเดียว

คำสำคัญ: อุบลชาติ การขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ การเกิดยอด สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช

[1] สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Department of Crop Production Technology,Faculty of Agricultural Technology,Rajamangala University of Technology Thanyaburi ,Pathumthani 12130

คำนำ

อุบลชาติเป็นพันธุ์ไม้น้ำที่มีดอกสวยงามได้รับการยกย่องให้เป็น "ราชินีแห่งพันธุ์ไม้น้ำ" (สุเม และคณะ, 2550) จัดอยู่ในสกุล *Nymphaea* เนื่องจากสีสันและรูปทรงที่หลากหลายจึงนิยมปลูกเป็นไม้ประดับตามอาคารบ้านเรือน หรือนำมาจัดเป็นสวนมุมพักผ่อนที่ได้รับความนิยมทั้งภายในและต่างประเทศ นอกจากนี้ยังใช้เป็นไม้ตัดดอกเพื่อการค้าอีกด้วย นับว่าเป็นพืชน้ำที่มีมูลค่ามาก (Chansilpa, 2010) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติใช้เวลานานและทำได้ในปริมาณน้อย เนื่องจากเมื่อแยกจากต้นแม่แล้วต้องใช้เวลาประมาณ 2 ปี ให้ต้นโตก่อนจึงจะนำไปขายได้ ทำให้ไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของตลาด ส่งผลให้ราคาต่อหน่วยเพิ่มสูงขึ้น (วีรา, 2551) เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นวิธีการหนึ่งสามารถนำมาใช้ในการขยายพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถขยายพันธุ์ได้ปริมาณมากในระยะเวลาสั้น ผลผลิตที่ได้มีความสม่ำเสมอ ได้ต้นกล้าปลอดโรค คุณภาพดีและคงเอกลักษณ์ของสายพันธุ์เดิมไว้ (สุเม และคณะ, 2551) การศึกษาผลของ BA และ IAA ต่อการเกิดยอดของบัวฉลองขวัญ (*Nymphaea* sp 'King of Siam') ในสภาพปลอดเชื้อ จึงเป็นการพัฒนาและแก้ปัญหาด้านปริมาณการผลิตต้นพันธุ์ หากสามารถผลิตบัวได้ตลอดทั้งปี สามารถส่งเสริมการพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจของชาติ เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและเพิ่มส่วนแบ่งทางการตลาดของบัวได้ (สุเม และคณะ, 2551) เป็นการสร้างมูลค่าผลผลิต และพัฒนาบัวฉลองขวัญให้เป็นพืชเศรษฐกิจของชาติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำหัวย่อยบัวฉลองขวัญที่ปลอดเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร Murashige และ Skoog (MS) ที่เติม BA ความเข้มข้น 0 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับกับ IAA ความเข้มข้น 0 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ เททับด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ บันทึกผลจำนวนยอดและจำนวนใบ จากนั้นคัดเลือกนำชิ้นส่วนยอดที่ได้จากการชักนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ เททับด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ บันทึกจำนวนและความยาวราก เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบผลจากค่าเฉลี่ย และศึกษาวิธีการย้ายปลูกบัวฉลองขวัญที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยย้ายต้นอ่อนออกปลูกในกระถางเพื่ออนุบาลเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ต้นอ่อนที่สมบูรณ์และแข็งแรงปลูกลงในอ่างเลี้ยงบัวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ปลูกจำนวนอ่างละ 1 ต้นโดยใช้วัสดุปลูก คือ ดินเหนียว 7 ส่วน ผสมปุ๋ยคอกจากมูลวัว 1 ส่วน เปรียบเทียบกับดินเหนียว บันทึกจำนวนใบขนาดความกว้างและความยาวใบ จำนวนดอกและขนาดดอก หลังการย้ายปลูก 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี T-test

ผลการทดลอง

ผลจากการเพาะเลี้ยงหัวย่อยบัวฉลองขวัญเป็นเวลานาน 6 สัปดาห์ พบว่าอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำให้เกิดยอดเฉลี่ยได้ดีที่สุดเท่ากับ 8 ยอดต่อหัว (Table 1) และอาหารที่มี BA ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 25.7 ใบต่อหัว (Figure 1)

Table 1 Effects of BA and IAA on number of shoot and leave after 6 weeks in culture

Plant growth Regulators (µM)		Number of shoot	Number of leave
BA	IAA		
0	0	3.7	7.0
	5	3.0	6.0
	10	2.3	4.7
5	0	7.3	12.0
	5	4.0	17.7
	10	4.3	25.7
10	0	8.0	15.3
	5	3.0	13.0
	10	4.3	10.7

Control BA 5 μM BA 5 μM + IAA 5 μM BA 5 μM + IAA 10 μM BA 10 μM

Figure 1 Effects of BA and IAA in MS medium on shoot Induction of *Nymphaea* sp. 'King of Siam'

จากการศึกษาความเข้มข้นของ NAA ที่เหมาะสมในการชักนำรากบัวฉลองขวัญ พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนรากมากที่สุดเฉลี่ย 15.2 รากต่อยอด รองลงมาเป็นสูตรที่เติม NAA ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ และสูตรที่ไม่เติม NAA ให้จำนวนรากเฉลี่ย 10.3 และ 9.7 รากต่อยอด ตามลำดับ และอาหารที่ไม่เติม NAA ให้ความยาวรากเฉลี่ยสูงสุด 8.7 เซนติเมตร รองลงมาเป็นสูตรที่เติม NAA ความเข้มข้น 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ ให้ความยาวรากเฉลี่ย 8.3 และ 7.7 เซนติเมตร ตามลำดับ

หลังจากการอนุบาลในกระถางเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเท่ากับ 86.9 และพบการสร้างหัวย่อยใหม่จำนวนเฉลี่ย 1.3 หัวต่อต้น เมื่อนำออกปลูกในอ่างบัวเป็นเวลา 8 สัปดาห์ บัวมีการรอดชีวิต 100 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าจำนวนดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของปุ๋ยคอกให้จำนวนดอก 7.7 ดอก (Table 2) มีจำนวนใบ 19.6 ใบ ความกว้างใบ 10.8 เซนติเมตร ความยาวใบ 13.7 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางของดอก 7.6 เซนติเมตร

Table 2 Effects of planting materials on growth of *Nymphaea* sp 'King of Siam'

Planting materials	Number of leaves	Leaf width (cm.)	Leaf length (cm.)	Number of flowers	Flower diameter (cm.)
1. mud:cow manure	19.6	10.8	13.7	7.7a	7.6
2. mud	19.1	10.4	11.5	5.4b	7.4
T-test	ns	ns	ns	*	ns
CV%	22.45	12.54	11.27	35.35	6.05

ns = non-significant at (P <0.05) * = significant at (P <0.05)

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช BA และ IAA ต่อการเกิดยอดของบัวฉลองขวัญในสภาพปลอด เมื่อเพาะเลี้ยงหัวย่อยบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำหัวย่อยให้เกิดยอดได้สูงสุดเฉลี่ย 8 ยอดต่อหัว แสดงให้เห็นว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต กลุ่มไซโทไคนิน (BA) เพียงอย่างเดียวให้ผลดีกว่าการใช้ร่วมกับออกซิน (IAA) ซึ่งไซโทไคนินเป็นสารที่ช่วยชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยเฉพาะ BA สามารถกระตุ้นให้เกิดยอดได้ดีกว่าไซโทไคนินชนิดอื่น (Shou และคณะ, 2008) สอดคล้องกับ กาญจนรี (2547) ที่ทำการเพาะเลี้ยงส่วนยอดอนูเบียส พบว่าการเติม BA เพียงอย่างเดียวความเข้มข้น 8 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำให้เกิดยอดได้สูงสุด 6.8 ยอด ภายในระยะเวลา 6 สัปดาห์ การเติม BA ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 25.7 ใบต่อหัว จากการทดลองพบว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต BA ร่วมกับ IAA ในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลให้บัวฉลองขวัญมีก้านใบที่ยาวและใบใหญ่กว่าที่ไม่เติม IAA เนื่องจาก IAA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซินและมีผลต่อการขยายตัวของเซลล์ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของ IAA ที่สูงขึ้นมีผลทำให้จำนวนใบลดลง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ

วรางคณา และ นงนุช (2552) ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไส้ปลาไหล (*Barclaya longifolia*) พบว่าการใช้ Kinetin 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดใบใหม่สูงสุดเฉลี่ย 33.5 ใบ แตกต่างจากการทดลองของ ภัณฑิลา (2551) พบว่าการใช้ BA ร่วมกับ IAA 5 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้จำนวนใบต่อหัวย่อยของบัวจงกลนีลดลง ในการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ต่อการเกิดราก พบว่ารากมีจำนวนเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของ NAA (วีรา, 2551; Jenks และคณะ, 2000) และวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการออกปลูกบัวฉลองขวัญควรเป็นวัสดุที่มีส่วนผสมของปุ๋ยคอกเนื่องจากบัวมีการเจริญเติบโตที่แข็งแรงและสมบูรณ์มากกว่าการใช้เฉพาะดินเหนียวอย่างเดียว

สรุปผล

สูตรอาหารที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณยอดของบัวฉลองขวัญคือ อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนยอดมากที่สุดเท่ากับ 8 ยอดต่อหัว ส่วนอาหารสูตรที่เติม BA 5 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IAA 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนใบสูงสุดเท่ากับ 25.7 ใบต่อหัว ภายในเวลา 4 สัปดาห์ และสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำรากคือ อาหารสูตร MS ที่เติม NAA 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนรากมากที่สุดเฉลี่ย 15.2 รากต่อยอด ภายในเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อย้ายต้นอ่อนออกปลูกในกระถางเพื่ออนุบาลต้นอ่อนเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเท่ากับ 86.9 และพบการสร้างหัวย่อยใหม่จำนวนเฉลี่ย 1.3 หัวต่อต้น โดยบัวฉลองขวัญที่ปลูกในวัสดุที่มีส่วนผสมของปุ๋ยคอกมีใบและดอกจำนวนมากกว่าการใช้เฉพาะดินเหนียวอย่างเดียวเป็นวัสดุปลูก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภูรินทร์ อัครกุลธร พิพิธภัณฑ์บัวมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำหรับการสนับสนุนต้นพันธุ์และสถานที่ปลูกทดสอบบัวฉลองขวัญในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กาญจนรี พงษ์ฉวี, 2547, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนูเบียส, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42, กรุงเทพฯ, หน้า 45-52.

ภัณฑิลา อุดร, 2551, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบัวจงกลนี, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

วรางคณา กาซัม และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์, 2552, ผลของ kinetin และ IAA ที่มีต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไส้ปลาไหล (*Barclaya longifolia*), การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, กรุงเทพฯ, หน้า 396-404.

วีรา คล้ายพุก, 2551, ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณอุบลชาติพันธุ์โจอี้โทโมคิคโดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ

สุเม อรัญนารถ กัญจนา แซ่เตียว และ วีรา คล้ายพุก, 2551, ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณอุบลชาติพันธุ์โจอี้โทโมคิคโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, วารสารลาดกระบัง, 3(พิเศษ): 207-210.

Chansilpa, N.N., 2010, A New Potential Cut - Flower waterlily. The Proceedings of the 1st International Conference on Lotus and Waterlily, The 8th Conference on Research and Development of Lotus and Waterlily as Economic, Kasetsart University Chalermphrakiat Skon Nakhon Province Campus, Thailand, p. 52-54.

Jenks, M.A., Kane, M.E. and McConnell, D.B., 2000, Shoot Organogenesis from Petiole explants in the Aquatic Plant *Nymphoides indica*, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 63: 1-8.

Shou, S.Y., Miao, L.X., Zai, W.S., Huang, X.Z. and Guo, D.P., 2008, Factors Influencing Shoot Multiplication of Lotus (*Nelumbo nucifera*), Biologia Plantarum, 52(3): 529-532.

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 253-256 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 253-256 (2555)

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อปริมาณการแพร่ของอินโดลอะซิติกแอซิด และคุณภาพของผลลำไย

Effects of Plant Growth Regulators on Diffusion of Indole Acetic Acid Content and Quality of Longan Fruit

ธีรวัฒน์ กันยานี[1] และ ดรุณี นาพรหม[1]

Kanyanee, T.[1] and Naphrom, D.[1]

Abstract

This study emphasized the effects of plant growth regulators (PGRs) on the diffusion of indole acetic acid (IAA) content and quality of longan fruit. The longan trees were sprayed with control (water), BRs 1 ppm+NAA 100 ppm, BA 10 ppm+NAA 100 ppm, GA_3 50 ppm and Maxim® 75 ppm every week for 50 days after the fruit set, for the total 6 spraying times. The IAA content and fresh weight of treated fruit significantly increased compared to the control. The correlation between diffused IAA content and fresh weight were positive. At harvest, the results revealed that the fruit size, seed size, fresh weight, aril thickness and fruit firmness of treated fruits are significantly increased compared to the control. However, exocarp thickness and total soluble solids (TSS) did not have a significant difference among all treatments.

Keywords: longan, plant growth regulators, diffusion IAA

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อปริมาณการแพร่ของอินโดลอะซิติกแอซิด และคุณภาพผลของลำไยพันธุ์ดอ โดยการทดลองทำการฉีดพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตประกอบด้วย น้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม) บราสิโนสเตียรอยด์ (BRs) 1 มก./ล. ร่วมกับ ออกซิน (NAA) 100 มก./ล. ไซโตไคนิน (BA) 10 มก./ล. ร่วมกับ ออกซิน (NAA) 100 มก./ล. จิบเบอเรลลิน (GA_3) 50 มก./ล. และ แมกซิม (Maxim®) 75 มก./ล. เมื่อผลมีอายุ 50 วัน พ่นทุกสัปดาห์ ทั้งหมด 6 ครั้ง พบว่าปริมาณการแพร่ของอินโดลอะซีติกแอซิด และน้ำหนักผลสดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณการแพร่ของอินโดอะซิติกแอซิดกับน้ำหนักผลสดนั้นมีความสัมพันธ์แบบตามกัน ในระยะเก็บเกี่ยวพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของ ความกว้างผล ความยาวผล ความหนาผล ความกว้างเมล็ด ความยาวเมล็ด ความหนาเมล็ด น้ำหนักผลสด ความหนาเนื้อ และความแน่นเนื้อ สำหรับความหนาเปลือก และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ลำไยพันธุ์ดอ สารควบคุมการเจริญเติบโต การแพร่ของอินโดลอะซิติกแอซิด

คำนำ

ลำไยเป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอันดับหนึ่งของภาคเหนือตอนบน ซึ่งมีการจำหน่ายทั้งผลสดและแปรรูปทำลำไยกระป๋องและลำไยอบแห้ง ในปัจจุบันการผลิตลำไยมีข้อจำกัดต่างๆ เช่น คุณภาพผลที่ยังไม่ได้มาตรฐาน ผลมีขนาดเล็กทำให้มีปัญหาเรื่องราคาผลผลิต การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตอาจช่วยให้ได้ผลลำไยคุณภาพดี มีขนาดผลใหญ่สม่ำเสมอ ซึ่งจะทำให้ผลผลิตลำไยเหล่านี้มีราคาที่สูงขึ้น สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่นิยมใช้ได้แก่ฮอร์โมนในกลุ่มออกซินสังเคราะห์คือ แนฟทาลีนอะซิติกแอซิด (NAA) และ แมกซิม (Maxim®) สารกลุ่มออกซินจะมีคุณสมบัติในการเพิ่มขนาดของเซลล์ (William, 1999) และฮอร์โมนกลุ่มจิบเบอเรลลิน ซึ่งชนิดที่นิยมใช้คือ จิบเบอเรลลิกแอซิด (GA_3) สารจิบเบอเรลลินนั้นช่วยกระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์ในบริเวณที่กำลังมีการเจริญเติบโต (สมบุญ, 2544) นอกจากนี้ยังมีสารกลุ่มไซโตไคนินเช่น benzyladenine (BA) ที่มีคุณสมบัติกระตุ้นการแบ่งเซลล์ (Brault และ Maldiney, 1999) กลุ่มฮอร์โมนบราสิโนสเตียรอยด์ (BRs) ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชกลุ่มที่เพิ่มขนาดเซลล์และการขยายตัวเนื้อเยื่อ (Yokota, 1997) ทั้งนี้นอกจากสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจะช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลแล้ว ยังอาจส่งผลกับปริมาณ

---

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1] Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

IAA ภายในผล ซึ่งปริมาณ IAA จะกระตุ้นเซลล์ให้มีการแบ่งและขยายขนาดเซลล์ (Juan และคณะ, 2009) ปริมาณ IAA ในผลอาจเป็นข้อมูลสำคัญในการศึกษาการเจริญเติบโตของผลเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพผลต่อไป ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชต่อผลผลิตและปริมาณการแพร่ของอินโดอะซิติกแอซิดของลำไยพันธุ์ดอ โดยการใช้ BRs ร่วมกับ NAA, BA ร่วมกับ NAA, Maxim®, และ GA_3 ฉีดพ่นทางผลของลำไย เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณการแพร่ของอินโดอะซิติกแอซิดและระดับของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมที่จะช่วยเพิ่มคุณภาพและปริมาณผลผลิตของลำไยพันธุ์ดอ

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นลำไยพันธุ์ดออายุประมาณ 4 ปี คัดเลือกต้นลำไยที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และการติดผลประมาณ 80 % ของทรงพุ่ม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) การทดลองมี 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น ทำการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตให้ทั่วทั้งช่อผลของลำไยที่กำลังติดผลเมื่อผลอายุ 50 วัน พ่นทุกสัปดาห์ ทั้งหมด 6 ครั้ง ประกอบด้วย น้ำเปล่า (ชุดควบคุม), บราสิโนสเตียรอยด์ (BRs) 1 มก./ล. ร่วมกับ ออกซิน (NAA) 100 มก./ล., ไซโตไคนิน (BA) 10 มก./ล. ร่วมกับ ออกซิน (NAA) 100 มก./ล., จิบเบอเรลลิน (GA_3) 50 มก./ล. และแมกซิม (Maxim®)75 มก./ล. บันทึกน้ำหนักผลสด และ ปริมาณ diffusion IAA ในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวทุกสัปดาห์หลังจากการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตการวัด diffusion IAA ปักก้านผลลงในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (KH_2PO_4) 0.1 โมล แล้วเก็บถาดสารละลาย ไว้ที่ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 ชั่วโมง จากนั้นเก็บสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสไว้รอการวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง (HPLC) ในวันเก็บเกี่ยวบันทึกขนาด ความกว้าง ความยาว ความหนาของผล ความกว้าง ความยาว ความหนาของเมล็ด น้ำหนักผลสด ความหนาของเนื้อ ความหนาของเปลือก ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด โดยเก็บตัวอย่างครั้งละ 1 ช่อ ช่อละ 12 ผล

ผลการทดลอง

ช่วงก่อนเก็บเกี่ยวลำไยทุกกรรมวิธีมีน้ำหนักผลสด และปริมาณ diffusion IAA จากผลลำไยเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์จนถึงสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง การให้สารควบคุมการเจริญเติบโตทุกกรรมวิธีแก่ต้นลำไยทำให้น้ำหนักผลสด และปริมาณ diffusion IAA จากผลลำไยเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม (Table 1 และ 2) กรรมวิธีที่บราสิโนสเตียรอยด์ (BRs) 1 มก./ล. ร่วมกับ ออกซิน (NAA) 100 มก./ล. ทำให้มีน้ำหนักผลสด และปริมาณ diffusion IAA จากผลลำไยมากที่สุด ส่วนความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ diffusion IAA จากผลลำไยกับน้ำหนักผลสดนั้นมีความสัมพันธ์แบบตามกัน (Table 3) เมื่อปริมาณ diffusion IAA จากผลลำไยเพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำหนักผลสดเพิ่มตาม (Figure 1) ช่วงเก็บเกี่ยวการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตทุกกรรมวิธีทำให้น้ำหนักผลสด ความกว้าง ความยาว ความหนาของผล ความกว้าง ความยาว ความหนาของเมล็ด น้ำหนักสด ความหนาของเนื้อ ความแน่นเนื้อ เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม (Table 4 และ 5) กรรมวิธีที่ใช้บราสิโนสเตียรอยด์ (BRs) 1 มก./ล. ร่วมกับ ออกซิน (NAA) 100 มก./ล. ทำให้มีน้ำหนักผลสด ความกว้าง ความยาว ความหนาของผล ความกว้าง ความยาว ความหนาของเมล็ด น้ำหนักสด ความหนาของเนื้อ ความแน่นเนื้อ มากที่สุด แต่การให้สารควบคุมการเจริญเติบโตทุกกรรมวิธีไม่มีผลต่อ ความหนาของเปลือก และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

Table 1 Effect of plant growth regulators on fresh weight of longan fruit

Treatment	Fresh weight of Longan fruit (g.)					
	Weeks after treatment					
	1	2	3	4	5	6
Control	0.621 d	0.684 d	1.012 d	1.133 d	1.514 d	2.432 d
BRs 1 ppm. + NAA 100 ppm.	0.799 a	0.998 a	1.590 a	2.392 a	2.850 a	4.128 a
BA 10 ppm. + NAA 100 ppm.	0.703 c	0.791 b	1.258 c	1.539 c	2.107 c	3.020 c
GA_3 50 ppm.	0.787 b	0.831 b	1.419 b	1.952 b	2.546 b	3.314 b
Maxim® 75 ppm.	0.726 c	0.802 b	1.272 c	1.765 b	2.258 c	3.147 c
$LSD_{0.05}$	0.059	0.079	0.130	0.209	0.217	0.258

Means followed by the same letters in the same column did not significantly different at the α = 0.05 by LSD.

Table 2 Effect of plant growth regulators on diffusion of IAA content

Treatment	IAA content of Longan fruit (ng)/ 1 fruit					
	Weeks after treatment					
	1	2	3	4	5	6
Control	0.002 d	0.035 d	0.067 c	0.130 d	0.169 d	0.262 d
BRs 1 ppm. + NAA 100 ppm.	0.325 a	0.734 a	1.084 a	2.288 a	3.801 a	5.209 a
BA 10 ppm. + NAA 100 ppm.	0.057 d	0.145 c	0.743 b	1.093 c	1.376 c	2.106 c
GA_3 50 ppm.	0.247 b	0.520 b	0.954 b	1.373 b	2.398 b	2.696 b
Maxim® 75 ppm.	0.152 c	0.310 b	0.877 b	1.270 bc	1.493 c	2.267 c
$LSD_{0.05}$	0.060	0.173	0.217	0.253	0.615	0.506

Means followed by the same letters in the same column did not significantly different at the α = 0.05 by LSD.

Table 3 The correlation of diffusion IAA content and fruit weight

Treatment	Pearson's r
Control	0.973 *
BRs 1 ppm. + NAA 100 ppm.	0.986 *
BA 10 ppm. + NAA 100 ppm.	0.987 *
GA_3 50 ppm.	0.984 *
Maxim® 75 ppm.	0.990 *

A correlation greater than 0.8 is generally described as strong, whereas a correlation less than 0.5 are generally described as weak. Positive correlation: r is close to +1, Negative correlation: r is close to -1, No correlation: r = 0

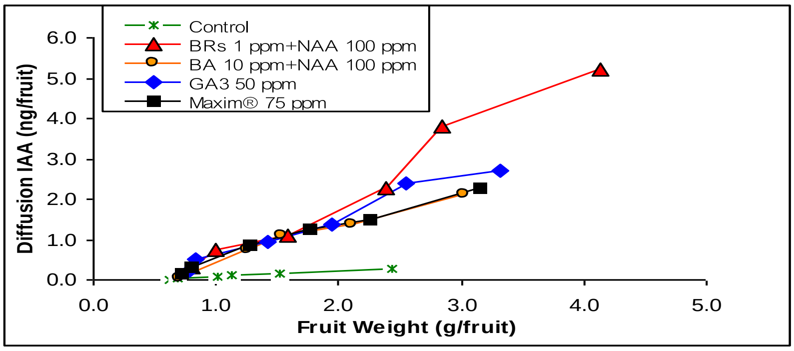


Figure 1 The correlation of diffusion IAA content and fruit weight (week 1-6)

Table 4 Effect of plant growth regulators on size of longan fruit and seed

Treatment	Size of longan fruit			Size of longan seed		
	Width (cm.)	Length (cm.)	Thickness (cm.)	Width (cm.)	Length (cm.)	Thickness (cm.)
Control	2.431 c	2.172 c	2.124 b	0.881 b	1.201 b	0.720 b
BRs 1 ppm. + NAA 100 ppm.	2.702 a	2.542 a	2.501 a	1.453 a	1.491 a	1.224 a
BA 10 ppm. + NAA 100 ppm.	2.601 b	2.387 b	2.362 a	1.432 a	1.460 a	1.141 a
GA_3 50 ppm.	2.660 ab	2.393 b	2.411 a	1.444 a	1.490 a	1.181 a
Maxim® 75 ppm.	2.620 ab	2.341 b	2.384 a	1.431 a	1.443 a	1.164 a
$LSD_{0.05}$	0.084	0.124	0.166	0.075	0.086	0.102

Means followed by the same letters in the same column did not significantly different at the α = 0.05 by LSD.

Table 5 Effect of plant growth regulators on fruit weight, aril thickness, exocarp thickness, fruit firmness and TSS

Treatment	Fruit fresh weight (g.)	Aril thickness (cm.)	Exocarp thickness (cm.)	Fruit firmness (kg/cm^3)	TSS (%Brix)
Control	6.734 c	0.442 c	0.087	0.830 b	17.91
BRs 1 ppm. + NAA 100 ppm.	10.222 a	0.599 a	0.082	1.063 a	18.32
BA 10 ppm. + NAA 100 ppm.	8.527 b	0.576 a	0.084	1.020 a	18.10
GA_3 50 ppm.	9.141 b	0.580 a	0.083	1.030 a	18.86
Maxim® 75 ppm.	8.925 b	0.578 a	0.085	1.020 a	18.03
$LSD_{0.05}$	0.659	0.217	ns	0.059	ns

Means followed by the same letters in the same column did not significantly different at the α = 0.05 by LSD.

วิจารณ์ผล

การให้สารควบคุมการเจริญเติบโตทุกกรรมวิธีสามารถทำให้ขนาดผลใหญ่กว่าชุดควบคุม เนื่องจากคุณสมบัติของสารควบคุมการเจริญเติบโตมีผลส่งเสริมการขยายขนาดของเซลล์ และกระตุ้นการแบ่งเซลล์ (Salisbury และ Ross, 1992) การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตสามารถช่วยเพิ่มปริมาณ diffusion IAA ภายในผลซึ่งสอดคล้องกับ Juan และคณะ (2009) พบว่าองุ่นแดงที่พ่นด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต ทำให้ปริมาณฮอร์โมน IAA ภายในผลเพิ่มมากขึ้นกว่าชุดควบคุม กรณีความสัมพันธ์ของปริมาณ diffusion IAA นั้นเป็นแบบตามกัน โดยการเพิ่มปริมาณของ IAA ภายในผลส่งผลให้น้ำหนักผลสดเพิ่มมากขึ้น (Magdalene, 2003) ดังนั้นปริมาณ diffusion IAA จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของผลช่วยทำให้ผลลำไยมีขนาดเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม

สรุปผล

สารควบคุมการเจริญเติบโตสามารถทำให้น้ำหนักผลสด และปริมาณ diffusion IAA มากกว่าชุดควบคุม ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ diffusion IAA กับน้ำหนักผลสดนั้นมีความสัมพันธ์แบบตามกัน สารควบคุมการเจริญเติบโตทุกกรรมวิธีมีผลต่อ ความกว้าง ความยาว ความหนาของผล ความกว้าง ความยาว ความหนาของเมล็ด น้ำหนักสด ความหนาของเนื้อ ความแน่นเนื้อ แต่ไม่มีผลต่อ ความหนาของเปลือก และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด กรรมวิธีที่บราสิโนสเตียรอยด์ (BRs) 1 มก./ล. ร่วมกับ ออกซิน (NAA) 100 มก./ล. ทำให้มีน้ำหนักผลสด ความกว้าง ความยาว ความหนาของผล ความกว้าง ความยาว ความหนาของเมล็ด น้ำหนักสด ความหนาของเนื้อ ความแน่นเนื้อ มากที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ผศ. ดร. ดรุณี นาพรหม ที่กรุณาช่วยให้คำปรึกษา และแนะนำ ตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544, สรีรวิทยาของพืช, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 237.

Brault, M. and Maldiney, R., 1999, Mechanism of Cytokinin Action, Plant Physiology and Biochemistry, 37: 403-412.

Juan, H., Songlin, Y. and Chao, M., 2009, Effects of Plant Growth Regulator on Endogenous Hormone Levels During the Period of the Red Globe Growth, Journal of Agricultural Science, 1: 92-100.

Magdalene, A.K., 2003, The Relation Between the Levels of Extractable and Diffusible IAA in Almond Fruits and Their "June drop", Plant Growth Regulation, 39: 107–111.

Salisbury, F.B. and Ross, C.W., 1992, Plant Physiology. 4 ed, Wadsworth Pub. Co., Belmont, p. 682.

William, G.H., 1999, Introduction to Plant Physiology, Jonh Wiley and Sons, Inc., New York, p. 512.

Yokota, T., 1997, The Structure, Biosynthesis and Function of Brassinosteroids, Journal of Plant Physiology, 2: 137-143.

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 257-260 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 257-260 (2555)

ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อ *Pseudoidium nephelii* สาเหตุโรคราแป้งของเงาะ

Efficiency of Crude Extract from Medicinal Plant for Inhibition Spore Germination of *Pseudoidium nephelii* Causing Powdery Mildew of Rambutan

วรารัตน์ ศรีจันทร์[1] และ ชัยสิทธิ์ ปรีชา[1]
Srijan, W.[1] and Preecha, C.[1]

Abstract

Powdery mildew of rambutan caused by *Pseudoidium nephelii* reduced marketable quality of produce. Farmers applied fungicides to control due to residue in produce and export decreasing. This research was conducted to screen control efficiency of crude extracts from medicinal plants against *Pseudoidium nephelii.* It will advantage of fungicide application reducing, safety for consumer farmer and also environment al friendly. Medicinal plant crude extracts were obtained from *Antigonon leptopus*, *Carica papaya*, *Allium sativum*, *Zingiber officinale*, *Curcuma longa*, *Capsicum frutescens*, *Zingiber cassumunar*, *Cymbopogon citrates*, *Garcinia mangostana* and *Aloe vera*. Each medicinal plant was blended and macerated in ethyl alcohol 95% and sterile distilled water at ratio 100 g: 500 ml. After 24 hours, crude extract was filtrated. Crude extracts were tested for inhibition of spore germination against *Pseudoidium nephelii* on thin layer of onion. The experiment indicated that ethyl alcohol crude extract of *Curcuma longa*, *Zingiber cassumunar*, *Zingiber officinale*, leaf *of Antigonon leptopus*, and *Allium sativumin* hibition could inhibit spore germination 90, 80, 70, 66.7 and 63.3%, respectively. Whiledis tilled water crude extract of *Zingiber cassumunar*, *Cymbopogon citrates*, *Allium sativum*, and *Zingiber officinale* could inhibit spore germination 76.7, 63.3, 56.7, and 53.3%, respectively. This research demonstrated that several medicinal plant crude extract had potential to control *Pseudoidium nephelii* a causal agent of powdery mildew of rambutan. However, increasing of concentration and crude extract method must be longer done.

Keywords: *Pseudoidium nephelii*, medicinal plant, crude extract

บทคัดย่อ

โรคราแป้งของเงาะที่เกิดจากเชื้อ *Pseudoidium nephelii* เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อการผลิตเงาะ เกษตรกรจำเป็นต้องใช้สารเคมีควบคุม และมีการตกค้างของสารเคมีในผลผลิต ส่งผลให้การส่งออกลดลง การวิจัยนี้เพื่อคัดเลือกสารสกัดจากพืชสมุนไพรบางชนิด สำหรับควบคุมโรคราแป้งเพื่อลดการใช้สารเคมี เพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค เกษตรกร และเป็นมิตรกับสภาพแวดล้อม โดยทำการแยกสารสกัดจากพืชสมุนไพร ได้แก่ ใบพวงชมพู ใบมะละกอ กระเทียม ขิง ขมิ้น พริกขี้หนู ไพล ตะไคร้ เปลือกมังคุด และว่านหางจระเข้ โดยวิธีการปั่นให้ละเอียดแล้วหมักในตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 95% และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ อัตราส่วน 100 กรัมต่อตัวทำละลาย 500 มิลลิลิตร หมักไว้ 24 ชั่วโมง นำสารสกัดหยาบที่ผ่านการกรอง ไปทดสอบการยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อ *Pseudoidium nephelii* สาเหตุโรคราแป้งของเงาะ โดยทดสอบบนเนื้อเยื่อผิวของหอมใหญ่ พบว่าสารสกัดจาก ขมิ้น ไพล ขิง ใบพวงชมพู และ กระเทียม ที่สกัดโดยเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% มีประสิทธิภาพยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 90 80 70 66.7 และ 63.3% ตามลำดับ ส่วนไพล พริกขี้หนู กระเทียมและขิง ที่สกัดโดยใช้น้ำสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้เพียง 76.7 63.3 56.7 และ 53.3% ตามลำดับ จากผลการวิจัยจะในครั้งนี้จะเห็นได้ว่ามีพืชหลายชนิดที่มีศักยภาพในการควบคุมเชื้อ *Pseudoidium nephelii* สาเหตุโรคราแป้งของเงาะ แต่จะต้องศึกษาเพิ่มเกี่ยวกับความเข้มข้น และวิธีสกัดสารเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่เหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: *Pseudoidium nephelii* พืชสมุนไพร สารสกัดหยาบ

[1] สาขาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช 109 หมู่ที่ 2 ต.ถ้ำใหญ่ อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช 80110

[1] Department of Plant Science, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of TechnologySrivijaya, 109 Tum Yai, Thung Song, NakhonSi Thammarat, 80110

คำนำ

เงาะ (*Nephelium lappaceum* Linn.) เป็นผลไม้เขตร้อน ปลูกมากในตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทย และเป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีราคาสูง เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรชาวสวนได้เป็นอย่างดี แต่ปัญหาของเงาะในระยะก่อนเก็บเกี่ยวที่ทำความเสียหายมากที่สุดคือ โรคราแป้ง (Powdery mildew) สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Pseudoidium nephelii* เป็น sub genus ของเชื้อ Oidium ในกลุ่มที่สร้างสปอร์สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศใน Genus Erysiphe เป็นเชื้อที่มีเพียงสปอร์เดียว (single oidium) ที่ปลายก้านชูสปอร์ (conidiophore) (Braun,1987; Beilanger และ Jarvis, 1994; Boesewinkel, 1980; Jaczewski, 1927; To-anun และ Takamatsu, 2007) เป็นโรคที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับช่อดอกและผลเงาะที่กำลังเจริญเติบโต ลักษณะอาการที่พบเห็นเด่นชัดคือ มีลักษณะเป็นผงสีขาวปกคลุมบริเวณใบอ่อน ช่อดอก ผลอ่อน ทำให้ใบบิดเบี้ยว ช่อดอกร่วงติดผลน้อย ผลอ่อนแคระแกร็น แห้งดำ เจริญเติบโตช้า ผลเงาะที่โตแล้วและมีราแป้งปกคลุมที่ผิวจะทำให้ผิวคล้ำหยาบ แข็ง ขนเกรียน ผลเงาะที่สุกเมื่อมีราแป้งเจริญที่ผลทำให้ผลเปลี่ยนสีไม่สม่ำเสมอ บริเวณที่มีเชื้อราแป้งจะสุกช้า และมีสีเหลือง ส่วนด้านที่ไม่มีเชื้อราปกคลุมจะมีสีแดงปกติ ทำให้เงาะเสียคุณภาพ และถูกจัดเป็นเกรดต่ำ ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด และราคาลดลง 2-5 เท่า เป็นผลทำให้เกิดความเสียหายกับผลผลิตเป็นอย่างมาก (นิพนธ์, 2542)

การควบคุมโรคราแป้งของเงาะ โดยการใช้สารเคมีเป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เพราะสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ แต่การใช้สารเคมีติดต่อกันเป็นระยะเวลานานจะมีพิษตกค้างต่อสิ่งแวดล้อม และก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ผลิต และผู้บริโภค นอกจากนี้ เชื้อราสามารถสร้างความต้านทานต่อสารเคมีบางชนิดได้ พืชบางชนิดมีรายงานมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืชได้ดี giant knotweed มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Reynoutria sachalinensis* อยู่ใน Family: Polygonaceae มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคราแป้งและผลิตในเชิงการค้า (Herger และ Klingauf, 1990; Tsinis และคณะ, 2006) มีรายงานว่ามีพืชสมุนไพรหลายชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด (พัฒนา, 2539) ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำสารสกัดพืชสมุนไพร มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pseudoidium nephelii* สาเหตุโรคราแป้งของเงาะ ใช้เป็นทางเลือกในการควบคุมโรค และทดแทนการใช้สารเคมีที่มีราคาแพง อีกทั้งยังลดปริมาณการนำเข้าสารเคมีจากต่างประเทศได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารสกัดจากพืชสมุนไพร

การเตรียมสารสกัดโดยนำพืชสมุนไพร จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ใบพวงชมพู (*Antigonon leptopus*) ใบมะละกอ (*Carica papaya*) กระเทียม (*Allium sativum*) ขิง (*Zingiber officinale*) ขมิ้น (*Curcuma longa*) พริกขี้หนู (*Capsicum frutescens*) ไพล (*Zingiber cassumunar*) ตะไคร้ (*Cymbopogon citratus*) เปลือกมังคุด (*Garcinia mangostana*) และว่านหางจระเข้ (*Aloe vera*) ทำการสกัดด้วยวิธีปั่นแช่กรอง อัตราส่วน พืช 100 กรัม ต่อตัวทำละลาย 500 มิลลิลิตร โดยนำพืชสมุนไพรแต่ละชนิด ล้างทำความสะอาดตั้งไว้ให้แห้ง จากนั้นนำพืชสมุนไพร แต่ละชนิดมาปั่นให้ละเอียด แช่ในตัวทำละลาย 2 ชนิด คือเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ แช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น เก็บสารสกัดใส่ขวดสีชา แช่ตู้เย็นเพื่อใช้ทดสอบในขั้นตอนต่อไป

การเตรียมเชื้อ *Pseudoidium nephelii* สาเหตุโรคราแป้งของเงาะ

การเตรียมเชื้อ เก็บรวบรวมสปอร์ของเชื้อรา *Pseudoidium nephelii* สาเหตุโรคราแป้งของเงาะ จากใบอ่อนของเงาะ ที่แสดงอาการในเรือนทดลอง โดยใช้น้ำกลั่นฉีดล้างใบที่มีโรคราแป้งปกคลุมลงในบีกเกอร์ ปรับปริมาณให้ได้จำนวนสปอร์ 10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร โดยใช้ heamacytometer ก่อนนำไปปลูกเชื้อ

การเตรียมเยื่อหอมหัวใหญ่ เพื่อใช้ในการทดสอบเลี้ยงเชื้อบนเยื่อหอม

การเตรียมเยื่อหอมใหญ่ โดยใช้หอมใหญ่ *Allium cepa* L. พันธุ์ Granex โดยนำหอมหัวใหญ่มาผ่าแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ลอกกลีบหอมหัวใหญ่ออกเป็นชิ้นๆ ใช้มีดกรีดผิวด้านในให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1x1 เซนติเมตร จากนั้นใช้ปากคีบ (forceps) ลอกเซลล์ผิว (epidermal cell) ด้านในกลีบหอม วางเยื่อหอมบนแผ่น slide จากนั้นทำการปลูกเชื้อด้วยการหยด spore suspension ลงบนเยื่อ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพร ที่มีผลต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์ *Pseudoidium nephelii* สาเหตุโรคราแป้ง

นำสารสกัดที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์ *Pseudoidium nephelii* บนเยื่อหอม โดยดูดสารสกัดจากพืชสมุนไพรหยดลงบนเยื่อหอม ปริมาตร 10 ไมโครลิตร หลังหยดสารสกัด 30 นาที ปลูกเชื้อที่เตรียมได้ข้างต้น 10 ไมโครลิตร หลังจากปลูกเชื้อ 12 และ 24 ชั่วโมง ตรวจนับการงอกของ germination tube ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 3 ฟิลด์ ฟิลด์ละ 10 สปอร์ เปรียบเทียบกับ Control คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์

การคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความงอกของสปอร์} = \frac{\text{จำนวนสปอร์ที่งอกของแต่ละสิ่งทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนสปอร์ที่งอกทั้งหมดจากcontrol}}$$

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์ = 100 - เปอร์เซ็นต์ความงอกของสปอร์

กาวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design ประกอบด้วย สองปัจจัย คือปัจจัยที่ 1 ชนิดพืชสมุนไพร มี 10 ชนิด ปัจจัยที่ 2 ตัวทำละลาย 2 ชนิด คือเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ

ผลการทดลอง

สารสกัดพืชที่ได้จัดเป็นสารสกัดหยาบ ใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด คือเอทิลแอลกอฮอล์ และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพร ที่มีผลต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์ *Pseudoidium nephelii* พบว่า เอทิลแอลกอฮอล์มีประสิทธิภาพในการสกัดสารออกฤทธิ์ดีกว่าน้ำกลั่น สารสกัดจากขมิ้นชันที่สกัดโดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์ *Pseudoidium nephelii* ได้ดีที่สุดมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง เท่ากับ 90% (p>0.01) รองลงมา คือ ไพล ขิง ใบพวงชมพู กระเทียม พริกขี้หนู ตะไคร้ ใบมะละกอ ว่านหางจระเข้ และเปลือกมังคุด มีประสิทธิภาพยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 80 70 66.7 63.3 60 43.3 36.7 26.7 และ 23.3% ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากพืชสมุนไพร โดยใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นตัวทำละลาย พบว่า ไพล มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง เท่ากับ 76.7% รองลงมา ได้แก่ พริกขี้หนู กระเทียม ขิง ว่านหางจระเข้ ตะไคร้ ขมิ้น ใบมะละกอ เปลือกมังคุด และใบพวงชมพู มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง เท่ากับ 63.3 56.7 53.3 40 30 13.3% ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Screening for control efficiency of crude extract from medicinal plant in ethyl alcohol 95% and sterile distilled water against *Pseudoidium nephelii* through spore germinations inhibition on thin layer of onion

Crude extract from medicinal plant	Percentage of spore germination inhibition	
	Ethyl alcohol 95%	Sterile distilled water
Zingiber cassumunar	80 $^{ab1/}$	76.7 ^{abc}
Curcuma longa	90 ^{a}	30 ^{hij}
Antigonon leptopus	66.7 ^{bcd}	13.3 ^{j}
Allium sativum	63.3 ^{bcde}	56.7 ^{cdefg}
Zingiber officinale	70 ^{abcd}	53.3 ^{defg}
Aloe vera	26.7 ^{hij}	40 ^{fgh}
Carica papaya	36.7 ^{hij}	16.7 ^{ij}
Capsicum frutescens	60 ^{bcdef}	63.3 ^{bcde}
Cymbopogon citratus	43.3 ^{efgh}	30 ^{hij}
Garcinia mangostana	23.3 ^{hij}	16.7 ^{ij}

1/ = Means followed by the same letter were not significantly different at p = 0.01.

วิจารณ์ผล

โรคราแป้งของเงาะ เป็นโรคที่สำคัญชนิดหนึ่ง เกิดจากเชื้อสาเหตุ *Pseudoidium nephelii* จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพร ที่มีผลต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์ โดยวิธีปั่นกรอง พบว่า สารสกัดจากขมิ้น ไพล ขิง ใบพวงชมพู และ กระเทียม ที่สกัดโดยเอทิลแอลกอฮอล์ มีประสิทธิภาพยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 90 80 70 66.7 และ 63.3% ตามลำดับ ส่วนไพล พริกขี้หนู กระเทียมและขิง ที่สกัดโดยใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้เพียง 76.7 63.3 56.7 และ 53.3% ตามลำดับ Suleiman และคณะ (2009) รายงานถึงคุณสมบัติในการละลายน้ำในตัวทำละลายที่แตกต่างกันของสารสกัดจากพืช มีผลต่อการออกฤทธิ์ยับยั้งหรือชะลอการเจริญของเชื้อรา แสดงว่าสารสำคัญที่ได้จากพืชที่สกัดด้วยเอทธิลแอลกอฮอล์ มีสารออกฤทธิ์ที่มีผลต่อการเจริญเชื้อราดังกล่าว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมี และกิจกรรมของสารออกฤทธิ์ที่ส่งเสริมกันของสารที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่ง ประไพพิศ (2552) รายงานว่าสารสกัดจากขมิ้น และกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ก่อโรคเน่าคอดินในพืชตระกูลกะหล่ำที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0.04-0.1 เปอร์เซ็นต์ ได้อย่างสมบูรณ์ซึ่งเห็นได้ว่า สารสกัดจากพืชจะมีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญเชื้อรา *P. aphanidermatum* เพิ่มขึ้นตามระดับความ

เข้มข้นที่สูงขึ้น จากรายงานของ พรรณนิภา (2551) ที่กล่าวว่า การที่สารสกัดจากพืชจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ชนิดของเชื้อรา และความเข้มข้นของสารสกัดจากพืช

พืชบางชนิดอยู่ใน Family: Polygonaceae คือ Giant knotweed (*Reynoutria sachalinensis*) มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคราแป้งของแอ๊ปเปิ้ลที่เกิดจากเชื้อรา *Podosphaera leucotricha* เชื้อ *Erysiphe polyphaga* โรคราแป้งของแตงกวาเกิดจากเชื้อรา *Sphaerotheca fuliginea* โรคราน้ำค้างขององุ่นเกิดจากเชื้อรา *Plasmopara viticola* และโรคราสนิมที่เกิดจากเชื้อ *Uromyces phaseoli* (*U. appendiculatus*) โดยชักนำให้พืชเกิดความต้านทาน (induced resistance) มีการสร้างคลอโรฟิลล์และเอทธิลีนเพิ่มขึ้น (Tsinis และคณะ, 2006) บริษัท Bio Innovations ได้ผลิต giant knotweed เป็นการค้าในรูปสารสกัดในชื่อ Regalia® SC (เดิมชื่อ Milsana) (Herger และ Klingauf, 1990) ในประเทศไทยมีพืชหลายชนิดที่อยู่ในวงศ์เดียวกับ giant knotweed ได้แก่ พวงชมพู (*Antigonon leptopus*) ที่พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกสปอร์ของเชื้อ *Pseudoidium nephelii* พืชชนิดอื่นที่อยู่ในวงศ์เดียวกัน ได้แก่ ครุฑทะเล (*Coccoloba uviferu*) ตะขาบหิน (*Muehlenbeckia platyclada*) สร้อยทับทิม (*Polygonum barbatum*) เอื้องเพ็ดม้า (*Polygonum chinense*) ผักไผ่น้ำ จันทน์หอม จันทน์เกษม (*Polygonum hydropiper*) ผักไผ่ จันทน์โฉม ผักแพว ผักแผ่ว (*Polygonum odoratum*) ผักบุ้งส้ม (*Fagopyrum cymosum*) ผักเอื้อง (*Polygonum orientale*) ผักไผ่น้ำ (*Polygonum tomentosum*) ผักกาดส้ม (*Rumex crispus*) และผักบวก (*Rumex vesicarius*)

สรุปผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพร ที่มีผลต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์ *Pseudoidium nephelii* สาเหตุโรคราแป้งของเงาะ พบว่าสารสกัดจากพืชที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคราแป้งของเงาะได้ดีคือ ขมิ้น ไพล ขิง ใบพวงชมพู และ กระเทียม ที่สกัดโดยเอทิลแอลกอฮอล์ มีประสิทธิภาพยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 90 80 70 66.7 และ 63.3% ตามลำดับ ส่วนไพล พริกขี้หนู กระเทียมและขิง ที่สกัดโดยใช้น้ำสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้เพียง 76.7 63.3 56.7 และ 53.3% ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

นิพนธ์ วิสารทานนท์, 2542, โรคไม้ผลเขตร้อนและการป้องกันกำจัด : เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการหลักสูตร "หมอพืช-ไม้ผล, ภาควิชาโรคพืช, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 172 หน้า.

ประไพพิศ สุวิทย์ชยานนท์, 2552, ผลของสารสกัดจากกานพลูขมิ้น ชา และพริก ในการควบคุมโรคของพืชตระกูลกะหล่ำ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พรรณนิภา ชุมศรี, 2521, การตรวจสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์, สภาวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ, 12 หน้า.

พัฒนา สนธิรัตน, 2530, การใช้สารสกัดจากธรรมชาติในการควบคุมโรคพืช, เทคโนโลยีชีวภาพโรคพืชและจุลชีววิทยา, กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการ, หน้า 14-24.

Beilanger, R.R. and Jarvis, W.R., 1994, Occurrence of Powdery Mildew (*Erysiphe* sp.) on Greenhouse Tomatoes in Canada, Plant Disease, 78: 640.

Boesewinkel, H.J., 1980, The Morphology of the Imperfect States of Powdery Mildews (Erysiphaceae), Botanical Review, 46: 167-224.

Braun, U., 1987, A monograph of the Erysiphales (Powdery Mildews), Beih Nova Hedwigia, 89: 1–700.

Herger, G. and Klingauf, F., 1990, Control of Powdery Mildew Fungi with Extracts of the Giant Knotweed, *Reynoutria sachalinensis* (Polygonaceae), Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent, 55(3a): 1007-1014.

Jaczewski, A.A., 1927, Mycological Laboratory, Sl. Insl. Exp. Agric. Leningrad: 626p.

Konstantinidou-Doltsinis, S., Markellou, E., Kasselaki, A.-M., Fanouraki, M.N., Koumaki, C.M., Schmitt, A., Liopa-Tsakalidis, A. and Malathrakis, N.E., 2006, Efficacy of Milsana, a Formulated Plant Extract from *Reynoutria sachalinensis*, Against Powdery Mildew of Tomato (*Leveillula taurica*), BioControl, 51(3): 375–392.

Suleiman, M.N. and Emua, S.A., 2009, Efficacy of Four Plant Extracts in the Control of Root Rot Disease of Cowpea *(Vigna unguiculata* (L.) Walp), African Journal of Biotechnology, 8: 3806-3808.

To-anun, C. and Takamatsu, S., 2007, Powdery Mildew Fungi of Thailand: Integrated: Analyses of Morphological and Molecular Characteristics, The 1st International Meeting for Development of IPM in Asia and Africa, 26 - 28 November 2007, Chiang Mai Hill Hotel, Chiang Mai, Thailand.

การเหลือรอดของ *Lactobacillus acidophilus* ในโยเกิร์ตกล้วยน้ำว้าและสภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหาร

Survival of *Lactobacillus acidophilus* in Banana (*Musa sapientum* L.) Yoghurt and Simulated Gastrointestinal Conditions

ทิพรักษ์ วงษาดี[1] อัสนี วงคำหาร[1] และ สุรีพร หงส์สีดา[1]

Wongsadee, T.[1], Wongkhumhan, A.[1] and Hongseeda, S.[1]

Abstract

The objective of this study was to determine the effects of supplemented with modified banana (*Musa sapientum* L.) starch at 3 and 5% levels (v/v) in yoghurt containing *Lactobacillus acidophilus* on the survival of *L. acidophilus* during refrigerated storage and simulated gastrointestinal conditions. The yoghurt with modified banana starch added during storage had a significantly higher survival of *L. acidophilus* than without added ($p<0.05$) and showed increase highest after 7 days (9.3 log cfu/ml) from 8.8 log cfu/ml initially studied and decrease after 14 and 28 days. The effect of add modified banana starch in yoghurt on survival of *L. acidophilus* in simulated gastro-intestinal conditions increased a significantly with increasing level ($p<0.05$) and the 5% modified banana starch added yoghurt showed highest survival of *L. acidophilus* as 6.8-8.4 log CFU/ml which were higher than the minimum therapeutic dose.

Keywords: yoghurt, banana (*Musa sapientum* L.), *Lactobacillus acidophilus*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการเติมแป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรในโยเกิร์ตเสริมจุลินทรีย์ *Lactobacillus acidophilus* ต่อการรอดชีวิตของ *L. acidophilus* ในระหว่างการเก็บรักษาและสภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหาร จากผลการวิจัยพบว่าโยเกิร์ตที่เติมแป้งกล้วยดัดแปรมีการเหลือรอดของ *L. acidophilus* ในผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษามากกว่าโยเกิร์ตที่ไม่เติมแป้งกล้วยดัดแปร ($p<0.05$) และมีจำนวนเพิ่มขึ้นสูงที่สุดหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน (9.3 log cfu/ml) จากเชื้อเริ่มต้นหลังการผลิต 8.8 log cfu/ml และมีแนวโน้มลดลงหลังจากการเก็บรักษา 14 และ 28 วัน ผลการเติมแป้งกล้วยดัดแปรต่อการเหลือรอดของ *L. acidophilus* ในสภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหาร พบว่าการเติมแป้งกล้วยดัดแปรเพิ่มมากขึ้นการเหลือรอดของเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และการเติมแป้งกล้วยดัดแปร 5% มีผลต่อการเหลือรอดของเชื้อสูงที่สุดมีจำนวนเชื้อเหลือรอดในช่วง 6.8-8.4 log cfu/ml ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับว่ามีประโยชน์เพียงพอต่อร่างกายผู้บริโภค

คำสำคัญ: โยเกิร์ต กล้วยน้ำว้า *Lactobacillus acidophilus*

คำนำ

จุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotics) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่พบในบริเวณลำไส้ และยังรวมถึงจุลินทรีย์ที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร มีคุณสมบัติปกป้องร่างกายไม่ให้ได้รับอันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค และยังสามารถผลิตเอนไซม์มาย่อยสารอาหารบางประเภทและผลิตสารอาหารที่ดีมีประโยชน์ให้แก่สุขภาพ ผู้บริโภคจะได้รับเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกส่วนใหญ่จากการบริโภคอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดต่างๆ โดยเฉพาะโยเกิร์ตเป็นที่นิยมบริโภคกันมากในกลุ่มคนไทย สำหรับเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* จัดเป็นจุลินทรีย์โพรไบโอติกชนิดหนึ่ง ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีจุลินทรีย์โพรไบโอติกมักพบปัญหา คือปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่คงอยู่ในผลิตภัณฑ์และการเหลือรอดในระบบย่อยอาหารลดลงน้อยกว่าก่อนการผลิต ทำให้มีประโยชน์ต่อร่างกายลดลงซึ่งจำนวนเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกในระดับที่มีประโยชน์ต่อร่างกายควรมีจำนวนที่เหลือรอดมากกว่า 10^6 cfu/g ดังนั้นการเติมสารอาหารบางอย่างลงไปเพื่อส่งเสริมการ

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ซ.อิสรภาพ 15 ถ.อิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University 1061 Soi Isaraphap 15, Isaraphap Rd., Dhonburi, Bangkok 10600

เจริญของโพรไบโอติกจึงเป็นวิธีการที่ดี กลุ่มของสารอาหารที่ร่างกายไม่สามารถย่อยและดูดซึมในระบบทางเดินอาหารตอนบน และส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติก เรียกว่า พรีไบโอติก เช่น สารประกอบฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ (fructo-oligosaccharides) กาแลคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Galactooligosaccharide) และอินนูลิน (inulin) เป็นต้น กล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ไทยที่นิยมบริโภคกันมานาน มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย นอกจากนี้ยังประกอบด้วยอินนูลิน และโอลิโกฟรุกโตสที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกอีกด้วย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติกในโยเกิร์ตกล้วยน้ำว้าที่สภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหารเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกายผู้บริโภคสูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมเชื้อเริ่มต้นในการผลิตโยเกิร์ตจาก *Streptococcus thermophilus* TISTR 895 และ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* TISTR 458 ที่อยู่ในรูปผงแห้ง และจุลินทรีย์โพรไบโอติก คือ *Lactobacillus acidophilus* ได้รับมาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยทำการเพาะเชื้อ *S. thermophilus* และ *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS และ *L. acidophilus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS-sorbitol ทำการบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในสภาวะไร้อากาศ เตรียมสารแขวนลอยของเชื้อโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ให้มีเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^9 cfu/ml ทำการเตรียมแป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรโดยนำกล้วยน้ำว้าดิบนำไปนึ่งด้วยไอน้ำแล้วทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดจากนั้นทำการบดและร่อน นำแป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรมาเติมเชื้อ *L. acidophilus* ในอัตราส่วนของกล้วยต่อสารแขวนลอยเท่ากับ 1:1 จากนั้นนำไปกวนด้วยเครื่องกวนสารเพื่อให้เชื้อเกาะติด จากนั้นทำการผลิตโยเกิร์ตโดยเตรียมน้ำนมสดรสจืดมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงแล้วเติมเชื้อจุลินทรีย์ผลิตโยเกิร์ตในอัตราส่วน 1:1 ปริมาณ 10% v/v แล้วเติมแป้งกล้วยน้ำว้าที่มี *L. acidophilus* คือ 3 และ 5% v/v แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 42°C จนกระทั่งมี pH ประมาณ 4.3-4.5 จากนั้นเก็บรักษาในอุณหภูมิ 4°C (Ricardo และคณะ, 2011) ต่อมาทำการศึกษาการเหลือรอดของ *L. acidophilus* ในโยเกิร์ต ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน สำหรับการศึกษาการเหลือรอดในสภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหารทำได้โดยเตรียมสารละลายเอนไซม์เพปซิน (Fluka-77160) ความเข้มข้น 3 กรัมต่อลิตรละลายด้วยโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% v/v ปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 2.0-2.5 ทำให้ปลอดเชื้อโดยการกรองด้วยกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.22 µm และเตรียมสารละลายเกลือน้ำดี (Hi-media) ความเข้มข้น 0.5% ปรับ pH เป็น 6.0 แล้วกรองให้ปลอดเชื้อ ทำการทดสอบความสามารถในการเจริญของ *L. acidophilus* ในโยเกิร์ตที่ 5 สภาวะ โดยทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37°C ได้แก่ (1) กลุ่มควบคุม (2) เอนไซม์เพปซิน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (3) เอนไซม์เพปซิน เป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วเติมเกลือน้ำดีบ่มต่อเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (4) เอนไซม์เพปซิน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และ (5) เอนไซม์เพปซิน เป็นเวลา 4 ชั่วโมงแล้วเติมเกลือน้ำดีบ่มต่อเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการตรวจนับเชื้อ *L. acidophilus* ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS-sorbitol หลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 37ºC 48 ชั่วโมง ในสภาวะไร้อากาศ (อาทิตย์, 2550; Lian และคณะ, 2003)

ผลการทดลอง

จากผลการวิจัยพบว่าการเติมแป้งกล้วยในโยเกิร์ตทำให้ *L. acidophilus* เหลือรอดในผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C สูงกว่าการไม่เติมแป้งกล้วย ($p<0.05$) โดยจำนวนเชื้อในโยเกิร์ตที่เติมแป้งกล้วยมีจำนวนเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในวันที่ 7 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลามากขึ้นจำนวนเชื้อในโยเกิร์ตมีแนวโน้มลดลง ดัง Table1 ส่วนการเหลือรอดของเชื้อในสภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหาร พบว่าการเติมแป้งกล้วยดัดแปร 5% มีผลต่อการเหลือรอดของเชื้อในสภาวะความเป็นกรดสูง เอนไซม์ในกระเพาะอาหารและเกลือน้ำดีสูงที่สุดในทุกสภาวะ ดัง Table 2

วิจารณ์ผล

การเติมแป้งกล้วยดัดแปรในโยเกิร์ตในปริมาณที่เพิ่มขึ้นพบจำนวนการเหลือรอดของเชื้อ *L. acidophilus* เพิ่มมากขึ้นจำนวนอยู่ในช่วง 8.5-9.3 log cfu/ml สอดคล้องกับการศึกษาของ Donkor และคณะ (2007) ที่รายงานว่าการเติมแป้งข้าวโพดดัดแปรในปริมาณที่มากขึ้นส่งเสริมการรอดชีวิตของ *L. acidophilus* ในระหว่างการเก็บรักษาได้มากขึ้น อีกทั้งการเติมแป้งกล้วยดัดแปรมีผลทำให้ *L. acidophilus* เหลือรอดในสภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหารสูงกว่าเซลล์อิสระ จำนวนอยู่ในช่วง 6.8-8.8 log cfu/g แสดงว่าแป้งกล้วยดัดแปรมีคุณสมบัติปกป้องเซลล์จุลินทรีย์จากสภาวะกรดสูง เอนไซม์ใน

กระเพาะอาหารและด่างสูงได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Michida และคณะ (2006) ที่รายงานว่าการใช้เส้นใยจากข้าวบาร์เล่ย์ในการตรึงเซลล์ *L. plantarum* มีผลทำให้เชื้อเหลือรอดหลังจากผ่านสภาวะเลียนแบบระบบกระเพาะอาหารได้มากกว่าเซลล์อิสระ

สรุปผล

การผลิตโยเกิร์ตโดยการเติมแป้งกล้วย 5% มีผลต่อการเหลือรอดของเชื้อ *L. acidophilus* ในโยเกิร์ต ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C และในสภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหารสูงที่สุด ซึ่งจำนวนเชื้อ *L. acidophilus* ที่เหลือรอดในโยเกิร์ต อยู่ในระดับที่ยอมรับว่ามีประโยชน์เพียงพอต่อร่างกายผู้บริโภค

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ปีงบประมาณ 2555

เอกสารอ้างอิง

อาทิตย์ คมขำ, 2550, การเจริญและการเหลือรอดของ Lactobacillus acidophilus ในเครื่องดื่มแอซิโดฟิลัสและระบบกระเพาะอาหาร-ลำไส้จำลอง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Donkor, O.N., Nilmini S.L.I., Stolic, P., Vasiljevic, T. and Shah, N.P., 2007, Survival and Activity of Selected Probiotic Organisms in Set-type Yoghurt During Cold Storage, International Dairy Journal, 17: 657-665.

Lian, W.C., Hsiao, H.C. and Chou, C.C., 2003, Viability of Microencapsulated Bifidobacteria in Simulated Gastric Juice and Bile Solution, International Journal of Food Microbiology, 86: 293– 301.

Michida, H., Tamalampudi, S., Pandiella, S.S., Webb, C., Fukuda, H. and Kondo, A., 2006, Effect of Cereal Extracts and Cereal Fiber on Viability of *Lactobacillus plantarum* under Gastrointestinal Tract Conditions, Biochemical Engineering Journal, 28: 73-78.

Table 1 The viability of Lactobacillus acidophilus in yoghurt samples in the presence of different levels of modified banana (*Musa sapientum* L.) starch during four weeks at 4ºC.

Period of storage (days)	Concentration of modified banana starch[1]		
	0%	3%	5%
0	8.3±0.05 ^{Ba}	8.6±0.05 ^{ABb}	8.8±0.25 ^{Abc}
7	7.3±0.17 ^{Bb}	9.3±0.20 ^{Aa}	9.3±0.05 ^{Aa}
14	7.2±0.30 ^{Bbc}	9.0±0.05 ^{Aa}	9.0±0.11 ^{Aab}
28	6.7±0.35 ^{Bc}	8.5±0.25 ^{Ab}	8.3±0.10 ^{Ac}

[1] Means in the same column with different small letter superscripts are significantly different; Means in the same row with different capital letter superscripts are significantly different

Table 2 The viability of Lactobacillus acidophilus in yoghurt samples in the presence of different levels of modified banana (*Musa sapientum* L.) starch in conditions simulating gastrointestinal stresses.

Conditions	Concentration of modified banana starch[1]		
	0%	3%	5%
Control	8.3±0.05 ^{Ba}	8.6±0.05 ^{ABa}	8.8±0.25 ^{Aa}
2 hour with pepsin enzyme	7.2±0.17 ^{Bb}	8.2±0.11 ^{Ab}	8.4±0.05 ^{Ab}
2 hour with pepsin enzyme and bile salt	6.2±0.11 ^{Cc}	7.5±0.05 ^{Bc}	8.3±0.15 ^{Ab}
4 hour with pepsin enzyme	6.1±0.15 ^{Cc}	7.3±0.10 ^{Be}	8.2±0.20 ^{Ab}
4 hour with pepsin enzyme	6.0±0.20 ^{Bc}	6.6±0.05 ^{Af}	6.8±0.28 ^{Ac}

[1] Means in the same column with different small letter superscripts are significantly different; Means in the same row with different capital letter superscripts are significantly different

ผลของการหมักกรดแลคติคต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของน้ำสับปะรด

Effect of Lactic Acid Fermentation on Antioxidant Properties of Pineapple Juice

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์[1] นารี เด่นชัย[1] และ ปิยนุช นุ่มสนิท[1]

Tanganurat, P.[1], Denchai, N.[1] and Numsanit, P.[1]

Abstract

The purpose of this study is to compare the effects of lactic acid fermentation on antioxidant properties among pineapple juice and fermented pineapple juice by *Lactobacillus plantarum* M29. Free radical scavenging activity (DPPH), Ascorbic acid and total phenolic content of fermented pineapple juice was determined and compared with its unfermented. The result revealed that DPPH scavenging activity, phenolic compounds and, especially, ascorbic acid were significant increase after fermentation compared to non-fermented pineapple juice (p<0.05). At 60 h, we found that DPPH scavenging activity (55.64%) in fermented pineapple juice was significantly increased as compared to non-fermented (34.62%) as well as ascorbic acid content (39.65 mg Ascorbic acid/100 mL) (p<0.05). However, we found phenolic content was increase after 24 h of fermentation (6.53 mg gallic acid/L). In summary, fermentation by lactic acid bacteria clearly improved the antioxidant activity of pineapple juice.

Keywords: lactic acid bacteria, antioxidant, fermentation, pineapple juice

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มขีดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำสับปะรดด้วยแบคทีเรียกรดแลคติค (*Lactobacillus plantarum* M29) โดยศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ 2-2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) วิตามินซี และสารฟีนอลิกทั้งหมด ทำการตรวจสอบทุกๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 60 ชั่วโมง โดยค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ปริมาณฟีนอลิก และปริมาณวิตามินซีของน้ำสับปะรดหมักเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น (p<0.05) และพบว่าที่ 60 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดโดยสามารถเพิ่มค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เป็น 55.64% จากปริมาณก่อนหมักคือ 34.62% ส่วนปริมาณวิตามินซีเป็น 39.65 mg Ascorbic acid/100 mL เมื่อเทียบกับปริมาณก่อนหมัก คือ 24.05 mg Ascorbic acid/100 mL สำหรับปริมาณสารฟีนอลิกในน้ำสับปะรดหมัก มีค่าสูงสุดเมื่อทำการหมัก 24 ชั่วโมง มีค่าอยู่ที่ 6.53 mg gallic acid/L เมื่อเทียบจากปริมาณก่อนหมัก คือ 2.39 mg gallic acid/L (p<0.05) ข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติคสามารถเพิ่มกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระได้

คำสำคัญ: แบคทีเรียกรดแลคติค สารต้านอนุมูลอิสระ กระบวนการหมัก น้ำสับปะรด

คำนำ

สับปะรดมีแหล่งกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ พบโดยคริสโตเฟอร์ โคลัมบัส นักเดินเรือชาวสเปน เมื่อปี คศ.1493 ชื่อเดิมตามภาษาท้องถิ่น เรียกว่า นานา (nana) หมายถึงผลไม้รสวิเศษ มีชื่อสามัญว่า Pineapple ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L) Merr. เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (นิดดา, 2550) นิยมรับประทานสด อีกส่วนนำไปใช้ในอุตสาหกรรม การแปรรูปเกือบทั้งหมด และเพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดให้มีมูลค่าและคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มสูงขึ้น จึงนำกระบวนการหมักดองซึ่งเป็นวิธีการถนอมอาหารที่ง่าย และต้นทุนต่ำ โดยแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic Acid Bacteria: LAB) ที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตกรดแลคติค และสารอินทรีย์อื่นๆ ทำให้มีรสเปรี้ยวและมีกลิ่นเฉพาะตัว รวมทั้งยังสามารถเพิ่ม กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระได้ (Juan และ Chou, 2010) งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่การนำกระบวนการหมักมาประยุกต์ใช้ใน การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดและทำการศึกษากระบวนการหมักน้ำสับปะรด และผลของการหมักต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบโพลีฟีนอลในน้ำสับปะรดทั้งก่อนและ

[1] **สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ธัญบุรี ปทุมธานี 12130**

[1] Department of Agro-Industrial technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

หลังกระบวนการหมัก นอกจากนี้ยังศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยา เพื่อตรวจสอบปริมาณกล้าเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ที่มีชีวิตอยู่ในน้ำสับปะรดหมัก

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำสับปะรดพันธุ์ศรีราชา (ตลาดไท จ.ปทุมธานี) แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 เตรียมเพื่อทำกล้าเชื้อเริ่มต้น *Lactobacillus plantarum* M29 (วินี, 2553) โดยนำมาคั้นให้ได้น้ำสับปะรดปริมาณ 150 ml ส่วนที่ 2 เตรียมเพื่อทำน้ำ สับปะรดหมัก ปริมาณ 2000 mL นำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 70-72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นบรรจุลงในขวด ที่ผ่านการลวกฆ่าเชื้อ ปิดฝาแล้วนำไปให้ความเย็นทันทีด้วยน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปผลิตเป็นน้ำ สับปะรดหมักในขั้นตอนต่อไป

การเตรียมกล้าเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นสำหรับน้ำผลไม้หมัก เริ่มจากการนำเชื้อบริสุทธิ์ที่เก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส มาเพาะเลี้ยงบน อาหารแข็ง de Man Rogosa Sharpe (MRS) บ่มเป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นย้ายโคโลนีเดี่ยวลงในอาหารเหลว MRS ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บ่มเป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หลังจากบ่มแล้วนำมาทำการปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 5 นาที ด้วย เครื่องปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 3 ครั้งก่อนนำไปใช้เป็นกล้าเชื้อ ดัดแปลงจากวิธีการของ Guergolette และคณะ (2010)

การผลิตน้ำสับปะรดหมัก เริ่มจากเติมกล้าเชื้อในน้ำสับปะรด โดยใช้ปริมาณกล้าเชื้อเริ่มต้นที่ความเข้มข้น 1% (v/v) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำสับปะรดหมัก ดังนี้ คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ศึกษาโดยการวัดค่า ความเป็นกรด-ด่าง ร้อยละความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งทั้งหมด รวมทั้งการวิเคราะห์ความสามารถในการต้าน อนุมูลอิสระด้วยการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (Leong และ Shui, 2002) แสดงเป็น %DPPH Scavenging Activity การวิเคราะห์ หาปริมาณวิตามินซี (AOAC, 1990) แสดงค่าเป็นมิลลิกรัมของกรดแอสคอบิกต่อ 100 มิลลิลิตร (mg Ascorbic acid/100 mL) และปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Torres และคณะ, 1987) แสดงผลเป็นมิลลิกรัมของกรดแกลลิคต่อ 100 มิลลิลิตร (mg gallic acid/100 mL) จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา เพื่อตรวจหาปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* ที่มีชีวิตอยู่ในน้ำสับปะรดทั้งก่อนและหลังหมัก โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ทำโดยทำการ เจือจางลำดับส่วน และนับจำนวนเชื้อด้วยวิธีการ spread plate แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48±3 ชั่วโมง รายงานปริมาณเชื้อที่นับได้ในหน่วย Log_{10}cfu ต่อมิลลิลิตรของน้ำสับปะรด และทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ก่อนหมักในน้ำสับปะรดมีสีเหลืองใส มีกลิ่นหอมของสับปะรด จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏทางด้านสี กลิ่น รสของน้ำสับปะรดหมัก พบว่าผิวหน้ามีฟองอากาศ รสหวานอมเปรี้ยว สีเหลืองใส มีลักษณะข้น หนืดขึ้น ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดในน้ำสับปะรด โดยทำการหมักที่ระยะเวลา 24, 48 ชั่วโมง และ 60 ชั่วโมง พบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง และปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าสูงขึ้น ($p<0.05$, Table 1) เนื่องจากในน้ำสับปะรดมีองค์ประกอบเป็นสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรตหลายชนิดไม่ว่าจะเป็นน้ำตาล และใยอาหารทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำอยู่มาก (ริญ และ รัชนี, 2551) โดยแบคทีเรียกรดแลคติคจะไปย่อยสารอาหารดังกล่าว และเปลี่ยนเป็นกรดแลคติค ขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของน้ำสับปะรดหมักลดลง สำหรับจำนวนเชื้อ *L. plantarum* ในน้ำสับปะรดหมัก พบว่าเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น เชื้อก็มีจำนวนเพิ่มขึ้นเช่นกัน จาก 4.56 log cfu/mL เป็น 11.39 log cfu/mL (Table 1) แสดงให้เห็นว่าน้ำสับปะรดมีสารอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตและมี ชีวิตรอดของ แบคทีเรียกรดแลคติคซึ่งจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตรอดอย่างน้อย 7 log cfu/g หรือ mL นี้ยังอาจนำไปสู่การ พัฒนาผลิตภัณฑ์ โปรไบโอติกเพื่อส่งเสริมสุขภาพระบบทางเดินอาหารของผู้บริโภคได้อีกทางหนึ่งด้วย (สิรินันท์, 2552)

จากผลการวิเคราะห์ค่าการต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซี และปริมาณฟีนอลิก (Table 2) พบว่าน้ำสับปะรดมีค่าการต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH Scavenging Activity) เพิ่มขึ้นจาก 34.62% เป็น 55.64% เมื่อทำการหมักเป็นเวลา 60 ชั่วโมง ($p<0.05$) ปริมาณฟีนอลิกของน้ำสับปะรดก่อนการหมักมี 2.39 mg gallic acid/L เมื่อทำการหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเป็น 6.53 mg gallic acid/L จากนั้นปริมาณฟีนอลิกจะค่อยๆ ลดลงเมื่อได้ทำการหมักนานขึ้น ($p<0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kusznierewicz และคณะ (2008) รายงานว่ากระบวนการหมักมีผลทำให้สารต้าน

อนุมูลอิสระ เพิ่มขึ้นในกระบวนการหมักของกะหล่ำปลี สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำสับปะรด พบว่าปริมาณวิตามินซี ลดลงจาก 24.05 เป็น 22.75 mg Ascorbic acid/100 mL เมื่อทำการหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นปริมาณ วิตามินซีได้เพิ่มขึ้นเป็น 26.19 และ 39.65 mg Ascorbic acid/100 mL ใน 48 และ 60 ชั่วโมง ตามลำดับ ($p<0.05$) ในทาง ตรงกันข้ามงานวิจัยของ Di Cargo และคณะ (2011) รายงานว่าปริมาณวิตามินซีจะค่อยๆ ลดลงเมื่อหมักเป็นเวลานานขึ้น อย่างไรก็ตามกระบวนการหมักสมูทตี้ผักและผลไม้ยังคงรักษาวิตามินซีไว้ได้ดีกว่าสมูทตี้ที่ไม่ได้ผ่านการหมัก

สรุปผล

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำสับปะรดทั้งก่อนการหมักและหลังการหมักพบว่าปริมาณค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงตลอดการหมัก และสังเกตจากการเจริญเติบโตและรอดชีวิตของ *L. plantarum* แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาน้ำผลไม้หมักเป็นผลิตภัณฑ์โปรไบโอติกต่อไป

การวิเคราะห์ค่าการต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซี และปริมาณฟีนอลิก พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสามารถเพิ่ม ขึ้นในชั่วโมงที่ 24 เช่นเดียวกับปริมาณฟีนอลิก ขณะที่ปริมาณวิตามินซีมีค่าสูงที่สุด เมื่อทำการหมักที่ 60 ชั่วโมง จากผลการ ทดลองสรุปได้ว่าการหมักสามารถเพิ่มค่าการต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซี และสารประกอบฟีนอลิกได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ประจำปี 2555 ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

นิดดา หงส์วิวัฒน์, 2550, ผลไม้ 111 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน, สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพฯ, 324 หน้า.

วิญ เจริญศิริ และ รัชนี คงคาฉุยฉาย, 2551, โภชนาการกับผลไม้, พิมพ์ครั้งที่ 1, สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล และมูลนิธิส่งเสริมโภชนาการ, 112 หน้า

วินี ตั้งอนุรัตน์, 2553, ความหลากหลายของแบคทีเรียกรดแลคติคจากผักและผลไม้ดองของไทยโดยใช้เทคนิคทางฟีไทป์และ จีโนไทป์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ, 202 หน้า.

สิรินันท์ ชมภู, 2552, จุลินทรีย์โปรไบโอติก, วารสารอาหารสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 39(1): 19-23.

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis: Food Composition; Additives; Natural Contaminants,15th ed., vol. 2, Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Di Cargo, R., Minervini, G., Rizzello, C.G., De Angelis, M. and Gobbetti, M., 2011, Effect of Lactic Acid Fermentation on Antioxidant, Texture, Color and Sensory Properties of Red and Green Smoothies, Food Microbiology, 28: 1062-1071.

Guergoletto, K.B., Magnani, M., Martin, J.S., Andracle, C.G.T. and Garcia, S., 2010, Survival of *Lactobacillus casei* (LC-1) Adhered to Prebiotic Vegetal Fibers, Innovative Food Science and Emerging Technology, 11: 415-421.

Juan, M.-Y. and Chou, C.-C., 2010, Enhancement of Antioxidant Activity, Total Phenolic and Flavonoid Content of Black Soybeans by Solid State Fermentation with *Bacillus subtilis* BCRC 14715, Food Microbiology, 27: 586-591.

Kuaznierewicz, B., Smiechowska, A., Bartoszek, A. and Namiesnik, J., 2008, The Effect of Heating and Fermenting on Antioxidant Properties of White Cabbage, Food chemistry, 108: 853-861.

Leong, L.P. and Shui, G., 2002, An Investigation of Antioxidant Capacity of Fruits in Singapore Market, Food Chemistry, 76: 69-75.

Torres, A.M., Mau-Lastovicka, T. and Rezaaiyan, R., 1987, Total Phenolics and High Performance Liquid Chromatography of Phenolic Acids of Avocado, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 35: 921-925.

Table 1 The changes in pH, titratable acidity, soluble solids and LAB of fermented pineapple juice at 0, 24, 48 and 60 h.

Fermentation Times (h)	pH	Titratable acidity (%)	Soluble solids (°Brix)	LAB (log cfu/mL)
0	3.46±0.06[c]	1.38±0.01[c]	12.67±0.40[a]	4.56±0.75[d]
24	3.40±0.01[c]	1.67±0.01[bc]	11.27±0.12[b]	6.59±0.65[c]
48	3.24±0.02[b]	1.72±0.00[b]	9.83±0.12[c]	9.47±0.37[b]
60	3.04±0.03[a]	2.05±0.05[a]	10.83±0.06[c]	11.39±0.68[a]

Data reported as mean ± standard deviation (SD), n=3

Means values in the same column with different superscripts are significantly different ($p< 0.05$)

Table 2 Effect of fermentation on DPPH radical scavenging, total phenolic and ascorbic acid content in pineapple juice.

Fermentation Times (h)	DPPH radical scavenging (%)	Total phenolic content (mg GAE /100ml)	Ascorbic Acid (mg/100ml)
0	34.62±0.11[c]	2.39±0.37[c]	24.05±0.05[c]
24	38.25±0.13[b]	6.53±0.38[a]	22.75±0.25[d]
48	20.81±1.67[d]	1.73±0.23[d]	26.19±0.22[b]
60	55.64±0.53[a]	3.29±0.68[b]	39.65±0.04[a]

Data reported as mean ± standard deviation (SD), n=3

Means values in the same column with different superscripts are significantly different ($p< 0.05$)

การแยกเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสสายพันธุ์อ่อนด้วยแมลงพาหะเพลี้ยอ่อนส้ม (*Toxoptera citricida* (Kirkaldy))

Mild Strain Isolation of Citrus Tristeza *Closterovirus* by Single Aphid (*Toxoptera citricida* (Kirkaldy)) Transmission

พุฒตาล ทิพเพ็ง[1] **และ รัตนา สดุดี**[1]

Tippeng, P.[1] and Sdoodee, R.[1]

Abstract

Tristeza disease is one of the most destructive disease to citrus growing worldwide including Thailand. Various strains of CTV (Citrus Tristeza *Closterovirus*), a causal pathogen, occur naturally including mild and severe strain. Several reports indicated the mild strain was used to protect citrus trees from infection by the severe strain. The purpose of this experiment was to isolate CTV mild strain that will be used in cross protection. CTV was isolated by a brown citrus aphid (*Toxoptera citricida*), the virus vector, from naturally infected West Indian lime (SM4) showing vein clearing symptom and from pomelo (DAT 4-5) showing yellow leaf, stunting, and declining symptoms. The aphids were allowed to feed on SM4 and DAT 4-5 to acquire the virus for 24 hr. They were then transferred to feed on an index plant seedling [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swing.] for another 24 hr. in order to transmit the virus to the seedlings and a single aphid was used per seedling. Results from ELISA showed that 12 isolates of CTV were recovered, 7 from SM4 and 5 from DAT 4-5. Among of these, 7/12 isolates were likely to be mild strain according to induction of mild symptom on the index seedling as other 4/12 and 1/12 isolates caused moderate and severe symptoms, respectively. Further disease severity evaluation was made on selected isolates of mild symptom induction group including, SM4-P5, SM4-P9, and SM4-P10. Each isolate was inoculated into 3 species of CTV biological index plants, West Indain lime (*C. aurantifolia*), pomelo (*C. grandis* L.) and grapefruit (*C. paradisi* Macfad.). Only mild vein clearing symptom (level 1) was induced by the three isolates on *C. aurantifolia* but no severe symptom including corky vein, yellow leaf, cup leaf and stem pitting occurred on three different index plants. Results from biological indexing concluded that these three isolates are mild strains.

Keywords: brown citrus aphid, CTV, mild strain

บทคัดย่อ

โรคทริสเตซาสร้างความเสียหายต่อพืชตระกูลส้มในแหล่งปลูกส้มทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย ในธรรมชาติพบเชื้อสาเหตุซิ-ตรัสทริสเตซาไวรัส (*Citrus Tristeza Closterovirus*) หลายสายพันธุ์มีทั้งสายพันธุ์ชักนำอาการอ่อน (mild strain) และสายพันธุ์ที่มีอาการโรครุนแรง (severe strain) มีรายงานการใช้เชื้อสายพันธุ์อ่อนป้องกันการติดเชื้อซ้ำด้วยเชื้อสายพันธุ์รุนแรง จุดประสงค์ของการทดลองครั้งนี้เพื่อแยกเชื้อไวรัสสายพันธุ์อ่อนซึ่งจะนำไปใช้ในการป้องกันโรคทริสเตซาที่รุนแรงโดยแยกเชื้อจากต้นมะนาว (SM4) ซึ่งแสดงอาการเส้นใบใส และจากต้นส้มโอ (DAT4-5) ที่แสดงอาการใบเหลือง เตี้ยแคระ และทรุดโทรม นำเพลี้ยอ่อนส้มสีน้ำตาล (*Toxoptera citricida*) ซึ่งเป็นพาหะของเชื้อ CTV มาดูดกิน SM4 และ DAT4-5 เพื่อรับไวรัสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นย้ายเพลี้ยอ่อนไปดูดกินเพื่อถ่ายทอดไวรัสไปยังลงพืชทดสอบ คือต้นกล้ามะนาว [*C. aurantifolia* (Christm.) Swing.] เป็นเวลา 24 ชั่วโมงโดยใช้เพลี้ยอ่อน 1 ตัวต่อพืชทดสอบ ผลการตรวจเชื้อไวรัสโดยเทคนิคอีไลซ่าพบว่าแยกเชื้อ CTV ได้รวมทั้งสิ้น 12 ไอโซเลท โดยแยกได้จากต้น SM4 และต้น DAT4-5 จำนวน 7 และ 5 ไอโซเลท ตามลำดับ จากอาการบนพืชทดสอบที่ได้รับเชื้อไวรัสจากแมลงพาหะ พบว่าไวรัสที่แยกได้เป็นเชื้อที่มีอาการอ่อน 7/12 ไอโซเลท มีอาการรุนแรงปานกลาง 4/12 ไอโซเลท และมีอาการรุนแรง 1/12 ไอโซเลท คัดเลือกทริสเตซาไวรัสที่มีแนวโน้มเป็นสายพันธุ์อ่อนจำนวน 3 ไอโซเลท คือ SM4-P5, SM4-P9 และ SM4-P10 มาทดสอบระดับความรุนแรงของการก่อโรคโดยใช้ลักษณะอาการที่เชื้อแต่ละไอโซเลทชักนำให้เกิดขึ้นกับพืชทดสอบ 3 ชนิด คือ มะนาว (*C. aurantifolia*) ส้มโอ (*C. grandis* L.) และเกรฟรุท (*C. paradisi* Macfad.) พบว่าเชื้อทั้งสามไอโซเลททำให้เกิดอาการเส้นใบใสเพียงเล็กน้อย (ระดับ 1) บนพืชทดสอบมะนาวเท่านั้น แต่ไม่ก่อให้เกิดอาการเส้นใบแตก ใบเหลือง ใบถ้วย และอาการลำต้นบุ๋มบนพืชทดสอบทั้ง 3 ชนิด สรุปว่าซิตรัสทริสเตซาไวรัสสามไอโซเลทที่แยกได้เป็นสายพันธุ์อ่อน

คำสำคัญ: เพลี้ยอ่อนส้มสีน้ำตาล ซิตรัสทริสเตซาไวรัส สายพันธุ์อ่อน

---

[1] **ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112**

[1] Dept. of Pest Management, Fac. of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkla 90112

คำนำ

พืชตระกูลส้มเป็นไม้ผลที่มีการเพาะปลูกกันแพร่หลาย ผลผลิตที่ได้บริโภคภายในประเทศเป็นหลัก แต่ในการผลิตส้มประสบปัญหาและอุปสรรคเกี่ยวกับโรคและแมลงศัตรูส้มทำให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตลดลง โรคทริสเตซาเป็นโรคหนึ่งที่สำคัญและสร้างความเสียหายต่อพืชตระกูลส้มในแหล่งปลูกส้มทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย มีรายงานการพบโรคทริสเตซาทำลายส้มเป็นล้านต้นในอาร์เจนตินา บราซิล สหรัฐอเมริกา อิสราเอล และสเปน (Korkmaz, 2002) ประเทศไทยมีรายงานโรคทริสเตซาเกิดขึ้นกับส้มเขียวหวาน ส้มโอ ส้มตรา และมะนาว ความรุนแรงของโรคทริสเตซาขึ้นอยู่กับชนิดของส้ม และสายพันธุ์ของเชื้อที่เข้าทำลาย สายพันธุ์ซิตรัสทริสเตซาไวรัสที่พบในธรรมชาติพบเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสหลายสายพันธุ์ แยกออกเป็น 3 กลุ่มสายพันธุ์ ตามลักษณะอาการ คือ กลุ่มสายพันธุ์อ่อน (mild strain) ซึ่งทำให้เกิดอาการไม่รุนแรง กลุ่มสายพันธุ์ปานกลาง (moderate strain) และกลุ่มสายพันธุ์รุนแรง (severe strain) ประกอบด้วยสายพันธุ์ทรุดโทรม (decline, CTV-D) สายพันธุ์ต้นกล้าเหลือง (seedling yellow, CTV-SY) และสายพันธุ์ลำต้นบุ๋ม (stem pitting, CTV-SP) ในกลุ่มสายพันธุ์รุนแรงนี้จะส่งผลกระทบอย่างมากต่อพืชตระกูลส้มที่ติดเชื้อ ทำให้ต้นตายหรืออายุสั้นลง (Bar-Joseph และคณะ, 1985) และมีรายงานการพบเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสมากกว่าหนึ่งสายพันธุ์อยู่ร่วมกันในต้นส้ม (Koizumi, 2001) เชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสแพร่กระจายโดยติดไปกับท่อนขยายพันธุ์ และแมลงพาหะจำพวกเพลี้ยอ่อน มีรายงานการใช้แมลงพาหะเพลี้ยอ่อนส้ม (single aphid transmission) แยกสายพันธุ์ไวรัสที่ติดเชื้อร่วมกันในต้นส้มออกเป็นเชื้อสายพันธุ์เดี่ยว (รัตนา และคณะ, 2551) มีรายงานการป้องกันโรคชนิดนี้ด้วยวิธี cross protection คือการปลูกเชื้อสายพันธุ์อ่อน (mild strain) ให้กับต้นส้มเพื่อป้องกันการติดเชื้อสายพันธุ์รุนแรง (severe strain) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ได้ผลดีในการป้องกันและลดความเสียหายจากโรคทริสเตซาและประสบผลสำเร็จในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา บราซิล อิสราเอล อินเดีย เป็นต้น (Costa และ Muller, 1980)

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกสายพันธุ์อ่อนของทริสเตซาไวรัส (CTV) จากต้นส้มติดเชื้อในธรรมชาติโดยใช้แมลงพาหะเพลี้ยอ่อนส้มสีน้ำตาล ซึ่งจะนำไปใช้ในการปกป้องการติดเชื้อซ้ำด้วยสายพันธุ์ไวรัสที่รุนแรง (cross protection) ที่พบในประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชทดสอบ พืชทดสอบที่ใช้ในงานทดลองประกอบด้วย มะนาว (*Citrus aurantifolia*) ส้มโอ (*C. grandis*) และเกรฟรุท (*C. paradisi*) ได้จากการเพาะเมล็ด และย้ายปลูกในกระถางเป็นต้นเดี่ยว และปลูกเลี้ยงในโรงเรือนตาข่ายป้องกันแมลง

พืชที่ใช้เลี้ยงแมลงพาหะ ใช้ต้นกล้าส้มจี๊ด (*C. mitis*) ปลอดโรคอายุ 6-12 เดือนซึ่งได้จากการเพาะเมล็ด และย้ายปลูกในกระถางเป็นต้นเดี่ยว และปลูกเลี้ยงในโรงเรือนตาข่ายป้องกันแมลง

แหล่งของเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัส มาจากพืชตระกูลส้มที่ติดเชื้อในธรรมชาติ 2 ชนิด คือ มะนาว (SM4) จากบ้านปลักธง หมู่ 7 อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา และส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม (DAT4-5) จาก ต.คลองน้อย อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

แมลงพาหะเพลี้ยอ่อนส้มสีน้ำตาล จับเพลี้ยอ่อนส้มสีน้ำตาล *T. citricida* จากสวนส้มบ้านโฮ๊ะ ต.ทุ่งตำเสา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา แล้วนำมาเลี้ยงบนต้นกล้าส้มจี๊ด (*C. mitis*) ปลอดโรค โดยเลี้ยงตัวเต็มวัยจนได้ตัวอ่อนรุ่นที่ 1 ย้ายไปเลี้ยงบนต้นกล้าปลอดโรคต้นใหม่ แล้วดำเนินการต่อไปจนได้ลูกรุ่นที่ 3 ซึ่งเป็นเพลี้ยอ่อนส้มที่ปลอดเชื้อไวรัส (virus-free aphid) เลี้ยงจนเป็นตัวเต็มวัย เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การแยกเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสโดยแมลงพาหะ นำแมลงพาหะเพลี้ยอ่อน *T. citricida* ที่เลี้ยงจนเป็นโคโลนีปลอดเชื้อไวรัส (virus-free aphid) ไปดูดกินมะนาว (SM4) และต้นส้มโอ (DAT4-5) เพื่อรับไวรัสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นย้ายเพลี้ยอ่อนไปดูดกินเพื่อถ่ายทอดไวรัสไปยังพืชทดสอบ คือต้นกล้ามะนาว (*C. aurantifolia*) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วฉีดพ่นสารเคมีทำลายเพลี้ยอ่อน ในการทดลองใช้ตัวเต็มวัยของเพลี้ยอ่อน 1 ตัวต่อต้นพืชทดสอบ (single aphid transmission) โดยทำ 20 ซ้ำต่อการทดลอง ตรวจหาเชื้อ CTV โดยเทคนิค ELISA ในพืชทดสอบมะนาว 16 สัปดาห์ ภายหลังการแยกเชื้อไปยังพืชทดสอบโดยแมลง ตามวิธีการของ Roistacher (1991) โดยใช้ polyclonal antiserum ของ CTV ใช้อัตรา 2 ไมโครลิตรต่อมิลลิกรัม ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากโครงการวิจัยการพัฒนาวิธีการทางเซรุ่มวิทยาเพื่อวินิจฉัยโรคทริสเตซาของส้มในประเทศไทย

การจำแนกเชื้อสายพันธุ์อ่อนโดยใช้ลักษณะอาการบนพืชทดสอบ คัดเลือกทริสเตซาไวรัสที่แยกได้และมีแนวโน้มเป็นสายพันธุ์อ่อนจำนวน 3 ไอโซเลท คือ SM4-P5, SM4-P9 และ SM4-P10 มาทดสอบระดับความรุนแรงของการก่อโรคโดยใช้ลักษณะอาการที่เชื้อแต่ละไอโซเลทชักนำให้เกิดขึ้นกับพืชทดสอบ 3 ชนิด คือ มะนาว (*C. aurantifolia*) ส้มโอ (*C. grandis*) และเกรฟรุท (*C. paradisi*) ปลูกเชื้อโดยวิธี Leaf grafting (Roistacher, 1991) ทำการปลูกเชื้อ 5 ใบต่อต้น และทำซ้ำ 4 ต้นต่อชนิดพืชทดสอบ และมีต้นกล้าของพืชทดสอบที่ไม่รับการปลูกเชื้อแต่ละชนิดๆ ละ 4 ต้น เป็นชุดควบคุม ตรวจหาเชื้อ CTV โดยเทคนิค ELISA ภายหลังการปลูกเชื้อ 2 และ 6 เดือน ติดตามลักษณะอาการบนพืชทดสอบภายหลังการปลูกเชื้อ 2 เดือน ประเมินอาการทางใบตามรายงานของ Figueroa และคณะ (2009) อาการลำต้นบุ๋ม (Stem Pitting) ตามจำนวนร่องที่ปรากฏบนกิ่ง (Corazza-Nunes และคณะ, 2006) จากนั้นรวมระดับความรุนแรงของอาการทุกประเภทในพืชทดสอบแต่ละชนิด ประเมินผลโดยรวมของระดับความรุนแรงของเชื้อแต่ละสายพันธุ์ ผลรวมของระดับความรุนแรงที่ต่ำกว่า 20 คะแนน จัดเป็นสายพันธุ์อ่อน (Figueroa และคณะ, 2009)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การแยกเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสโดยแมลงพาหะ

ผลการตรวจหาเชื้อ CTV โดยเทคนิค ELISA ในพืชทดสอบมะนาว ซึ่งรับการถ่ายเชื้อจากแมลงพาหะ (Table 1) พบว่าแยกเชื้อทริสเตซาไวรัสได้รวม 12 ไอโซเลท ซึ่งแยกเป็นที่มาจากมะนาว SM4 จำนวน 7/20 ไอโซเลท และจากส้มโอ DAT4-5 จำนวน 5/20 ไอโซเลท คิดเป็นประสิทธิภาพการถ่ายทอดเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสจากแหล่งเชื้อ SM4 และ DAT4-5 โดยเพลี้ยอ่อนส้มสีน้ำตาล 1 ตัว ได้เป็น 35% และ 30% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lin และคณะ (2002) ที่ว่าอัตราการถ่ายทอดเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสโดยเพลี้ยอ่อน *T. citricida* ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ไวรัส โดยพบว่าไอโซเลท SM4-P4, SM4-P5, SM4-P9 และSM4-P10 จัดอยู่ในกลุ่มสายพันธุ์อ่อน (Mild) แสดงอาการเส้นใบใสเพียงเล็กน้อย (Figure 1) และมีความสูงลดต่ำกว่าต้นปกติ 4-28% ต้น SM4-P15 และ SM4-P19 จัดอยู่ในกลุ่มสายพันธุ์ปานกลาง (Moderate) แสดงอาการเส้นใบใสชนิดรุนแรง อาการลำต้นบุ๋มปานกลาง และได้รับผลกระทบด้านความสูงจากเชื้อที่แยกได้เพียงเล็กน้อย และต้น SM4-P2 จัดอยู่ในกลุ่มสายพันธุ์รุนแรง (Severe) แสดงอาการเส้นใบใสชนิดรุนแรง อาการลำต้นบุ๋มรุนแรง โดยต้น SM4-P2 ได้รับผลกระทบค่อนข้างมาก เนื่องจากความสูงลดต่ำกว่าต้นปกติถึง 34% สำหรับสายพันธุ์เชื้อ DAT4-5 พบว่าไอโซเลท DAT4-5-P8, DAT4-5-P10 และDAT4-5-P15 จัดอยู่ในกลุ่มสายพันธุ์อ่อน (Mild) แสดงอาการเส้นใบใสเพียงเล็กน้อย ไอโซเลท DAT4-5-P2 และ DAT4-5-P5 จัดอยู่ในกลุ่มสายพันธุ์ปานกลาง (Moderate) แสดงอาการเส้นใบใสชนิดรุนแรง ลำต้นบุ๋มเล็กน้อย ความสูงลดต่ำกว่าต้นปกติถึง 48% และมีรายงานการใช้แมลงพาหะเพลี้ยอ่อนส้ม (single aphid transmission) แยกสายพันธุ์ไวรัสที่ติดเชื้อร่วมกันในต้นส้มออกเป็นเชื้อสายพันธุ์เดี่ยว (รัตนา และคณะ, 2551)

การจำแนกเชื้อสายพันธุ์อ่อนโดยใช้ลักษณะอาการบนพืชทดสอบ

จากการประเมินลักษณะอาการทางใบ (Vein Clearing, Corky Vein, Cup Leaf, Yellow Leaf) อาการทางลำต้นคือ อาการลำต้นบุ๋ม (Stem pitting) ของพืชทดสอบซึ่งติดเชื้อไอโซเลท SM4-P5, SM4-P9 และ SM4-P10 พบว่าเชื้อทั้งสามไอโซเลททำให้เกิดอาการเส้นใบใสเพียงเล็กน้อย (ระดับ 1) บนพืชทดสอบมะนาวเท่านั้น แต่ไม่ก่อให้เกิดอาการเส้นใบแตก ใบเหลือง ใบถ้วย และอาการลำต้นบุ๋มบนพืชทดสอบทั้ง 3 ชนิด และเมื่อรวมระดับความรุนแรงของอาการทุกประเภทในพืชทดสอบแต่ละชนิดได้ผลรวมของระดับความรุนแรงต่ำกว่า 20 คะแนน (Table 2) จากรายงานของ Ochoa และคณะ (1994) ในการใช้อาการบนพืชทดสอบ (biological index) คือ อาการเส้นใบใส (Vein Clearing, VC), อาการเส้นใบแตก (Corky Vein, CV), อาการใบถ้วย (Leaf Cupping, LC) และอาการลำต้นบุ๋ม (Stem Pitting, SP) ทำการปลูกเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัส 10 ไอโซเลท บนพืชทดสอบ 4 ชนิด คือ มะนาว (Mexican lime), ยูรีกาเลมมอน (Eureka lemon), ซาร์วออเรนจ์ (sour orange) และมาซเกรฟรุท (Marsh grapefruit) พบว่าไอโซเลทที่จัดอยู่ในกลุ่มสายพันธุ์อ่อนจะแสดงอาการเส้นใบใสเพียงเล็กน้อยบนพืชทดสอบ ส่วนกลุ่มปานกลางแสดงอาการปานกลางถึงรุนแรง และกลุ่มสายพันธุ์รุนแรงแสดงอาการรุนแรงมากคืออาการเตี้ยแคระ เส้นใบใส เส้นใบแตก และใบถ้วยบนพืชทดสอบมะนาว อาการเตี้ยแคระ และใบบิดบนมาซเกรฟรุท

สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าแยกเชื้อ CTV ได้รวมทั้งสิ้น 12 ไอโซเลท โดยแยกได้จากต้น SM4 และต้น DAT4-5 จำนวน 7 และ 5 ไอโซเลท ตามลำดับ ไวรัสที่แยกได้เป็นเชื้อที่มีอาการอ่อน 7/12 ไอโซเลท มีอาการรุนแรงปานกลาง 4/12 ไอโซเลท และมีอาการรุนแรง 1/12 ไอโซเลท ในการคัดเลือกทริสเตซาไวรัสที่มีแนวโน้มเป็นสายพันธุ์อ่อนจำนวน 3 ไอโซเลท คือ SM4-P5, SM4-P9 และ SM4-P10 มาทดสอบระดับความรุนแรงของการก่อโรคโดยใช้ลักษณะอาการที่เชื้อแต่ละไอโซเลทชักนำให้เกิดขึ้นกับพืชทดสอบ 3 ชนิด คือ มะนาว (*C. aurantifolia*) ส้มโอ (*C. grandis*) และเกรฟรุท (*C. paradisi*) พบว่า เชื้อทั้งสามไอโซเลททำให้เกิดอาการเส้นใบใสเพียงเล็กน้อยบนพืชทดสอบมะนาวเท่านั้น สรุปว่าซิตรัสทริสเตซาไวรัสสามไอโซเลทที่แยกได้เป็นสายพันธุ์อ่อน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่เอื้อเฟื้อแอนติเซรัม

เอกสารอ้างอิง

รัตนา สดุดี สมปอง เตชะโต และ Milne, J., 2551, การพัฒนาวิธีการทางเซรุ่มวิทยาเพื่อวินิจฉัย โรคทริสเตซาของส้มในประเทศไทย, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (สกว.), 118 หน้า.

Bar-Joseph, M., Gumpf, D.J., Dodds, J.A., Rosner, A. and Ginzberg, I., 1985, A simple purification method for citrus tristeza virus and estimation of its genome size, Phytopathology, 75: 195-198.

Corazza-Nunes, M.J., Machado, M.A., Stach-Machado, D.R., Nunes, W.M.C. and Müller, G.W., 2006, Charaterization of Citrus Tristeza Virus Isolate from Grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) Accessions of Citrus Active Germplasm Bank, Summa Phytopathologica, 32(4): 322-327.

Costa, A.S. and Muller, G., 1980, Tristeza Control by Cross Protection, Plant Disease, 64: 538-541.

Figueroa, J., Foguet, L., Castellanos, A.I.F. and Stein, B., 2009, Biological Characterization of Citrus Tristeza Virus Strains in Lemon in Tucumán, Argentina, Revista Industrialy Agricola de Tucumán Tomo, 86(1): 37-41.

Koizumi, M., 2001, Citru Tristeza Virus: symptoms and control, [online], Available: http://www.fftc.agnet.org/;ibrary/article/tn2001003.html [October 22, 2009]

Korkmaz, S., 2002, Investingation of Biologycal Properties, Double-stramded RNA Patterns and Antigenconcentration in Citrus Species Infected with Citrus Tristeza Virus, Phytoparasitica, 30(4): 420-428.

Lin, Y., Brlansky, R.H. and Powell, C.A., 2002, Inefficient transmission of *Citrus tristeza virus* from Grapefruit by Single Brown Citrus Aphid, HortScience, 37(6): 936-939.

Ochoa, F., Carballo, O., Trujillo, G., Izaquirre, M.L.M. and Lee, R.F., 1994, Biological Characterization and Evaluation of Cross Protection Potential of Citrus Tristeza Virus Isolate in Venezuela, In Proc. 12th Conf. IOCV. p7.

Roistacher, C.N., 1991, Graft-Transmissible Disease of Citrus: Handbook for Detection and Diagnoses. International Organization of Citrus Virologist, Rome, FAO, 286 p.

Table 1 Detection of CTV by ELISA in index plant (West Indian lime) inoculated by brown citrus aphid insect vector

CTV Sources	Index Plant no.	ELISA	Symptoms[2/]		Mean (height) in (cm)/month [3/]
		OD405[1/]($\bar{X}$ ±SD)	Forliar symptom	Stem Pitting	
SM4	SM4-P2	0.155±0.067	VC+++	++	1.9
	SM4-P4	0.127±0.012	VC+	-	2.4
	SM4-P5	0.148±0.012	VC+	-	2.3
	SM4-P9	0.112±0.028	VC+	-	2.4
	SM4-P10	0.112±0.028	VC++	-	2.3
	SM4-P15	2.660±0.013	VC+++	-	2.3
	SM4-P19	3.523±0.002	VC+±	-	2.7
DAT4-5	DAT4-5-P2	4.000±0.000	VC++±	-	1.5
	DAT4-5-P5	3.461±0.032	VC+++	-	1.5
	DAT4-5-P8	3.598±0.006	VC++,Y	-	1.6
	DAT4-5-P10	1.937±0.024	VC++	-	1.7
	DAT4-5-P15	2.785±0.141	VC++	-	2.4

[1/] Mean and standard deviation of ELISA reaction absorbance (OD405 $\bar{X}$ ±SD) of healthy (0.034±0.011)
[2/] VC = Vein Clearing, Y = Yellow Leaf, - = Nil, + = mild, +±, ++ = moderate, ++±,+++ = severe
[3/] Mean height of West Indain lime healthy 2.9 cm./month

Table 2 Disease severity on index plants induced by CTV isolated from SM4

CTV Isolate No.	Index plants	Symptom[1/] severity[2/]						Disease severity[3/]
		VC	CV	CL	Y	SP	Total of symptoms	
SM4-P5	West Indain lime	3	0	0	0	0	3	1
	Grapefruit	2	0	0	0	0	2	1
	Pomelo	2	0	0	0	0	2	1
SM4-P9	West Indain lime	2	0	0	0	0	2	1
	Grapefruit	3	0	0	0	0	3	1
	Pomelo	2	0	0	0	0	2	1
SM4-P10	West Indain lime	1	0	0	0	0	1	1
	Grapefruit	2	0	0	0	0	2	1
	Pomelo	3	0	0	0	0	3	1

[1/] VC = Vein Clearing, CV = Corky Vein, CL = Cup Leaf, Y = Yellow Leaf, SP = Stem Pitting
[2/] VC severity score 0=no symptom, 1=very mild (1-20 strips), 2=mild (21-40 strips), 3=moderate (41-60 strips), 4=severe (61-80 strips), 5= very severe (>80 strips), CV, CL, Y, SP severity score 0= no symptom
[3/] 1= >20 score (mild strain), 2= 21-40 score (moderate strain), 3=<40 score (severe strain)

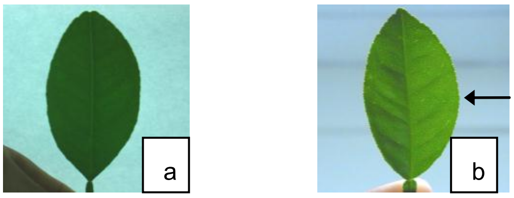


Figure 1 Vein clearing symptom on index plant (West Indian lime) a) healthy b) SM4-P4 isolate (mild strain)

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 269-272 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 269-272 (2555)

การแยกเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสสายพันธุ์อ่อนด้วยแมลงพาหะเพลี้ยอ่อนส้ม [*Toxoptera citricida* (Kirkaldy)]

Mild Strain Isolation of Citrus Tristeza *Closterovirus* by Single Aphid [*Toxoptera citricida* (Kirkaldy)] Transmission

พุฒตาล ทิพเพ็ง[1] และ รัตนา สดุดี[1]
Tippeng, P.[1] and Sdoodee, R.[1]

Abstract

Tristeza disease is one of the most destructive disease to citrus growing worldwide including Thailand. Various strains of CTV (Citrus Tristeza *Closterovirus*), a causal pathogen, occur naturally including mild and severe strain. Several reports indicated the mild strain was used to protect citrus trees from infection by the severe strain. The purpose of this experiment was to isolate CTV mild strain that will be used in cross protection. CTV was isolated by a brown citrus aphid (*Toxoptera citricida*), the virus vector, from naturally infected West Indian lime (SM4) showing vein clearing symptom and from pomelo (DAT 4-5) showing yellow leaf, stunting, and declining symptoms. The aphids were allowed to feed on SM4 and DAT 4-5 to acquire the virus for 24 hr. They were then transferred to feed on an index plant seedling [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swing.] for another 24 hr. in order to transmit the virus to the seedlings and a single aphid was used per seedling. Results from ELISA showed that 12 isolates of CTV were recovered, 7 from SM4 and 5 from DAT 4-5. Among of these, 7/12 isolates were likely to be mild strain according to induction of mild symptom on the index seedling as other 4/12 and 1/12 isolates caused moderate and severe symptoms, respectively. Further disease severity evaluation was made on selected isolates of mild symptom induction group including, SM4-P5, SM4-P9, and SM4-P10. Each isolate was inoculated into 3 species of CTV biological index plants, West Indain lime (*C. aurantifolia*), pomelo (*C. grandis* L.) and grapefruit (*C. paradisi* Macfad.). Only mild vein clearing symptom (level 1) was induced by the three isolates on *C. aurantifolia* but no severe symptom including corky vein, yellow leaf, cup leaf and stem pitting occurred on three different index plants. Results from biological indexing concluded that these three isolates are mild strains.

Keywords: brown citrus aphid, CTV, mild strain

บทคัดย่อ

โรคทริสเตซาสร้างความเสียหายต่อพืชตระกูลส้มในแหล่งปลูกส้มทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย ในธรรมชาติพบเชื้อสาเหตุซิ-ตรัสทริสเตซาไวรัส (*Citrus Tristeza Closterovirus*) หลายสายพันธุ์มีทั้งสายพันธุ์ชักนำอาการอ่อน (mild strain) และสายพันธุ์ที่มีอาการโรครุนแรง (severe strain) มีรายงานการใช้เชื้อสายพันธุ์อ่อนป้องกันการติดเชื้อซ้ำด้วยเชื้อสายพันธุ์รุนแรง จุดประสงค์ของการทดลองครั้งนี้เพื่อแยกเชื้อไวรัสสายพันธุ์อ่อนซึ่งจะนำไปใช้ในการป้องกันโรคทริสเตซาที่รุนแรงโดยแยกเชื้อจากต้นมะนาว (SM4) ซึ่งแสดงอาการเส้นใบใส และจากต้นส้มโอ (DAT4-5) ที่แสดงอาการใบเหลือง เตี้ยแคระ และทรุดโทรม นำเพลี้ยอ่อนส้มสีน้ำตาล (*Toxoptera citricida*) ซึ่งเป็นพาหะของเชื้อ CTV มาดูดกิน SM4 และ DAT4-5 เพื่อรับไวรัสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นย้ายเพลี้ยอ่อนไปดูดกินเพื่อถ่ายทอดไวรัสไปยังลงพืชทดสอบ คือต้นกล้ามะนาว [*C. aurantifolia* (Christm.) Swing.] เป็นเวลา 24 ชั่วโมงโดยใช้เพลี้ยอ่อน 1 ตัวต่อพืชทดสอบ ผลการตรวจเชื้อไวรัสโดยเทคนิคอีไลซ่าพบว่าแยกเชื้อ CTV ได้รวมทั้งสิ้น 12 ไอโซเลท โดยแยกได้จากต้น SM4 และต้น DAT4-5 จำนวน 7 และ 5 ไอโซเลท ตามลำดับ จากอาการบนพืชทดสอบที่ได้รับเชื้อไวรัสจากแมลงพาหะ พบว่าไวรัสที่แยกได้เป็นเชื้อที่มีอาการอ่อน 7/12 ไอโซเลท มีอาการรุนแรงปานกลาง 4/12 ไอโซเลท และมีอาการรุนแรง 1/12 ไอโซเลท คัดเลือกทริสเตซาไวรัสที่มีแนวโน้มเป็นสายพันธุ์อ่อนจำนวน 3 ไอโซเลท คือ SM4-P5, SM4-P9 และ SM4-P10 มาทดสอบระดับความรุนแรงของการก่อโรคโดยใช้ลักษณะอาการที่เชื้อแต่ละไอโซเลทชักนำให้เกิดขึ้นกับพืชทดสอบ 3 ชนิด คือ มะนาว (*C. aurantifolia*) ส้มโอ (*C. grandis* L.) และเกรฟรุท (*C. paradisi* Macfad.) พบว่าเชื้อทั้งสามไอโซเลททำให้เกิดอาการเส้นใบใสเพียงเล็กน้อย (ระดับ 1) บนพืชทดสอบมะนาวเท่านั้น แต่ไม่ก่อให้เกิดอาการเส้นใบแตก ใบเหลือง ใบถ้วย และอาการลำต้นบุ๋มบนพืชทดสอบทั้ง 3 ชนิด สรุปว่าซิตรัสทริสเตซาไวรัสสามไอโซเลทที่แยกได้เป็นสายพันธุ์อ่อน

คำสำคัญ: เพลี้ยอ่อนส้มสีน้ำตาล ซิตรัสทริสเตซาไวรัส สายพันธุ์อ่อน

---

[1] ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
[1] Dept. of Pest Management, Fac. of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkla 90112

คำนำ

พืชตระกูลส้มเป็นไม้ผลที่มีมีการเพาะปลูกกันแพร่หลาย ผลผลิตที่ได้บริโภคภายในประเทศเป็นหลัก แต่ในการผลิตส้มประสบปัญหาและอุปสรรคเกี่ยวกับโรคและแมลงศัตรูส้มทำให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตลดลง โรคทริสเตซาเป็นโรคหนึ่งที่สำคัญและสร้างความเสียหายต่อพืชตระกูลส้มในแหล่งปลูกส้มทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย มีรายงานการพบโรคทริสเตซาทำลายส้มเป็นล้านต้นในอาร์เจนตินา บราซิล สหรัฐอเมริกา อิสราเอล และสเปน (Korkmaz, 2002) ประเทศไทยมีรายงานโรคทริสเตซาเกิดขึ้นกับส้มเขียวหวาน ส้มโอ ส้มตรา และมะนาว ความรุนแรงของโรคทริสเตซาขึ้นอยู่กับชนิดของส้ม และสายพันธุ์ของเชื้อที่เข้าทำลาย สายพันธุ์ซิตรัสทริสเตซาไวรัสที่พบในธรรมชาติพบเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสหลายสายพันธุ์ แยกออกเป็น 3 กลุ่มสายพันธุ์ ตามลักษณะอาการ คือ กลุ่มสายพันธุ์อ่อน (mild strain) ซึ่งทำให้เกิดอาการไม่รุนแรง กลุ่มสายพันธุ์ปานกลาง (moderate strain) และกลุ่มสายพันธุ์รุนแรง (severe strain) ประกอบด้วยสายพันธุ์ทรุดโทรม (decline, CTV-D) สายพันธุ์ต้นกล้าเหลือง (seedling yellow, CTV-SY) และสายพันธุ์ลำต้นบุ๋ม (stem pitting, CTV-SP) ในกลุ่มสายพันธุ์รุนแรงนี้จะส่งผลกระทบอย่างมากต่อพืชตระกูลส้มที่ติดเชื้อ ทำให้ต้นตายหรืออายุสั้นลง (Bar-Joseph และคณะ, 1985) และมีรายงานการพบเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสมากกว่าหนึ่งสายพันธุ์อยู่ร่วมกันในต้นส้ม (Koizumi, 2001) เชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสแพร่กระจายโดยติดไปกับท่อนขยายพันธุ์ และแมลงพาหะจำพวกเพลี้ยอ่อน มีรายงานการใช้แมลงพาหะเพลี้ยอ่อนส้ม (single aphid transmission) แยกสายพันธุ์ไวรัสที่ติดเชื้อร่วมกันในต้นส้มออกเป็นเชื้อสายพันธุ์เดี่ยว (รัตนา สดุดี และคณะ, 2551) มีรายงานการป้องกันโรคชนิดนี้ด้วยวิธี cross protection คือการปลูกเชื้อสายพันธุ์อ่อน (mild strain) ให้กับต้นส้มเพื่อป้องกันการติดเชื้อสายพันธุ์รุนแรง (severe strain) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ได้ผลดีในการป้องกันและลดความเสียหายจากโรคทริสเตซาและประสบผลสำเร็จในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา บราซิล อิสราเอล อินเดีย เป็นต้น (Costa และ Muller, 1980)

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกสายพันธุ์อ่อนของทริสเตซาไวรัส (CTV) จากต้นส้มติดเชื้อในธรรมชาติโดยใช้แมลงพาหะเพลี้ยอ่อนส้มสีน้ำตาล ซึ่งจะนำไปใช้ในการปกป้องการติดเชื้อซ้ำด้วยสายพันธุ์ไวรัสที่รุนแรง (cross protection) ที่พบในประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชทดสอบ พืชทดสอบที่ใช้ในงานทดลองประกอบด้วย มะนาว (*Citrus aurantifolia*) ส้มโอ (*C. grandis*) และเกรฟรุท (*C. paradisi*) ได้จากการเพาะเมล็ด และย้ายปลูกในกระถางเป็นต้นเดี่ยว และปลูกเลี้ยงในโรงเรือนตาข่ายป้องกันแมลง

พืชที่ใช้เลี้ยงแมลงพาหะ ใช้ต้นกล้าส้มจี๊ด (*C. mitis*) ปลอดโรคอายุ 6-12 เดือนซึ่งได้จากการเพาะเมล็ด และย้ายปลูกในกระถางเป็นต้นเดี่ยว และปลูกเลี้ยงในโรงเรือนตาข่ายป้องกันแมลง

แหล่งของเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัส มาจากพืชตระกูลส้มที่ติดเชื้อในธรรมชาติ 2 ชนิด คือ มะนาว (SM4) จากบ้านปลักธง หมู่ 7 อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา และส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม (DAT4-5) จาก ต.คลองน้อย อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

แมลงพาหะเพลี้ยอ่อนส้มสีน้ำตาล จับเพลี้ยอ่อนส้มสีน้ำตาล *T. citricida* จากสวนส้มบ้านโฮ๊ะ ต.ทุ่งตำเสา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา แล้วนำมาเลี้ยงบนต้นกล้าส้มจี๊ด (*C. mitis*) ปลอดโรค โดยเลี้ยงตัวเต็มวัยจนได้ตัวอ่อนรุ่นที่ 1 ย้ายไปเลี้ยงบนต้นกล้าปลอดโรคต้นใหม่ แล้วดำเนินการต่อไปจนได้ลูกรุ่นที่ 3 ซึ่งเป็นเพลี้ยอ่อนส้มที่ปลอดเชื้อไวรัส (virus-free aphid) เลี้ยงจนเป็นตัวเต็มวัย เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การแยกเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสโดยแมลงพาหะ นำแมลงพาหะเพลี้ยอ่อน *T. citricida* ที่เลี้ยงจนเป็นโคโลนีปลอดเชื้อไวรัส (virus-free aphid) ไปดูดกินมะนาว (SM4) และต้นส้มโอ (DAT4-5) เพื่อรับไวรัสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นย้ายเพลี้ยอ่อนไปดูดกินเพื่อถ่ายทอดไวรัสไปยังพืชทดสอบ คือต้นกล้ามะนาว (*C. aurantifolia*) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วฉีดพ่นสารเคมีทำลายเพลี้ยอ่อน ในการทดลองใช้ตัวเต็มวัยของเพลี้ยอ่อน 1 ตัวต่อต้นพืชทดสอบ (single aphid transmission) โดยทำ 20 ซ้ำต่อการทดลอง ตรวจหาเชื้อ CTV โดยเทคนิค ELISA ในพืชทดสอบมะนาว 16 สัปดาห์ ภายหลังการแยกเชื้อไปยังพืชทดสอบโดยแมลง ตามวิธีการของ Roistacher (1991) โดยใช้ polyclonal antiserum ของ CTV ใช้อัตรา 2 ไมโครลิตรต่อมิลลิกรัม ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากโครงการวิจัยการพัฒนาวิธีการทางเซรุ่มวิทยาเพื่อวินิจฉัยโรคทริสเตซาของส้มในประเทศไทย

การจำแนกเชื้อสายพันธุ์อ่อนโดยใช้ลักษณะอาการบนพืชทดสอบ คัดเลือกทริสเตซาไวรัสที่แยกได้และมีแนวโน้มเป็นสายพันธุ์อ่อนจำนวน 3 ไอโซเลท คือ SM4-P5, SM4-P9 และ SM4-P10 มาทดสอบระดับความรุนแรงของการก่อโรคโดยใช้ลักษณะอาการที่เชื้อแต่ละไอโซเลทชักนำให้เกิดขึ้นกับพืชทดสอบ 3 ชนิด คือ มะนาว (*C. aurantifolia*) ส้มโอ (*C. grandis*) และเกรฟรุท (*C. paradisi*) ปลูกเชื้อโดยวิธี Leaf grafting (Roistacher, 1991) ทำการปลูกเชื้อ 5 ใบต่อต้น และทำซ้ำ 4 ต้นต่อชนิดพืชทดสอบ และมีต้นกล้าของพืชทดสอบที่ไม่รับการปลูกเชื้อแต่ละชนิดๆ ละ 4 ต้น เป็นชุดควบคุม ตรวจหาเชื้อ CTV โดยเทคนิค ELISA ภายหลังการปลูกเชื้อ 2 และ 6 เดือน ติดตามลักษณะอาการบนพืชทดสอบภายหลังการปลูกเชื้อ 2 เดือน ประเมินอาการทางใบตามรายงานของ Figueroa และคณะ (2009) อาการลำต้นบุ๋ม (Stem Pitting) ตามจำนวนร่องที่ปรากฏบนกิ่ง (Corazza-Nunes และคณะ, 2006) จากนั้นรวมระดับความรุนแรงของอาการทุกประเภทในพืชทดสอบแต่ละชนิด ประเมินผลโดยรวมของระดับความรุนแรงของเชื้อแต่ละสายพันธุ์ ผลรวมของระดับความรุนแรงที่ต่ำกว่า 20 คะแนน จัดเป็นสายพันธุ์อ่อน (Figueroa และคณะ, 2009)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การแยกเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสโดยแมลงพาหะ

ผลการตรวจหาเชื้อ CTV โดยเทคนิค ELISA ในพืชทดสอบมะนาว ซึ่งรับการถ่ายเชื้อจากแมลงพาหะ (Table 1) พบว่าแยกเชื้อทริสเตซาไวรัสได้รวม 12 ไอโซเลท ซึ่งแยกเป็นที่มาจากมะนาว SM4 จำนวน 7/20 ไอโซเลท และจากส้มโอ DAT4-5 จำนวน 5/20 ไอโซเลท คิดเป็นประสิทธิภาพการถ่ายทอดเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสจากแหล่งเชื้อ SM4 และ DAT4-5 โดยเพลี้ยอ่อนส้มสีน้ำตาล 1 ตัว ได้เป็น 35% และ 30% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lin และคณะ (2002) ที่ว่าอัตราการถ่ายทอดเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัสโดยเพลี้ยอ่อน *T. citricida* ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ไวรัส โดยพบว่าไอโซเลท SM4-P4, SM4-P5, SM4-P9 และSM4-P10 จัดอยู่ในกลุ่มสายพันธุ์อ่อน (Mild) แสดงอาการเส้นใบใสเพียงเล็กน้อย (Figure 1) และมีความสูงลดต่ำกว่าต้นปกติ 4-28% ต้น SM4-P15 และ SM4-P19 จัดอยู่ในกลุ่มสายพันธุ์ปานกลาง (Moderate) แสดงอาการเส้นใบใสชนิดรุนแรง อาการลำต้นบุ๋มปานกลาง และได้รับผลกระทบด้านความสูงจากเชื้อที่แยกได้ เพียงเล็กน้อย และต้น SM4-P2 จัดอยู่ในกลุ่มสายพันธุ์รุนแรง (Severe) แสดงอาการเส้นใบใสชนิดรุนแรง อาการลำต้นบุ๋มรุนแรง โดยต้น SM4-P2 ได้รับผลกระทบค่อนข้างมาก เนื่องจากความสูงลดต่ำกว่าต้นปกติถึง 34% สำหรับสายพันธุ์เชื้อ DAT4-5 พบว่าไอโซเลท DAT4-5-P8, DAT4-5-P10 และDAT4-5-P15 จัดอยู่ในกลุ่มสายพันธุ์อ่อน (Mild) แสดงอาการเส้นใบใสเพียงเล็กน้อย ไอโซเลท DAT4-5-P2 และ DAT4-5-P5 จัดอยู่ในกลุ่มสายพันธุ์ปานกลาง (Moderate) แสดงอาการเส้นใบใสชนิดรุนแรง ลำต้นบุ๋มเล็กน้อย ความสูงลดต่ำกว่าต้นปกติถึง 48% และมีรายงานการใช้แมลงพาหะเพลี้ยอ่อนส้ม (single aphid transmission) แยกสายพันธุ์ไวรัสที่ติดเชื้อร่วมกันในต้นส้มออกเป็นเชื้อสายพันธุ์เดี่ยว (รัตนา และคณะ, 2551)

การจำแนกเชื้อสายพันธุ์อ่อนโดยใช้ลักษณะอาการบนพืชทดสอบ

จากการประเมินลักษณะอาการทางใบ (Vein Clearing, Corky Vein, Cup Leaf, Yellow Leaf) อาการทางลำต้นคืออาการลำต้นบุ๋ม (Stem pitting) ของพืชทดสอบซึ่งติดเชื้อไอโซเลท SM4-P5, SM4-P9 และ SM4-P10 พบว่าเชื้อทั้งสามไอโซเลททำให้เกิดอาการเส้นใบใสเพียงเล็กน้อย (ระดับ 1) บนพืชทดสอบมะนาวเท่านั้น แต่ไม่ก่อให้เกิดอาการเส้นใบแตก ใบเหลือง ใบถ้วย และอาการลำต้นบุ๋มบนพืชทดสอบทั้ง 3 ชนิด และเมื่อรวมระดับความรุนแรงของอาการทุกประเภทในพืชทดสอบแต่ละชนิดได้ผลรวมของระดับความรุนแรงต่ำกว่า 20 คะแนน (Table 2) จากรายงานของ Ochoa และคณะ (1994) ในการใช้อาการบนพืชทดสอบ (biological index) คืออาการเส้นใบใส (Vein Clearing, VC), อาการเส้นใบแตก (Corky Vein, CV), อาการใบถ้วย (Leaf Cupping, LC) และอาการลำต้นบุ๋ม (Stem Pitting, SP) ทำการปลูกเชื้อซิตรัสทริสเตซาไวรัส 10 ไอโซเลท บนพืชทดสอบ 4 ชนิด คือ มะนาว (Mexican lime), ยูริกาเลมมอน (Eureka lemon), ซาว์วออเรนจ์ (sour orange) และมาชเกรฟรุท (Marsh grapefruit) พบว่าไอโซเลทที่จัดอยู่ในกลุ่มสายพันธุ์อ่อนจะแสดงอาการเส้นใบใสเพียงเล็กน้อยบนพืชทดสอบ ส่วนกลุ่มปานกลางแสดงอาการปานกลางถึงรุนแรง และกลุ่มสายพันธุ์รุนแรงแสดงอาการรุนแรงมากคืออาการตี้ยแคระ เส้นใบใส เส้นใบแตก และใบถ้วยบนพืชทดสอบมะนาว อาการตี้ยแคระ และใบบิดบนมาชเกรฟรุท

สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าแยกเชื้อ CTV ได้รวมทั้งสิ้น 12 ไอโซเลท โดยแยกได้จากต้น SM4 และต้น DAT4-5 จำนวน 7 และ 5 ไอโซเลท ตามลำดับ ไวรัสที่แยกได้เป็นเชื้อที่มีอาการอ่อน 7/12 ไอโซเลท มีอาการรุนแรงปานกลาง 4/12 ไอโซเลท และมีอาการรุนแรง 1/12 ไอโซเลท ในการคัดเลือกทริสเตซาไวรัสที่มีแนวโน้มเป็นสายพันธุ์อ่อนจำนวน 3 ไอโซเลท คือ SM4-P5, SM4-P9 และ SM4-P10 มาทดสอบระดับความรุนแรงของการก่อโรคโดยใช้ลักษณะอาการที่เชื้อแต่ละไอโซเลทชักนำให้เกิดขึ้นกับพืชทดสอบ 3 ชนิด คือ มะนาว (*C. aurantifolia*) ส้มโอ (*C. grandis*) และเกรฟรุท (*C. paradisi*) พบว่า เชื้อทั้งสามไอโซเลททำให้เกิดอาการเส้นใบใสเพียงเล็กน้อยบนพืชทดสอบมะนาวเท่านั้นสรุปว่าซิตรัสทริสเตซาไวรัสสามไอโซเลทที่แยกได้เป็นสายพันธุ์อ่อน

Table 1 Detection of CTV by ELISA in index plant (West Indian lime) inoculated by brown citrus aphid insect vector

CTV Sources	Index Plant no.	ELISA OD405[1/] ($\overline{X}$ ±SD)	Symptoms[2/] Forliar symptom	Stem Pitting	Mean (height) in (cm)/month[3/]
SM4	SM4-P2	0.155±0.067	VC+++	++	1.9
	SM4-P4	0.127±0.012	VC+	-	2.4
	SM4-P5	0.148±0.012	VC+	-	2.3
	SM4-P9	0.112±0.028	VC+	-	2.4
	SM4-P10	0.112±0.028	VC++	-	2.3
	SM4-P15	2.660±0.013	VC+++	-	2.3
	SM4-P19	3.523±0.002	VC++±	-	2.7
DAT4-5	DAT4-5-P2	4.000±0.000	VC++±	-	1.5
	DAT4-5-P5	3.461±0.032	VC+++	-	1.5
	DAT4-5-P8	3.598±0.006	VC++,Y	-	1.6
	DAT4-5-P10	1.937±0.024	VC++	-	1.7
	DAT4-5-P15	2.785±0.141	VC++	-	2.4

1/ Mean and standard deviation of ELISA reaction absorbance (OD405 $\overline{X}$ ±SD) of healthy (0.034±0.011)

2/ VC = Vein Clearing, Y = Yellow Leaf, - = Nil, + = mild, +±, ++ = moderate, ++±,+++ = severe

3/ Mean height of West Indain lime healthy 2.9 cm./month

Table 2 Disease severity on index plants induced by CTV isolated from SM4

CTV Isolate No.	Index plants	Symptom[1/] severity[2/]						Disease severity[3/]
		VC	CV	CL	Y	SP	Total of symptoms	
SM4-P5	West Indain lime	3	0	0	0	0	3	1
	Grapefruit	2	0	0	0	0	2	1
	Pomelo	2	0	0	0	0	2	1
SM4-P9	West Indain lime	2	0	0	0	0	2	1
	Grapefruit	3	0	0	0	0	3	1
	Pomelo	2	0	0	0	0	2	1
SM4-P10	West Indain lime	1	0	0	0	0	1	1
	Grapefruit	2	0	0	0	0	2	1
	Pomelo	3	0	0	0	0	3	1

[1/] VC = Vein Clearing, CV = Corky Vein, CL = Cup Leaf, Y = Yellow Leaf, SP = Stem Pitting
[2/] VC severity score 0=no symptom, 1=very mild (1-20 strips), 2=mild (21-40 strips), 3=moderate (41-60 strips), 4=severe (61-80 strips), 5= very severe (>80 strips), CV, CL, Y, SP severity score 0= no symptom
[3/] 1= >20 score (mild strain), 2= 21-40 score (moderate strain), 3=<40 score (severe strain)

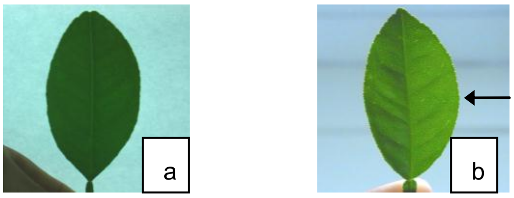


Figure 1 Vein clearing symptom on index plant (West Indian lime) a) healthy b) SM4-P4 isolate (mild strain)

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่เอื้อเฟื้อแอนติเซรัม

เอกสารอ้างอิง

รัตนา สดุดี สมปอง เตชะโต และ Milne, J., 2551, การพัฒนาวิธีการทางเซรุ่มวิทยาเพื่อวินิจฉัย โรคทริสเตซาของส้มในประเทศไทย, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (สกว.), 118 หน้า.

Bar-Joseph, M., Gumpf, D.J., Dodds, J.A., Rosner, A. and Ginzberg, I., 1985, A simple purification method for citrus tristeza virus and estimation of its genome size, Phytopathology, 75: 195-198.

Corazza-Nunes, M.J., Machado, M.A., Stach-Machado, D.R., Nunes, W.M.C. and Müller, G.W., 2006, Charaterization of Citrus Tristeza Virus Isolate from Grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) Accessions of Citrus Active Germplasm Bank, Summa Phytopathologica, 32(4): 322-327.

Costa, A.S. and Muller, G., 1980, Tristeza Control by Cross Protection, Plant Disease, 64: 538-541.

Figueroa, J., Foguet, L., Castellanos, A.I.F. and Stein, B., 2009, Biological Characterization of Citrus Tristeza Virus Strains in Lemon in Tucumán, Argentina, Revista Industrialy Agricola de Tucumán Tomo, 86(1): 37-41.

Koizumi, M., 2001, Citru Tristeza Virus: symptoms and control. [online], Available: http://www.fftc.agnet.org/;ibrary/article/tn2001003.html [October 22, 2009]

Korkmaz, S., 2002, Investingation of Biologycal Properties, Double-stramded RNA Patterns and Antigenconcentration in Citrus Species Infected with Citrus Tristeza Virus, Phytoparasitica, 30(4): 420-428.

Lin, Y., Brlansky, R.H. and Powell, C.A., 2002, Inefficient transmission of *Citrus tristeza virus* from Grapefruit by Single Brown Citrus Aphid, HortScience, 37(6): 936-939.

Ochoa, F., Carballo, O., Trujillo, G., Izaquirre, M.L.M. and Lee, R.F., 1994, Biological Characterization and Evaluation of Cross Protection Potential of Citrus Tristeza Virus Isolate in Venezuela, In Proc. 12th Conf. IOCV. p7.

Roistacher, C.N., 1991, Graft-Transmissible Disease of Citrus: Handbook for Detection and Diagnoses. International Organization of Citrus Virologist, Rome, FAO, 286 p.

ความเข้มข้นของเชื้อราบิวเวอร์เรียในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

Conidia Concentration of *Beauveria bassiana* to Control the Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) in Rice Seedlings Variety Pathum Thani 1

เอกรัฐ ปั่นกำจร[1] **สมเกียรติ ปั้นแตง**[1] **และ กฤษณา บุญศิริ**[1]

Pankamjon, E.[1], Pantang, S.[1] and Boonsiri, K.[1]

Abstract

The conidia concentration of *Beauveria bassiana* to control the brown planthopper in Pathum Thani 1 rice seedlings was studied in the laboratory and cages. Three concentrations of conidia (10^6, 10^7 and 10^8 conidia/ml) and distilled water as a control were sprayed. Results showed that conidia concentrations affected the mortality of brown planthopper in both laboratory and cages. Brown planthopper had the highest percentage mortality in treatments where *B. bassiana* was applied at 10^8 conidia/ml The brown planthopper that received 10^7 and 10^6 conidia/ml also decreased the mortality rate. Mortality increased in the days after the application in all *B. bassiana* concentrations.

Keywords: *Beauveria bassiana*, brown planthopper

บทคัดย่อ

ศึกษาความเข้มข้นของเชื้อราบิวเวอร์เรียในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในห้องปฏิบัติการและในกรงทดลอง โดยฉีดพ่นเชื้อราบิวเวอร์เรียในความเข้มข้น 10^6, 10^7 และ 10^8 สปอร์/มล. โดยมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ พบว่าความเข้มข้นของเชื้อราบิวเวอร์เรียมีผลต่ออัตราการตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ทั้งในห้องปฏิบัติการและในกรงทดลอง โดยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ได้รับเชื้อราบิวเวอร์เรียความเข้มข้น 10^8 สปอร์/มล. มีอัตราการตายมากที่สุด ส่วนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ได้รับเชื้อราบิวเวอร์เรียความเข้มข้น 10^7และ 10^6 สปอร์/มล. มีอัตราการตายน้อยลงตามลำดับ นอกจากนี้ระยะเวลาหลังจากฉีดพ่นที่นานขึ้น ทำให้แมลงมีอัตราการตายเพิ่มขึ้น ในทุกความเข้มข้นของเชื้อราบิวเวอร์เรีย

คำสำคัญ: เชื้อราบิวเวอร์เรีย เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย ทั้งการบริโภคภายในประเทศและการส่งออกไปยังต่างประเทศ พื้นที่ผลิตข้าวที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงส่วนมากอยู่บริเวณภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สมพร, 2552) ในการผลิตข้าวของเกษตรกรในพื้นที่ภาคกลาง ภาคเหนือตอนล่าง และบางจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นั้นมีเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจัดเป็นแมลงปากดูดชนิดหนึ่ง ตัวเต็มวัยมีรูปร่าง 2 ลักษณะคือชนิดปีกยาวและชนิดปีกสั้น ตัวโตเต็มวัยและตัวอ่อนมีตั้งแต่ลำตัวสีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลดำขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประชากร วงจรชีวิต 28-35 วัน ขึ้นกับอุณหภูมิในกอข้าว ลักษณะการทำลายจะดูดกินน้ำเลี้ยงที่โคนต้นข้าวระดับเหนือผิวน้ำทำให้ต้นข้าวแห้งตาย ถ้าปริมาณแมลงมากต้นข้าวที่ถูกทำลายมีใบเหลืองแห้งลักษณะเหมือนโดนน้ำร้อนลวกแห้งตายเป็นหย่อมๆ นอกจากทำลายข้าวโดยตรงแล้วแมลงชนิดนี้ยังเป็นพาหะนำเชื้อไวรัสของโรคใบหงิก (ปรีชา, 2545) ซึ่งในการป้องกันกำจัดเกษตรกรมักใช้สารเคมีหลายชนิดผสมกันและใช้ปริมาณที่มากเกินไปทำให้มีการระบาดของแมลงเพิ่มขึ้น และสารเคมีที่ใช้ยังไปทำลายศัตรูธรรมชาติที่ช่วยควบคุมแมลงศัตรูข้าว หรือสารนั้นไปกระตุ้นให้เพิ่มอัตราการกิน หรือเพิ่มอัตราการขยายพันธุ์ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (วันทนา, 2553) การใช้เชื้อจุลินทรีย์เป็นวิธีหนึ่งของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี เพื่อที่จะรักษาระดับความหนาแน่นของประชากรแมลงศัตรูพืชให้อยู่ต่ำกว่าระดับที่จะทำให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิต ซึ่งเชื้อราบิวเวอร์เรีย เป็นเชื้อราชนิดหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคกับแมลงศัตรูพืช สามารถใช้

[1] **วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครสวรรค์ อ. เมือง จ. นครสวรรค์** 60000

[1] Nakhonsawan College of Agriculture and Technology Muang district Nakhonsawan 60000

ควบคุมแมลงศัตรูหลายชนิด ได้แก่ เพลี้ย แมลงหวี่ขาว หนอนศัตรูพืช และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เชื้อราบิวเวอร์เรียเป็นเชื้อราที่มีเส้นใยสีขาวสปอร์สีขาว สามารถแพร่กระจายในธรรมชาติได้ด้วยลม เมื่อสปอร์ของเชื้อราตกไปที่ตัวแมลงโดยมีอุณหภูมิและความชื้นเหมาะสมจะงอกก้านชูสปอร์แทงทะลุผนังลำตัวแมลงเข้าสู่ภายในลำตัวแมลงแล้วแพร่ขยายโดยอาศัยของเหลวภายในตัวแมลงเป็นอาหารเมื่อแมลงตายจะแทงเส้นใยออกมาข้างนอก แล้วสร้างสปอร์บนลำตัวแมลง ซึ่งในที่สุดจะคลุมทุกส่วนของตัวแมลงมีลักษณะขาวฟู หลังจากนั้นสปอร์ปลิวไปกับลม เมื่อตกไปบนแมลงตัวใหม่ก็จะฆ่าแมลงตัวใหม่วนเวียนไปได้เรื่อยๆ (กรรณิการ์, 2540) การใช้เชื้อราบิวเวอร์เรียควบคุมศัตรูพืช ศูนย์บริหารศัตรูพืช จังหวัดเชียงใหม่ (2554) ได้แนะนำให้ใช้ก้อนเชื้อราบิวเวอร์เรีย 1-2 กก./น้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นในแปลง การศึกษาครั้งจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของเชื้อราบิวเวอร์เรียในการป้องกันการกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือการทดลองในห้องปฏิบัติการ และในกรงทดลอง วางแผนแบบ CRD มี 4 สิ่งทดลองจำนวน 4 ซ้ำ การทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยนำต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 14 วัน ย้ายปลูกในกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 ซม. กระถางละ 4 ต้น แล้วนำกระถางไปใส่ในโหลแก้ว ขนาดกว้าง 11 ซม. สูง 200 ซม. ปิดโหลด้วยผ้าขาวบาง วันต่อมาจึงนำเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในระยะวัย 2-3 มาใส่โหลๆ ละ 20 ตัว ฉีดพ่นสปอร์ของเชื้อราบิวเวอร์เรียความเข้มข้น 10^6, 10^7 และ 10^8 สปอร์/มล. และใช้น้ำกลั่นเป็นสิ่งทดลองควบคุม ส่วนการทดลองในกรงนำต้นกล้าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 14 วัน ปลูกลงในกระถางที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. กระถางๆ ละ 4 ต้น แล้วนำกระถางมาใส่ในกรงขนาด กว้าง และ ยาว 45 ซม สูง 60 ซม. โดยใส่ 4 กระถางต่อกรง วันต่อมาจึงนำเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมาปล่อยในกรง โดยใส่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลวัย 2-3 กระถางละ 40 ตัว แล้วฉีดพ่นสปอร์ของเชื้อราบิวเวอร์เรียความเข้มข้น 10^6, 10^7 และ 10^8 สปอร์/มล. และใช้น้ำกลั่นเป็นสิ่งทดลองควบคุม ทั้งสองการทดลองบันทึกจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ตายในวันที่ 3, 5 และ 7 วันหลังจากการฉีดพ่น

ผลการทดลอง

การตายของ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในโหลแก้ว หลังจากได้รับเชื้อบิวเวอร์เรีย ความเข้มข้น 10^6, 10^7 และ 10^8 สปอร์/มล.แล้ว พบว่าเชื้อราบิวเวอร์เรียทำให้แมลงตายไม่แตกต่างจากกลุ่มเปรียบเทียบ (น้ำกลั่น) ในระยะเวลา 3 วันหลังจากฉีดพ่น แต่ในระยะเวลา 5 และ 7 วันหลังฉีดพ่นนั้น ความเข้มข้นของเชื้อบิวเวอร์เรียที่สูงขึ้นทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีการตายที่เพิ่มขึ้น และอัตราการตายของแมลงเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาหลังจากที่ได้รับเชื้อรานานขึ้น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ได้รับเชื้อบิวเวอร์เรียความเข้มข้น 10^8 สปอร์/มล. มีการตายสูงสุด 86.25 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 5 วัน และเพิ่มเป็น 96.25 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 7 วัน (Table 1)

สำหรับการตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในกรงทดลอง หลังจากได้รับเชื้อบิวเวอร์เรีย ความเข้มข้น 10^6, 10^7 และ 10^8 สปอร์/มล.แล้ว พบว่าเชื้อราบิวเวอร์เรียทำให้แมลงมีการตายมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ (น้ำกลั่น) หลังจากฉีดพ่นแล้ว 3, 5 และ 7 วัน ความเข้มข้นของเชื้อบิวเวอร์เรียที่สูงขึ้น ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีการตายที่เพิ่มขึ้น และการตายของแมลงเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาหลังจากที่ได้รับเชื้อรานานขึ้น โดยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ได้รับเชื้อบิวเวอร์เรียความเข้มข้น 10^8 สปอร์/มล. มีอัตราการตายสูงสุด 15.62 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 3 วัน เพิ่มเป็น 40.62 และ 86.25 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 5 และ 7 วัน ตามลำดับ (Table 2)

วิจารณ์ผล

การศึกษาความเข้มข้นของเชื้อราบิวเวอร์เรียในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยใช้ความเข้มข้นของเชื้อราบิวเวอร์เรีย 10^6, 10^7 และ 10^8 สปอร์/มล. และใช้น้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ พบว่า ความเข้มข้นของเชื้อราบิวเวอร์เรียที่เพิ่มขึ้น ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีอัตราการตายเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาที่นานขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ เพชรหทัย (2550) ที่นำแมลงไปจุ่มในเชื้อราบิวเวอร์เรีย ความเข้มข้น10^4-10^7 สปอร์/มล. พบว่าอัตราการตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลไม่แตกต่างกัน แต่สอดคล้องกับงานทดลองของ Kaur และคณะ (2011) ที่พบว่าเชื้อราบิวเวอร์เรียความเข้มข้นสูง (10^8 สปอร์/มล.) ทำให้หนอนกระทู้ผักมีเปอร์เซ็นต์การตายมากที่สุด นอกจากนั้นระยะเวลาหลังจากการฉีดพ่นที่นานขึ้น ทำให้แมลงมีการตายเพิ่มขึ้น คล้ายคลึงกับการทดลองของ Aslanta และคณะ (2008) รายงานว่า cherry

slugworm ได้รับเชื้อราบิวเวอร์เรียความเข้มข้น 10^6 และ 10^7 สปอร์/มล. มีการตายเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับเชื้อรานานขึ้น สำหรับในชุดควบคุมพบว่ามีการตายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในโหลมากกว่าในกรง ทั้งนี้อาจเนื่องจากภายในโหลอุณหภูมิอาจสูงเกินไปไม่เหมาะสม เพราะในธรรมชาติเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลอยู่บริเวณใต้ใบใกล้กับผิวน้ำซึ่งเป็นบริเวณที่อุณหภูมิไม่สูง

สรุปผล

การศึกษาความเข้มข้นของเชื้อราบิวเวอร์เรียในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยใช้เชื้อราบิวเวอร์เรียความเข้มข้น 10^6, 10^7 และ 10^8 สปอร์/มล. พบว่าเชื้อราบิวเวอร์เรียความเข้มข้น 10^8 สปอร์/มล. ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีอัตราการตายมากที่สุดทั้งในห้องปฏิบัติการและในกรงทดลอง นอกจากนี้ระยะเวลาหลังจากฉีดพ่นที่นานขึ้นทำให้แมลงมีอัตราการตายเพิ่มขึ้น

คำขอบคุณ

ศูนย์ปราบศัตรูพืชชัยนาท ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อราบิวเวอร์เรีย ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาทที่ให้ความอนุเคราะห์ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและกรงทดลอง และศูนย์วิจัยข้าวนครสวรรค์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม, 2540, *Beauveria bassiana* เชื้อราที่ทำให้เกิดโรคกับแมลง, วารสารกีฏและสัตววิทยา, 19(1): 35-37.

ปรีชา วังศิลาบัตร, 2545, นิเวศวิทยาของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและการควบคุมปริมาณ, กองกีฏและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร, 117 หน้า.

เพชรหทัย ปฏิรูปานุสร และ อัจราพร ณ ลำปาง เนินพลับ, 2550, ประสิทธิภาพของเชื้อราทำลายแมลงต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเพลี้ยจักจั่นสีเขียว, ในการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2550, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, หน้า 144-154.

วันทนา ศรีรัตนศักดิ์, 2553, เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล: ศัตรูตัวฉกาจของการปลูกข้าวนาชลประทานและมิติใหม่ของการจัดการ, วารสารวิชาการข้าว, 4(1): 72-82.

ศูนย์บริหารศัตรูพืช จังหวัดเชียงใหม่, 2554, เชื้อราบิวเวอร์เรีย, กรมส่งเสริมการเกษตร, [สืบค้น] http://www.pmc08.doae.go.th/beauveria.htm [10/Noverber/11]

สมพร อิศวิลานนท์, 2552, พลวัตเศรษฐกิจการผลิตข้าวไทย, ภาควิชาเศรษฐศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Aslanta, R., Eken C. and Hayat, R., 2008, *Beauveria bassiana* Pathogenicity to the Cherry Slugworm, *Caliroa cerasi* (Hymenoptera: Tenthredinidae) Larvae, World Journal of Microbiology Biotechnology, 24: 119–122.

Kaur, S., Kaur, H.P., Kaue, K. and Kaur, A., 2011, Effect of Different Concentrations of *Beauveria bassiana* on Development and Reproductive Potential of *Spodoptera litura* (Fabricius), Journal of Biopesticides, 4(2) :161-168.

Table 1 Percentage mortality of brown planthopper in laboratory after *Beauveria bassiana* application for 3, 5 and 7 days

Treatments	Days after application		
	3 days	5 days	7 days
Distilled water	10.00	38.75 c	53.75 c
10^6 spores/ml	18.75	61.25 b	80.00 b
10^7 spores/ml	27.50	68.75 b	83.75 ab
10^8 spores/ml	48.75	86.25 a	96.25 a
F-test	ns	**	**
CV (%)	70.94	17.08	11.77

Means within the same column followed the same letter are not significantly different by LSD test at $p \leq 0.05$

Table 2 Percentage mortality of brown planthopper in cages after *Beauveria bassiana* application for 3, 5 and 7 days

Treatments	Days after application		
	3 days	5 days	7 days
Distilled water	0.00 d	8.75 c	17.50 d
10^6 spores/ml	6.25 c	24.37 b	53.12 c
10^7 spores/ml	9.37 b	39.37 a	75.62 b
10^8 spores/ml	15.62 a	40.62 a	86.25 a
F-test	**	**	**
CV (%)	23.55	16.39	7.29

Means within the same column followed the same letter are not significantly different by LSD test at $p \leq 0.05$

การศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนและส่วนประกอบกรดอะมิโนในข้าวหลายสายพันธุ์จากประเทศไทย

Study on Comparison of Proteins Content and Amino acids Composition of Various Rice Cultivars from Thailand

รัชนี ไสยประจง[1] และ สุรพงษ์ พินิจกลาง[1]

Saiprajong, R.[1] and Pinitglang, S.[1]

Abstract

The aim of this research was to contribute to the understanding of (i) protein content and amino acids composition and (ii) gamma amino butyric acid (GABA) content of half-milled nine various rice (*Oryza sativa*) cultivars from Thailand: Sung Yod, Hom Nin, Niew Dum, Hom Mali105, Hom Ubon, Sin Lek, Hom Malidaeng, Lao Taek and Hom Kunya. The protein contents, essential amino acid and non-essential amino acid compositions, and GABA content were determined from generally significant protocol by using AOAC method, High Performance Liquid Chromatography and Gas Chromatography, respectively. The results obtained with nine protein contents of rice variants demonstrate the important conclusion that total protein contents in the range of between 6.84-8.85 g/100g. Early work on GABA from Hom Nin rice had suggested that its content and characteristics might be higher than those of Hom Mali 105 rice and thus provide a particularly clear result. The results obtained with GABA contents in the range of between 13.53-150.64 mg/kg. This newly discovered of high GABA content of half-milled nine rice cultivars from Thailand may involve of high glutamic acid content in rice variants. The protein patterns from protein extracted from rice were determined by Sodium Dodecyl Sulphate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE). The results of the major band protein shown that are in the range of the molecular weight between 10.5-14 kDa. Studies on the molecular mass in the range of between 5-10 kDa of proteins from nine various rice extracted with different solvent e.g. water and 0.1 M sodium hydroxide were analyzed by MALDI-TOF Mass Spectrometry. The results of these studies are compared with those of protein molecular weight studies using SDS-PAGE.

Keywords: GABA, Rice Cultivars from Thailand, amino acid

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาถึงปริมาณโปรตีน องค์ประกอบและชนิดของกรดอะมิโน ปริมาณสารแกมม่าอะมิ-โนบิวทีริก แอซิด (กาบ้า) จากข้าวซ้อมมือจำนวน 9 ชนิดคือ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล ข้าวเหนียวดำ ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวหอมอุบล ข้าวสินเหล็ก ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเล้าแตกและข้าวหอมกัญญา ทำการวัดปริมาณโปรตีน โดยวิธี AOAC (2005) ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นและกรดอะมิโนไม่จำเป็นชนิดต่างๆ และปริมาณสารประกอบกาบ้า โดยวิธีโครมาโตกราฟีชนิดความดันสูง และแก๊สโครมาโตกราฟี ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าการหาปริมาณโปรตีนจากข้าวซ้อมมือเก้าสายพันธุ์ดังกล่าวพบว่าปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 6.85-8.85 กรัม/100กรัม ส่วนปริมาณสารกาบ้าที่พบในข้าว 9 สายพันธุ์มีปริมาณสารประกอบกาบ้าอยู่ในช่วง 13.53-150.64 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และพบว่าปริมาณสารกาบ้าในข้าวหอมนิลมีความจำเพาะและปริมาณที่มากกว่าข้าวหอมมะลิ 105 อย่างชัดเจน และพบว่าปริมาณสารประกอบกาบ้าในข้าวซ้อมมือทั้งเก้าสายพันธุ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดกลูตามิกที่พบในข้าวโดยพบว่าข้าวที่มีปริมาณกรดกลูตามิกในปริมาณสูงจะพบสารกาบ้าในปริมาณสูงด้วย และจากการศึกษาโปรตีนในสารสกัดจากข้าวซ้อมมือทั้งเก้าสายพันธุ์โดยวิธี Sodium Dodecyl Sulphate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE) พบว่ามีแถบโปรตีนหลักอยู่ในช่วง 10.5-14 กิโลดาลตัน การศึกษาวิเคราะห์มวลโมเลกุลของโปรตีนที่สกัดจากข้าวซ้อมมือเก้าสายพันธุ์ด้วยตัวทำละลายเช่นน้ำ และ 0.1 M โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยวิธี MALDI-TOF Mass Spectrometry พบว่ามวลโมเลกุลที่สกัดได้อยู่ในช่วง 5-10 กิโลดาลตัน จากผลการศึกษานี้เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักโมเลกุลที่วิเคราะห์โดยวิธี SDS-PAGE พบว่าอยู่ในช่วงเดียวกัน

คำสำคัญ: กาบ้า ข้าวสายพันธุ์จากประเทศไทย กรดอะมิโน

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

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

คำนำ

ข้าวนอกจากจะเป็นอาหารหลักของประเทศไทยและแถบประเทศในตะวันออกแล้ว ปัจจุบันก็เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทั่วโลกให้ความสนใจ FAO ได้มีการเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของข้าว โดยมุ่งเน้นให้เห็นความหลากหลายของข้าวและคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่าง ข้าวที่มีสีจะมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวขาวที่ผ่านการขัดสี (FAO, 2004) Juliano และคณะ (1973) ได้ศึกษาผลของปริมาณโปรตีนในข้าวที่มีต่อสมบัติของโปรตีนในข้าวพบว่าข้าว 10493 สายพันธุ์จากทั่วโลก มีปริมาณไลซีนอยู่ที่ร้อยละ 0.5 ของปริมาณโปรตีนในข้าว Wang และคณะ (1978) ได้ศึกษาคุณภาพโปรตีนในข้าวสายพันธุ์ดั่งเดิม โดยวิธี RAT assay และศึกษาองค์ประกอบของกรดอะมิโน พบว่าในข้าวสายพันธุ์ดั่งเดิมมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 15.2-17.0 โดยน้ำหนักแห้ง และพบว่าโปรตีนในข้าวมีปริมาณส่วนที่ละลายในแอลกอฮอล์ต่ำแต่พบว่ามีส่วนของกลูเตลินสูง มีปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นโดยเฉพาะไลซีน และเมทไธโอนีนในปริมาณสูง Resurrection และคณะ, 1979 ได้รายงานว่าใน brown rice ชนิดที่มีปริมาณโปรตีนต่ำร้อยละ 7.5 และชนิดโปรตีนสูงร้อยละ 10.8 พบว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำจะมีปริมาณเถ้าต่ำกว่าข้าวโปรตีนสูง พบกลูเตลินร้อยละ 87-93 Khoi และคณะ (1987) ได้ศึกษาโปรตีนและกรดอะมิโนในข้าวหลายสายพันธุ์ที่ปลูกในเวียดนามตอนเหนือพบว่าปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อย 7.0-10.8 และพบว่าร้อยละ 70-80 เป็นโปรตีนกลูเตลิน Lim และคณะ (1999) ได้ศึกษาแป้งข้าว (Ilpumbyo) ของประเทศเกาหลี พบว่าปริมาณโปรตีนมีความสำคัญและมีผลต่อลักษณะเฉพาะความหนืดของน้ำแป้ง Ju และคณะ, 2011 ได้สกัดโปรตีนจากแป้งข้าวที่สกัดไขมันออก พบว่าโปรตีนในข้าวจะตกตะกอนที่ pI แตกต่างกันโดยอัลบูมิน (pH 4.1) กลอบูลิน (pH 4.3 และ pH 7.9) และกลูเตลิน (pH 4.8) ในขณะที่โปรลามินจะไม่ตกตะกอนเมื่อมีการปรับ pH และพบว่าโปรตีนทั้ง 3 ชนิดคือ อัลบูมิน กลอบูลิน และกลูเตลิน จะเกิดการเสียสภาพที่อุณหภูมิ 73.3, 78.9 และ 82.2 ตามลำดับ

เพื่อเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดการศึกษาชนิดและปริมาณของโปรตีนและส่วนประกอบของกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ในข้าวไทยจำนวน 9 สายพันธุ์เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ทำให้ผู้บริโภคทราบถึงปริมาณโปรตีนและชนิดของกรดอะมิโนในข้าวชนิดต่างๆ และใช้เป็นข้อมูลโภชนาการที่สำคัญในการติดฉลากของบรรจุภัณฑ์เพื่อเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ข้าวชนิดนั้นๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวที่ใช้ในการทดลอง 9 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล ข้าวเหนียวดำ ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวหอมอุบล ข้าวสินเหล็ก ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวเล้าแตก และข้าวหอมกัญญา ได้จากเกษตรกรในจังหวัดอุบลราชธานี ทำการสกัดโปรตีนจากข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ ทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี AOAC (2005) 981.10 และทำการศึกษาโปรตีนในสารละลาย 4 ชนิด คือ น้ำ 0.1 M NaCl, 0.1 M HCl และ 0.1 M NaOH จากนั้นวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธีไบยูเร็ต และนำไปหาน้ำหนักโมเลกุลโดยวิธีการทำ SDS-PAGE โดยใช้ Amersham ECL Gel Box และ Amersham ECL Gel 10% ตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโน (amino acid profile) โดยเครื่อง High-performance liquid chromatography (HPLC) อ้างอิงวิธีตาม Hagen และคณะ (1989) การตรวจวิเคราะห์ปริมาณ Gamma aminobutyric acid (GABA) วิเคราะห์ตามวิธีของ Mustafa และคณะ (2007) การตรวจวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนโดย เครื่อง MALDI-TOF Mass Spectrometry Bruker Daltonics (Bremen, Germany) Autoflex II

ผลการทดลอง

จากการสกัดโปรตีนในข้าว 9 สายพันธุ์โดยใช้สารละลายที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ น้ำ 0.1 M NaCl, 0.1 M HCl และ 0.1 M NaOH พบว่า สารละลาย 0.1 M HCl สามารถละลายโปรตีนในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ ได้มากที่สุด โดยเฉพาะข้าวหอมนิล ข้าวหอมกัญญา และข้าวหอมอุบล รองลงมาคือ น้ำ 0.1 M NaCl และ 0.1 M NaOH ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าสารละลาย 0.1 M NaOH ละลายโปรตีนในข้าวเล้าแตก และข้าวหอมมะลิ 105 ได้น้อยที่สุดเมื่อนำตัวอย่างข้าวไปวัดปริมาณโปรตีนทั้งหมดในข้าว 9 สายพันธุ์ โดยวิธี AOAC (2005) พบว่าปริมาณโปรตีนที่พบอยู่ในช่วง 6.84-8.85 กรัมต่อ 100 กรัม โดยพบว่าข้าวหอม-นิลปริมาณโปรตีนทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 8.85 กรัมต่อ 100 กรัม และข้าวสังข์หยดอุบลมีปริมาณโปรตีนทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 6.84 กรัมต่อ 100 กรัม เมื่อนำโปรตีนที่สกัดได้จากข้าวไปหาน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนที่พบในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์เทียบกับโปรตีนมาตรฐาน โดยวิธี SDS-PAGE พบว่าโปรตีนที่พบในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 10.5 kDa (Figure 1) และเมื่อนำไปตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโน (amino acid profile) พบว่าในข้าวทั้ง 9 สาย

พันธุ์ จะพบกรดอะมิโนชนิดกรดกลูตามิก โดยพบอยู่ในช่วง 1161.70-1608.45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และพบเมทไธโอนีนน้อยที่สุด โดยพบในช่วง 55.67-189.74 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

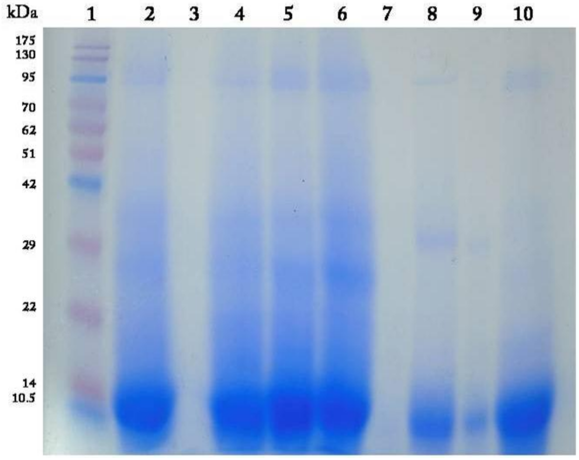


Figure 1 Protein patterns of half-milled nine various rice (*Oryza sativa*) cultivars from Thailand by using SDS-PAGE, standard protein markers (Lane 1), Sin Lek (Lane 2), Hom Malidaeng (Lane 3), Hom Kunya (Lane 4), Hom Mali105 (Lane 5), Hom Ubon (Lane 6), Hom Nin (Lane7), Sung Yod (Lane8), Niew Dum(Lane9), LaoTaek (Lane10)

ข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ พบกรดอะมิโนจำเป็นชนิดไลซีนและลิวซีนมากที่สุดในข้าวหอมนิล โดยพบเท่ากับ 639.54 และ 716.68 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Table 1) ส่วนข้าวที่พบกรดอะมิโนจำเป็นน้อยที่สุดคือข้าวหอมอุบล มีปริมาณลิวซีนน้อยที่สุดเท่ากับ 530.85 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และข้าวสังข์หยดอุบลมีปริมาณไลซีนน้อยที่สุดเท่ากับ 450.80 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์พบกรดอะมิโนชนิดไม่จำเป็นชนิดกรดกลูตามิกมากที่สุดในข้าวหอมนิลเท่ากับ 1608.45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนข้าวหอมอุบลพบน้อยที่สุดเท่ากับ 1161.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนเมทไธโอนีนเป็นกรดอะมิโนชนิดไม่จำเป็นที่พบน้อยที่สุด พบในข้าวหอมนิลเท่ากับ 189.74 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และข้าวหอมมะลิแดงเท่ากับปริมาณ 55.67 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

เมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสาร Gamma aminobutyric acid (GABA) ในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ พบว่าข้าวหอมนิลมีปริมาณ GABA มากที่สุดเท่ากับ 150.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีมากกว่าข้าวหอมมะลิ 105 จำนวน 11 เท่า ซึ่งในข้าวหอมมะลิ 105 จะพบ GABA ประมาณ 13.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การตรวจวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนในข้าว 9 สายพันธุ์โดยเครื่อง MALDI-TOF Mass Spectrometry พบว่าโปรตีนที่พบในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 5-10 kDa ซึ่งมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุลที่วิเคราะห์โดยวิธี SDS-PAGE

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

โปรตีนในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์อยู่ในช่วง 6.84-8.85 กรัมต่อ 100 กรัม โดยพบว่าข้าวหอมนิลปริมาณโปรตีนทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 8.85 กรัมต่อ 100 กรัม และข้าวสังข์หยดอุบลมีปริมาณโปรตีนทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 6.84 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนที่พบในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์เทียบกับโปรตีนมาตรฐาน โดยวิธี SDS-PAGE พบว่าโปรตีนที่พบในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 10.5 kDa ซึ่งพบว่าน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนในข้าว 9 สายพันธุ์ที่วิเคราะห์โดยเครื่อง MALDI-TOF Mass Spectrometry โปรตีนที่พบในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 5-10 kDa ซึ่งมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุลที่วิเคราะห์โดยวิธี SDS-PAGE จากการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโน พบว่าในข้าวทั้ง 9 สาย-พันธุ์ จะพบกรดอะมิโนชนิดกรดกลูตามิกมากที่สุด โดยพบอยู่ในช่วง 1161.70-1608.45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และพบเมทไธ-โอนีนน้อยที่สุด โดยพบในช่วง 55.67-189.74 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนกรดอะมิโนจำเป็นพบชนิดไลซีนและลิวซีนมากที่สุด ในข้าวหอมนิล โดยพบเท่ากับ 639.54 และ 716.68 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ข้าวที่พบกรดอะมิโนจำเป็นน้อยที่สุดคือข้าวหอมอุบล มีปริมาณลิวซีนน้อยที่สุดเท่ากับ 530.85 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และข้าวสังข์หยดอุบลมีปริมาณไลซีนน้อยที่สุดเท่ากับ 450.80 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณสาร Gamma amino butyric acid (GABA) ในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์

พบว่า ข้าวหอมนิลมีปริมาณ GABA มากที่สุดเท่ากับ 150.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีมากกว่าข้าวหอมมะลิ 105 จำนวน 11 เท่า ซึ่งในข้าวหอมมะลิ 105 จะพบ GABA ประมาณ 13.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

Table 1 Essential amino acids content of half-milled nine various rice (*Oryza sativa*) cultivars from Thailand.

Essential amino acid	Hom Nin	Hom Mali105	Hom Ubon	Lao Taek	Sin Lek,	Hom Kunya.	Hom Malidaeng	Sung Yod	Niew Dum
	mg/100g								
-Isoleucine	301.71	291.95	243.77	230.29	281.26	249.88	222.90	247.12	233.88
-Leucine	716.68	681.87	530.85	578.62	606.70	640.16	591.94	567.36	585.04
-Lysine	639.54	583.20	476.57	464.21	516.60	535.02	468.03	450.80	491.08
-Methionine	189.74	97.55	-	-	95.28	100.62	55.67	-	82.17
-Phenylalanine	474.99	466.10	381.05	355.45	394.31	412.57	367.20	357.12	409.64
-Theronine	161.45	154.03	132.5	129.44	139.18	143.13	132.91	121.04	131.10
-Tryptoplan	114.57	143.66	94.54	94.29	101.38	104.06	102.87	88	111.05
-Valine	419.22	397.58	330.15	300.85	372.10	350.82	326.28	316.46	329.27

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ปีการศึกษา 2554

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2005, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 18th eds. Methods: 981.10, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

Ju, Z.Y., Hettiarachchy, N.S. and Rath, N., 2001, Extraction, Denaturation and Hydrophobic Properties of Rice Flour Proteins, Journal of Food Science, 66(2): 229-232.

Juliano, B.O., Antonio, A.A. and Esmama, B.V., 1973, Effects of Protein Content on the Distribution and Properties of Rice Protein, Journal of the Science of Food and Agriculture, 24(3): 295-306.

Khoi, B.H., Dien, L.D., Lásztity, R. and Salgó, A., 1987, The Protein and the Amino Acid Composition of Some Rice and Maize Varieties Grown in North Vietnam, Journal of the Science of Food and Agriculture, 39(2): 137-143.

Lim, S.-T., Lee, J.-H., Shin, D.-H. and Lim, H.S., 1999, Comparison of Protein Extraction Solutions for Rice Starch Isolation and Effects of Residual Protein Content on Starch Pasting Properties, Starch, 51(4): 120-125.

Mustafa, A., Aman, P., Andersson, R. and Kamal-Eldin, A., 2007, Analysis of Free Amino Acids in Cereal Products, Food Chemistry, 105: 317-324.

Hagen, S.T., Frost, B. and Augustin, J., 1989, Precolumn Phenylisothiocyanate Derivatization and Liquid Chromatography of Amino Acid in Food, Journal Association of Official Analytical Chemists, 72(6): 912-916.

Ressurrection, A.P., Juliano, B.O. and Tanaka, Y., 1979, Nutrient Content and Distribution in Milling Fractions of Rice Grain, Journal of the Science of Food and Agriculture, 30(5): 475-481.

Wang, H.L., Swain, E.W., Hesseltine, C.W. and Gumbmann, M.R., 1978, Protein Quality of Wild Rice, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 26(2): 309-312.

การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดระหว่างการเก็บรักษา

Study on Quality of Longan Tablet Product during Storage

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1]

Yuenyongputtakal, W.[1] and Limroongreungrat, K.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the quality change of longan tablet product packed in aluminum foil bag stored at room temperature. During 4 weeks of storage time, total plate counts and yeast and mold counts in the products were 2.18-2.54 log cfu/g and 0.70-1.78 log cfu/g, respectively. It was shown that the product was microbiologically safe to consume. L*, a* and b* values of product were slightly change. The a_w values were in a range of 0.52-0.55 and moisture contents were 6.49-7.64%. Longer storage time tended to decrease acceptance sensory scores in all attributes ($p<0.05$) except for taste ($p\geq0.05$). However, the products obtained the overall liking score rated from "neither like nor dislike" to "like slightly" during storage.

Keywords: longan tablet, storage test

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียม-ฟอยล์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและมีปริมาณยีสต์ และรา อยู่ในช่วง 2.18-2.54 log cfu/g และ 0.70-1.78 log cfu/g ตามลำดับ ซึ่งยังปลอดภัยสำหรับการบริโภค ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* และ b* เล็กน้อย ค่า a_w อยู่ในช่วง 0.52-0.55 และปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 6.49-7.64 และระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นมีแนวโน้มทำให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านลดลง ($p<0.05$) ยกเว้นด้านรสชาติ ($p\geq0.05$) อย่างไรก็ตามยังคงได้รับคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงชอบเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา

คำสำคัญ: ลำไยอัดเม็ด การทดสอบการเก็บรักษา

คำนำ

ก่อนผลิตภัณฑ์อาหารจะถึงมือผู้บริโภค อาจต้องผ่านการเก็บรักษาในเวลาที่แตกต่างกัน บางผลิตภัณฑ์แม้เก็บรักษาเป็นเวลานานแต่คุณภาพไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก หรือยังคงสามารถรักษาคุณภาพให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ สำหรับผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่มีความชื้นและค่า a_w ต่ำ มีโอกาสปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ อย่างไรก็ตามชนิดของส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อัดเม็ดอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่มีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาได้ เช่น กรณีผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่ใช้ผลไม้ผงเป็นวัตถุดิบหลัก องค์ประกอบทางเคมี เช่น ปริมาณน้ำตาล กรดชนิดต่างๆ ของผลไม้ที่ใช้ก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอย่างมาก นอกจากนี้ในผลิตภัณฑ์อัดเม็ดอาจมีการเติมสารต่างๆ ร่วมด้วย เช่น สารที่มีสมบัติเป็นสารเจือจาง (Diluent) สารยึดเกาะ (Binder) และสารหล่อลื่น (Lubricant) ซึ่งก็อาจมีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาได้เช่นกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดระหว่างการเก็บรักษาเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่อไป

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

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

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากลำไยผง โดยใช้ส่วนผสมดังนี้ ใช้ลำไยผงร้อยละ 75 น้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 23 แป้งข้าวโพดร้อยละ 2 และซิลิคอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักส่วนผสม และเติมน้ำกลั่นลงไปในส่วนผสมอีกร้อยละ 10 (w/v) กำหนดน้ำหนักเท่ากับ 0.53 ± 0.01 กรัมต่อ 1 เม็ด และนำไปอัดเม็ดโดยใช้เครื่องตอกเม็ด แล้วบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ได้ในถุงอะลูมิเนียม-ฟอยด์ ถุงละ 10 เม็ด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างทุกสัปดาห์นำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (AOAC, 1990) ค่าสี (L* a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) ค่า Water activity (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยทดสอบความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติและความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทดสอบโดยวิธี 9-point hedonic scale วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design: CRD) สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพทุกด้าน ยกเว้นการประเมินด้านประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพอาหารเพื่อยืนยันความปลอดภัยต่อการบริโภคอาหารได้ ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ของผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดระหว่างการเก็บรักษา พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ยังคงมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และราไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ในผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน คือ ในผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองอัดเม็ด ที่กำหนดไว้ว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1.0 $\times 10^6$ cfu/g และปริมาณยีสต์และราต้องน้อยกว่า 100 cfu/g (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2550) ตลอดการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และมีปริมาณยีสต์และราอยู่ในช่วง $1.5 \times 10^2 – 3.5 \times 10^2$ cfu/g (2.18-2.54 log cfu/g) และ $0.5 \times 10 – 6.0 \times 10^1$ cfu/g (0.70-1.78 log cfu/g) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ได้แก่ ปริมาณความชื้นของอาหาร สารเคมีในอาหาร ปริมาณออกซิเจน อุณหภูมิในการเก็บ สภาพความเป็นกรดด่าง เป็นต้น (นิธิยา, 2549)

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ค่าสี L* a* และ b* ของผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ด มีค่าอยู่ในช่วง 79.83-81.69, 5.06-5.61 และ 15.06-15.66 ตามลำดับ (Table 1) โดยจะเห็นว่าในระหว่างการเก็บรักษา ค่าสี L* a* และ b* ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีมากนัก ทั้งนี้เนื่องมาจากการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ไว้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ปิด สนิท จึงสามารถป้องกันอากาศ ความชื้น และแสง ที่จะมาทำให้สีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปได้ ค่า a_w มีบทบาทสำคัญมากสำหรับการแปรรูปอาหารและการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่า a_w เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ โดยแบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.7 (รุ่งนภา และ ไพศาล, 2545) ตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดมีค่า a_w ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$, Table 1) โดยมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.52-0.55 ซึ่งยังคงมีค่า a_w ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ในผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน คือ ในผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองอัดเม็ด ที่กำหนดไว้ว่า ค่า a_w ต้องไม่เกิน 0.6 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2550) ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้น โดยมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 6.49-7.64 โดยปกติค่า a_w และปริมาณความชื้นมักมีความสัมพันธ์กัน โดยเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้น ค่า ปริมาณความชื้นก็เพิ่มขึ้นด้วย แต่เป็นการเพิ่มแบบไม่เป็นเส้นตรง อย่างไรก็ตามจากการทดลองจะเห็นว่า ค่า a_w และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก อาจเป็นผลจากการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถช่วยป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ (รุ่งนภา และ ไพศาล, 2545)

ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (5.21-5.51) และด้านเนื้อสัมผัส (5.75-5.96) และด้านความชอบโดยรวม (5.59-6.30) อยู่ในระดับเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ส่วนคะแนนความชอบด้านสี (5.98-6.25) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย คะแนนความชอบด้านรสชาติ (6.68-6.80) อยู่

ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ทั้งนี้พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีแนวโน้มทำให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านลดลง ($p<0.05$, Table 2) ยกเว้นด้านรสชาติ ($p\geq0.05$) ทั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าสี และความชื้นที่พบว่ามีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยนั้น แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ กล่าวคือผลิตภัณฑ์มีสีเปลี่ยนไป และมีความชื้นมากขึ้นส่งผลให้ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไปซึ่งมีแนวโน้มให้ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์น้อยลง

สรุปผล

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ด เมื่อบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ พบว่าตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* และ b* เล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ยังคงรักษาปริมาณความชื้นและค่า a_w ในระดับเหมาะสมได้ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่เทียบเคียง ซึ่งแสดงว่าปลอดภัยสำหรับการบริโภค ระยะเวลาการเก็บรักษามีแนวโน้มทำให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านลดลง ($p<0.05$) ยกเว้นด้านรสชาติ ($p\geq0.05$) อย่างไรก็ตามยังคงได้รับคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา

Table 1 Color values, water activity and moisture contents of longan tablets at different storage time

Storage time (week)	L*	a*	b*	a_w^{ns}	Moisture content (%)
0	81.69^{a}	5.29^{b}	15.26^{cd}	0.525	6.90^{c}
1	80.4^{b}	5.23^{bc}	15.59^{ab}	0.257	7.10^{b}
2	80.33^{b}	5.56^{a}	15.39^{bc}	0.537	7.60^{a}
3	80.31^{b}	5.06^{c}	15.66^{a}	0.544	7.59^{a}
4	79.83^{c}	5.61^{a}	15.06^{d}	0.549	7.64^{a}

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

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

Table 2 Sensory scores of longan tablets at different storage time

Storage time (week)	Mean±SD				
	Appearance	Color	Taste^{ns}	Texture	Overall acceptance
0	5.50^{a} ± 0.01	6.10^{a} ± 0.05	6.80 ± 0.01	5.96^{a} ± 0.03	6.30^{a} ± 0.02
1	5.51^{a} ± 0.03	6.20^{a} ± 0.02	6.70 ± 0.02	5.78^{b} ± 0.03	6.23^{a} ± 0.03
2	5.34^{b} ± 0.02	6.25^{a} ± 0.04	6.75 ± 0.02	5.75^{b} ± 0.04	5.70^{b} ± 0.02
3	5.24^{b} ± 0.04	6.01^{b} ± 0.02	6.68 ± 0.02	5.76^{b} ± 0.02	5.76^{b} ± 0.01
4	5.21^{b} ± 0.03	5.98^{b} ± 0.01	6.71 ± 0.03	5.69^{b} ± 0.04	5.59^{b} ± 0.04

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

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

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549, หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช), 2550, มาตรฐานผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองอัดเม็ด, [สืบค้น], http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps1405_50.pdf. [17/November/2010].

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต และ ไพศาล วุฒิจำนงค์, 2545, water activity กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร [สืบค้น], http:// www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=12 [05/July/2011]

AOAC, 1990, Official Method of Analysis, Arlington, Viyginia, USA.

ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการสร้างตาดอกขององ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon
Effects of Paclobutrazol on Flower Bud Formation of 'Cabernet Sauvignon' Grape

ฉัตรชัย หล่าบรรเทา[1] **สุรศักดิ์ นิลนนท์**[1] **ลพ ภวภูตานนท์**[2] **และ ประศาสตร์ เกื้อมณี**[3]
La-bantao, C.[1], Nilnond, S.[1], Phavaphutanon, L.[2] and Kermanee, P.[3]

Abstract

The aim of this research was to reveal the effects of paclobutrazol on flower bud formation of 'Cabernet Sauvignon' grape. Paclobutrazol at the concentrations of 0, 0.25, 0.5 and 0.75 g a.i./vine were applied by soil application at 5 to 7-leaf stage. Percentage of fruitful bud was studied by paraffin techniques. The experiment was conducted at vineyard, Dong Charoen District, Phichit Province from May, 2011 to October, 2011. The results showed that vines were treated by paclobutrazol at the concentration of 0.75 g a.i./vine gave higher percentage of fruitful buds at bud positions 4 to 12 (count form base) than the untreated vine. The treated vines with paclobutrazol at the concentration of 0.75 g a.i./vine gave percentage of fruitful bud between 20.6-65.6% whereas the untreated gave percentage of fruitful bud between 6.8-33.2% and the recommended level of pruning in the treated 'Cabernet Sauvignon' grapevines with paclobutrazol at the concentration of 0.75 g a.i./vine was 7-9 node/cane

Keywords: grape, paclobutrazol, flower bud formation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการสร้างตาดอกขององ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ด้วยการราดสารพาโคลบิวทราโซลที่ความเข้มข้น 0 0.25 0.5 และ 0.75 กรัม a.i./ต้น ที่ระยะแตกตาใหม่มีใบ 5-7 ใบ และเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ตาดอกโดยใช้เทคนิคพาราฟิน ทำการทดลองที่สวนองุ่นในอำเภอดงเจริญ จังหวัดพิจิตร ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2554 ถึงเดือนตุลาคม 2554 พบว่าต้นองุ่นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 0.75 กรัม a.i./ต้น มีเปอร์เซ็นต์การเกิดช่อดอกของตาตำแหน่งที่ 4 ถึง 12 มากกว่าต้นองุ่นที่ไม่ได้รับสาร โดยต้นองุ่นที่ได้รับสารพาโคบิวทราโซลความเข้มข้น 0.75 กรัม a.i./ต้น มีเปอร์เซ็นต์การเกิดช่อดอกของตาตำแหน่งที่ 4 ถึง 12 อยู่ระหว่าง 20.6-65.6 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ต้นองุ่นที่ไม่ได้รับสารพาโคบิวทราโซล มีเปอร์เซ็นต์การเกิดช่อดอกของตาตำแหน่งที่ 4 ถึง 12 อยู่ระหว่าง 6.8-33.2 เปอร์เซ็นต์ และตำแหน่งที่เหมาะสมในการตัดแต่งกิ่งองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ได้รับสารพาโคบิวทราโซลความเข้มข้น 0.75 กรัม a.i./ต้นนั้น ควรตัดแต่งให้เหลือ 7-9 ตาต่อกิ่ง

คำสำคัญ: องุ่น พาโคลบิวทราโซล การสร้างตาดอก

คำนำ

องุ่นเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของโลก โดยมีพื้นที่ปลูกประมาณ 44,987,019 ไร่ กระจายอยู่ใน 87 ประเทศทั่วโลก (FAO, 2010) สำหรับในประเทศไทยนั้น มีพื้นที่การปลูกองุ่นทั่วประเทศประมาณ 28,742 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่สำหรับปลูกองุ่นชนิดรับประทานสดประมาณ 90-95 เปอร์เซ็นต์ และองุ่นทำไวน์อีกประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากองุ่นจะใช้รับประทานสดแล้ว ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้มากมาย อาทิเช่น องุ่นตากแห้ง (ลูกเกด) น้ำคั้น แยม องุ่นบรรจุกระป๋อง รวมถึงไวน์ ซึ่งเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่นิยมบริโภคกันทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยด้วย (สุรศักดิ์, 2547; Nilnond, 2001) ปัจจุบันองุ่นที่ใช้ทำไวน์ได้รับความนิยมและมีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากโรงงานที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตไวน์ นั้นมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น สำหรับพันธุ์องุ่นทำไวน์ที่นิยมปลูกมีอยู่

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ** 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agricultural, Kasetsart University, Bangkok, 10900
[2] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม** 73140
[2] Department of Horticulture, Faculty of Agricultural at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140
[3] **ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ** 10900
[3] Department of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, 10900

ด้วยกันหลายพันธุ์ อาทิเช่น Chenin blanc และ Chardonay ใช้สำหรับทำไวน์ขาว Shiraz และ Cabernet Sauvignon ใช้สำหรับทำไวน์แดง ซึ่งองุ่นทำไวน์ดังกล่าวเป็นที่นิยมของผู้บริโภคมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon สามารถนำไปผลิตไวน์ที่ให้คุณภาพสูง ฝาดมาก ไวน์มีสีม่วงแดง นิยมนำไปผสมกับไวน์แดงพันธุ์ต่างๆ (Galet, 1980) อย่างไรก็ตามการผลิตองุ่นทำไวน์ยังมีปัญหาในเรื่องผลผลิตต่อไร่ที่ยังค่อนข้างต่ำ และการให้ผลผลิตในแต่ละครั้งก็ไม่ค่อยสม่ำเสมอ ส่งผลให้มีผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมการผลิตไวน์ ซึ่งสาเหตุสำคัญก็คือ ความแข็งแรงและความสมบูรณ์ของต้นองุ่น ส่งผลต่อการสร้างตาดอกในกิ่ง รวมถึงการตัดแต่งกิ่งที่ไม่ถูกต้อง ด้วยเหตุนี้เมื่อทำการตัดแต่งกิ่งจึงทำให้ได้ผลผลิตน้อยและไม่สม่ำเสมอในบางครั้ง ถ้าหากมีการจัดการให้ต้นองุ่นมีความสมบูรณ์ และกิ่งมีการสะสมอาหารที่เพียงพอ รวมถึงการวางแผนตัดแต่งกิ่งที่ดีและเหมาะสม จะส่งผลให้การตัดแต่งกิ่งในครั้งถัดไปให้ผลผลิตสูงและสม่ำเสมอ

สำหรับสาร Paclobutrazol นั้นจัดเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืช (plant growth retardants) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม Triazol ช่วยยับยั้งการสร้างฮอร์โมนจิบเบอเรลลินในพืช จึงมีผลลดการยืดตัวของเซลล์ ทำให้ปล้องสั้น ใบหนา เขียวเข้ม กระตุ้นการออกดอกได้ (Chadha และ Shikhamany, 1999) ดังนั้นการศึกษาผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่มีต่อองุ่นจึงอาจเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการราดสาร Paclobutrazol ที่โคนต้นองุ่นทำไวน์พันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่มีการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ใกล้เคียงกันจำนวน 144 ต้น วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RBD) โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ต้นองุ่น 12 ต้น ได้แก่

ทรีทเมนต์ที่ 1 (T_1)	ราดสาร Paclobutrazol ความเข้มข้น 0 กรัม (Control)
ทรีทเมนต์ที่ 2 (T_2)	ราดสาร Paclobutrazol ความเข้มข้น 0.25 กรัม a.i./ ต้น
ทรีทเมนต์ที่ 3 (T_3)	ราดสาร Paclobutrazol ความเข้มข้น 0.5 กรัม a.i./ ต้น
ทรีทเมนต์ที่ 4 (T_4)	ราดสาร Paclobutrazol ความเข้มข้น 0.75 กรัม a.i./ ต้น

โดยในแต่ละ Treatment ตัดแต่งกิ่งให้เหลือตาไว้ 2-3 ตา (back pruning) ในวันที่ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2554 แล้วทำการราดสาร Paclobutrazol เมื่อตาที่แตกมาใหม่มีใบ 5-7 ใบ (วันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2554 หรือ 2 สัปดาห์หลังตัดแต่งกิ่ง) ทำการเก็บตัวอย่างส่วนของตาองุ่นหลังตัดแต่งกิ่งไปแล้ว 18 สัปดาห์ โดยเก็บตั้งแต่ตำแหน่งตาที่ 4-12 นับจากโคนกิ่ง เพื่อศึกษาการสร้างตาดอกขององุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ด้วยเทคนิคพาราฟิน โดยนำตาองุ่นไปแช่น้ำยาฆ่าและคงสภาพเนื้อเยื่อ Formalin Acetic Alcohol 50% (FAA 50%) แล้วนำไปทำสไลด์ถาวร ตามวิธีการของ Johansen (1940) และ ประศาสตร์ (2549) โดยตัดตัวอย่างให้มีความหนาไม่เกิน 25 ไมครอน ถ่ายภาพและบันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่พบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าต้นองุ่นที่ราดด้วยสารพาโคลบิวทราโซลในปริมาณ 0.75 กรัม a.i. ต่อต้น จะมีเปอร์เซ็นต์ช่อดอกต่อตาแตกต่างกันทางสถิติจากต้นที่ไม่ได้ราดสารในตำแหน่งตาที่ 4 ถึงตาที่ 12 โดยต้นองุ่นที่ราดด้วยสารพาโคลบิวทราโซลในปริมาณ 0.75 กรัม a.i. ต่อต้นนั้นมีเปอร์เซ็นต์ช่อดอกต่อตาสูงที่สุด ซึ่งอยู่ระหว่าง 20.6-65.6 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่าต้นที่ไม่ได้ราดสาร (เปอร์เซ็นต์ช่อดอกต่อตาระหว่าง 6.8-33.2 เปอร์เซ็นต์) (Figure 1) ในส่วนของการสร้างตาดอกขององุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ตรวจสอบโดยใช้เทคนิคพาราฟิน พบว่าตาในตำแหน่งที่ 7-9 มีการสร้างตาดอกมากกว่าตาในตำแหน่งอื่นๆ โดยตาที่มีช่อดอกและไม่มีช่อดอกจะมีลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจน (Figure 2) สำหรับตำแหน่งที่เหมาะสมของการตัดแต่งกิ่งองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ได้รับสารพาโคบิวทราโซลความเข้มข้น 0.75 กรัม a.i./ต้นนั้น ควรตัดแต่งให้เหลือ 7-9 ตาต่อกิ่ง

วิจารณ์ผล

การใช้สารพาโคลบิวทราโซลในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดช่อดอกเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าองุ่นมีอาหารสะสมมากขึ้น (สุรทิน, 2553) รวมทั้งการสร้างฮอร์โมนจิบเบอเรลลินที่ลดลงเนื่องมาจากพาโคลบิวทราโซลเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการสร้างฮอร์โมนจิบเบอ

เรลลินในพืช ซึ่งฮอร์โมนดังกล่าวจะยับยั้งการสร้างตาดอก โดยชักนำให้พัฒนาเป็นมือเกาะแทน (พีรเดช, 2529; Williams, 2000) นอกจากนี้การตัดแต่งกิ่งที่ถูกต้องก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถกำหนดปริมาณของช่อดอกได้ จากการทดลองพบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมของการตัดแต่งกิ่งองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon นั้นควรจะอยู่ที่ 7-9 ตา นับจากโคนกิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Jackson และ Schuster (1987) ที่ว่าองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon นั้นเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่ำ แต่สามารถเพิ่มผลผลิตได้หากมีการตัดแต่งกิ่งที่ถูกต้องและเหมาะสม โดยแนะนำให้ตัดกิ่งแบบปานกลางจนถึงแบบยาว

สรุปผล

เปอร์เซ็นต์การเกิดตาดอกขององุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลในระดับความเข้มข้น 0.75 กรัม a.i. ต่อต้นนั้นมากที่สุด ซึ่งอยู่ระหว่าง 20.6-65.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นองุ่นที่ไม่ได้รับสารพาโคบิวทราโซล ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดช่อดอกอยู่ระหว่าง 6.8-33.2 เปอร์เซ็นต์ และตำแหน่งที่เหมาะสมของการตัดแต่งกิ่งองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลในระดับความเข้มข้น 0.75 กรัม a.i. ต่อต้นนั้นควรจะอยู่ที่ 7-9 ตา นับจากโคนกิ่ง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณบริษัทชาละวันไวน์เนอรี่ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

ประศาสตร์ เกื้อมณี, 2549, เทคนิคเนื้อเยื่อพืช, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีรเดช ทองอำไพ, 2529, ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย, ไดนามิคการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สุรทิน ใจดี, 2553, ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อผลผลิตและคุณภาพขององุ่นรับประทานผลสดในเขตร้อนชื้น, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

สุรศักดิ์ นิลนนท์, 2547, เทคโนโลยีการผลิตองุ่นเพื่อรับประทานสด, เอกสารประกอบการฝึกอบรม, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Chadha, K.L. and Shikhamany, S.D., 1999, The Grape: Improvement, Production and Postharvest Management, Malhotra Publishing House, New Delhi, India.

FAO, 2010, FAO: Statistics. [Online], Available: http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx3ancor [June 8, 2012].

Galet, P., 1980, A Practical Ampelography Grapevine Identification, 2^{nd} (eds), Unitied Kingdom by Cornell university Press Ltd, London.

Jackson, D.I. and Schuster, D., 1987, The Production of Grape and Wine in Cool Climates, Butterworths of New Zealand Ltd, Christchurch, New Zealand.

Johansen, A., 1940, Plant Microtechniques. Mc Graw Hill Book Co. New York.

Nilnond, S., 2001, Grape Production in Thailand, In M.K. Papademetriou and Dent, F.J., eds, Grape Production in the Asia-pacific Region, FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, 70-79 p.

Williams, L.E., 2000, Bud Development and Fruitfulness of Grapevines, In Christensen, L.P., eds, Raisin Production Manual, University of California, Oakland, 24-29 p.

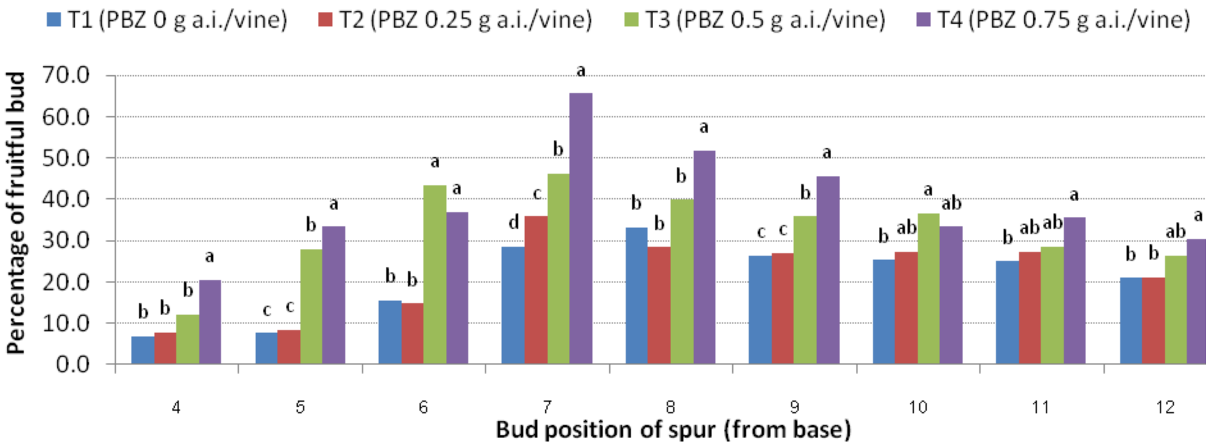


Figure 1 Percentage of fruitful bud per node along spur at 18 weeks after pruning. There is no significant difference ($P < 0.05$) between columns in bud position having the same letter.

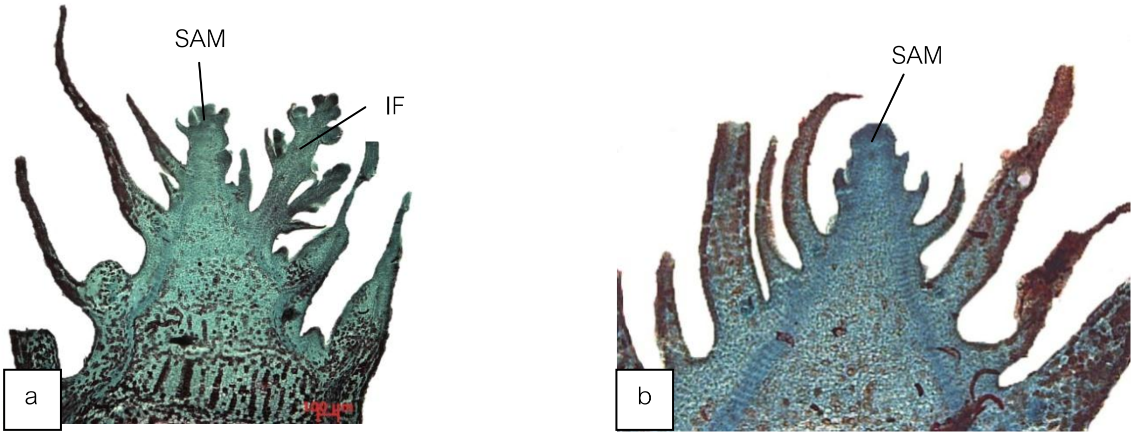


Figure 2 Longitudinal section through dormant bud showing flower bud (a) and leaf bud (b). IF, Inflorescence; SAM, shoot apical meristem.

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และการใช้ร่วมกันที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพผลของน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง ที่ปลูกบนดินคล้ายชุดดินมาบบอนที่มีเนื้อร่วนหยาบ

Effects of Organic Fertilizer, Chemical Fertilizer and Their Combinations on Yield and Quality of Atemoya (*Annona atemoya* Hort.) cv. Petch Pakchong, Grown on Map Bon, Coarse-loamy Variant Soil

กิ่งกานท์ พานิชนอก[1] สกล ฉายศรี[2] เอ็จ สโรบล[3] เรืองศักดิ์ กมขุนทด[4] สุปราณี งามประสิทธิ์[5] พชรดา ฉายศรี[2] และ ประภาส ช่างเหล็ก[6]

Panitnok, K.[1], Chaisri, S.[2], Sarobol, E.[3], Komkhuntood, R.[4], Ngamprasitthi, S.[5], Chaisri, P.[2] and Changlek, P.[6]

Abstract

The application of organic and chemical fertilizer had effect on yield and quality of fruit. The atemoya, Petch Pakchong cultivar was grown on Map Bon, coarse-loamy variant, to evaluated the effects of organic and chemical fertilizer on the yield and quality of the four year-old atemoya. The experiment was laid out in a randomized complete block design with 3 replications during October 2005 to September 2006. There were 12 treatments consisted of no application fertilizer, application of chemical fertilizer, application of organic fertilizer and combination of chemical and organic fertilization. The results showed that the different rates of organic fertilizer or chemical fertilizer gave differences in total fresh fruit weight and number of fruit per plant but fruit weight and sweetness were no significant different. The combination of 6.5 kg of duck manure and 4 kg of 15-15-15 per plant gave higher total fresh fruit weight per plant than only duck manure and only 4 kg of 15-15-15 fertilizer. The combination of 6.5 kg of pig manure and 4 kg of 15-15-15 fertilizer per plant gave higher fruit number per plant than control treatment, only pig manure and only 15-15-15 treatments. All fertilization treatments gave not significant different of sweetness. However, the 6.5 kg of pig manure per plant tended to gave the maximum sweetness (15.75% brix). Pig manure and 15-15-15 fertilizer treatment gave the highest net profit by 70,713.85 baht per rai (441,961.56 baht per hectare).

Keywords: fertilizer, yield, atemoya, Map Bon

บทคัดย่อ

การศึกษาอัตราของปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และการใช้ร่วมกันที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพผลของน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่องอายุ 4 ปี ที่ปลูกบนดินคล้ายชุดดินมาบบอนที่มีเนื้อร่วนหยาบ ทำการทดลองที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 3 ซ้ำ ทำการทดลองระหว่าง เดือน ตุลาคม 2548 ถึง เดือน กันยายน 2549 ประกอบด้วยการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว และการใส่ปุ๋ยร่วมกันระหว่างปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ทั้งหมด 12 ตำรับการทดลอง ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยเคมีที่ให้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตราส่วนและปริมาณต่างๆ มีผลทำให้ น้ำหนักผลทั้งหมดต่อต้น และจำนวนผลต่อต้น แตกต่างกันทางสถิติ แต่ไม่มีผลทำให้น้ำหนักต่อผล และความหวาน แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยมูลเป็ด อัตรา 6.5 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 4 กิโลกรัมต่อต้น แสดงค่าน้ำหนักผลทั้งหมดต่อต้นสูงกว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยมูลสุกร อัตรา 6.5 กิโลกรัมต่อต้นร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 4 กิโลกรัมต่อต้น แสดงค่าจำนวนผลต่อต้นสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยมูลสุกร และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยมูลสุกร อัตรา 6.5 กิโลกรัมต่อต้นมีแนวโน้มให้ค่าความหวานสูงสุด เท่ากับ 15.75% brix การใส่ปุ๋ยมูลเป็ดร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 แสดงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด เท่ากับ 70,713.85 บาทต่อไร่

คำสำคัญ: ปุ๋ย ผลผลิต เพชรปากช่อง มาบบอน

---

[1] สถานีวิจัยเขาหินซ้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฉะเชิงเทรา 24120

[1] Khao Hin Son Research Station, Kasetsart University, Chachoengsao, Thailand, 24120

[2] สถานีวิจัยลพบุรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลพบุรี 15250

[2] Lop Buri Research Station, Kasetsart University, Lop-Buri, Thailand, 15250

[3] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร 10900

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

[4] สถานีวิจัยปากช่อง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา 30130

[4] Pakchong Research Station, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima, Thailand, 30130

[5] สถานีวิจัยพืชไร่สุวรรณวาจกกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา 30320

[5] Suwanwajokkasikit Field Crops Research Station, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima, Thailand, 30320

[6] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพชรบูรณ์ 67270

[6] Agro-Ecological System Research and Development Institute, Kasetsart University, Phetchabun, Thailand, 67270

คำนำ

น้อยหน่าจัดได้ว่าเป็นพืชที่ปลูกง่าย ขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิด ทนแล้งได้ดี ต้องการอากาศที่ค่อนข้างแห้งแล้งในระยะระหว่างการออกดอก ซึ่งจะช่วยในการติดผลดีขึ้น มีขนาดใหญ่ และคุณภาพที่ดีกว่า นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่มีระบบรากตื้น แต่ต้องมีการระบายน้ำดี ในปัจจุบันได้มีการปลูกน้อยหน่ากันอย่างกว้างขวาง สามารถทำรายได้ให้กับประเทศได้เป็นจำนวนมาก น้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,000-2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาผลผลิตภายในประเทศเฉลี่ย 30-40 บาท/กิโลกรัม ปริมาณและมูลค่าการส่งออก (สด) ในปี 2551 และ 2552 คือ 7,066 และ 7,637 เมตริกตัน มูลค่า 220.83 และ 231.81 ล้านบาท ตามลำดับ ปริมาณและมูลค่าการนำเข้า (สด) ในปี 2551 และ 2552 คือ 2,072 และ 516 เมตริกตัน มูลค่า 40.85 และ 10.43 ล้านบาท ตามลำดับ อย่างไรก็ตามดินที่จะปลูกน้อยหน่าให้เจริญเติบโต ผลดกและได้ผลดีคือ ดินร่วนปนทราย หรือดินดำร่วนซุย ซึ่งเป็นดินที่มีธาตุอาหารของพืชมาก หากเป็นดินทรายจัดควรมีการเพิ่มอินทรียวัตถุหรือปุ๋ยคอกลงไป เพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินและยังเป็นการช่วยรักษาความชุ่มชื้นในดินให้ดีขึ้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของปุ๋ยและปริมาณที่ใส่ให้กับต้นน้อยหน่าที่ปลูกในชุดดินคล้ายชุดดินมาบบอนซึ่งเป็นตัวแทนของดินเนื้อหยาบ เพื่อเพิ่มผลผลิตและขยายโอกาสในการส่งออกสู่ตลาดอาเซียนและลดการนำเข้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการปลูกน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง ณ แปลงทดลอง สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ที่ได้จากการขยายพันธุ์โดยการต่อกิ่งบนต้นตอน้อยหน่าพันธุ์หนังเขียว อายุประมาณ 4 ปี โดยเลือกต้นที่มีขนาดใกล้เคียงกัน โดยใช้ระยะปลูก 3x4 เมตร วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) มี 7 ทรีตเมนต์ๆ ละ 2 ต้น 3 ซ้ำ จำนวน 72 ต้น โดย T1= ไม่ใส่ปุ๋ย, T2-T3 = ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15, สูตร 8-10-5 อัตรา 4 กก./ต้น (แบ่งใส่ 2 ครั้ง ที่อายุ 1 และ 2 เดือนหลังตัดแต่ง) ตามลำดับ, T4-T8= ใส่ปุ๋ยมูลเป็ด, มูลไก่, มูลสุกร, มูลโคเนื้อ และมูลค้างคาว อัตรา 6.5 กก./ต้น (ใส่ 1 ครั้ง ที่อายุ 1 เดือนหลังตัดแต่ง) ตามลำดับ, T9-T12 = ใส่ปุ๋ยมูลเป็ด, มูลไก่, มูลสุกร และมูลโคเนื้อ อัตรา 6.5 กก./ต้น (ใส่ 1 ครั้ง ที่อายุ 1 เดือนหลังตัดแต่ง)ร่วมกับใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 4 กก./ต้น (แบ่งใส่ 2 ครั้ง ที่อายุ 1 และ 2 เดือนหลังตัดแต่ง) ตามลำดับ ในช่วงเริ่มปลูกใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 2 กก./หลุมเป็นปุ๋ยรองพื้น เมื่อทำการตัดแต่งกิ่งน้อยหน่า ใส่ปุ๋ยตามตำรับต่างๆ ตามที่ได้กล่าวข้างต้น โดยให้น้ำแบบอาศัยน้ำฝน ดินก่อนการทดลองมีความเป็นกรดจัด ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับค่อนข้างสูง ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง เนื้อดินจัดอยู่ในกลุ่มดินเนื้อหยาบ ประเภททรายร่วน (loamy sand) ความหนาแน่นรวมค่อนข้างสูง สภาพนำน้ำขณะอิ่มตัวจัดว่าอยู่ในช่วงช้าปานกลาง

ผลการทดลอง

น้ำหนักผลสด การใส่และไม่ใส่ปุ๋ยไม่มีผลทำให้น้ำหนักผลแตกต่างกัน (Table 1) โดยต้นที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 มีแนวโน้มให้น้ำหนักผลต่อต้นมากที่สุด เท่ากับ 787.50 กรัมต่อผล ขณะที่ต้นที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ หรือใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักต่อผล เท่ากับ 715.33 และ 548.67 กรัม ตามลำดับ ส่วนต้นที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีน้ำหนักผลเท่ากับ 721.00 กรัมต่อผล

น้ำหนักผลทั้งหมด การใส่และไม่ใส่ปุ๋ยมีผลทำให้น้ำหนักผลทั้งหมดแตกต่างกัน (Table 1) โดยต้นที่ใส่ปุ๋ยมูลเป็ดร่วมกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 มีน้ำหนักผลทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 16.77 กิโลกรัมต่อต้น (2,297.49 กิโลกรัมต่อไร่) ขณะที่ต้นที่ใส่ปุ๋ยมูลเป็ด หรือใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักผลทั้งหมด เท่ากับ 14.12 และ 8.23 กิโลกรัมต่อต้น (1,934.44 และ 1,127.51 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ ส่วนต้นที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลย มีน้ำหนักผลทั้งหมด 11.46 กิโลกรัมต่อต้น (1,570.02 กิโลกรัมต่อไร่)

จำนวนผลทั้งหมด การใส่และไม่ใส่ปุ๋ยมีผลทำให้จำนวนผลทั้งหมดแตกต่างกัน (Table 1) โดยต้นที่ใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 มีจำนวนผลทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 38.67 ผลต่อต้น ขณะที่ต้นที่ใส่ปุ๋ยมูลสุกร หรือใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เพียงอย่างเดียวมีจำนวนผลทั้งหมด เท่ากับ 18.67 และ 13.00 ผลต่อต้น ตามลำดับ ส่วนต้นที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลย มีจำนวนผลทั้งหมด เท่ากับ 26.67 ผลต่อต้น

ความหวาน การใส่และไม่ใส่ปุ๋ยไม่มีผลทำให้ความหวานของผลแตกต่างกัน (Table 1) โดยต้นที่ใส่ปุ๋ยมูลเป็ดเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มให้ความหวานของผลมากที่สุด เท่ากับ 15.75% brix ขณะที่ต้นที่ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เพียงอย่างเดียวและต้นที่ไม่การใส่ปุ๋ยเลยมีแนวโน้มให้ค่าความหวานของผล เท่ากับ 14.45 และ 14.64% brix ตามลำดับ

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ค่าประมาณการต้นทุนในการผลิตมีค่าตั้งแต่ 10,850-21,185.75 บาทต่อไร่ ผลกำไรมีค่าตั้งแต่ 20,194.25-70,713.85 บาทต่อไร่ โดยการใส่ปุ๋ยมูลเป็ดร่วมกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 ให้กำไรมากที่สุด เท่ากับ 70,713.85 บาทต่อไร่ (Table 2)

วิจารณ์ผล

สภาพของดินก่อนทำการทดลองมีธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมค่อนข้างสูงเพียงพอต่อการสร้างดอกและผล จึงทำให้การใส่ปุ๋ยเพิ่มในอัตราต่าง ๆ ลงไปในดินส่งผลให้พืชสร้างขนาดของผลที่ไม่แตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ย นอกจากนี้พันธุ์

พืชก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่กระทบต่อการกำหนดขนาดของผลพืชนั้นๆ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุกชนิดร่วมกับปุ๋ยเคมีให้กับต้นน้อยหน่า มีแนวโน้มในการเพิ่มน้ำหนักของผลได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว เนื่องจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการปรับปรุงกายภาพของดิน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีสูตรของปริมาณธาตุอาหารที่ชัดเจนมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการปลูกพืช (ทัศนีย์ และ ประทีป, 2554) กวิศร์ และ สุชาดา (2550) รายงานว่า ความกว้างและความยาวผล น้ำหนักและปริมาตรผล เป็นลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ของน้อยหน่าลูกผสม 5 พันธุ์ การใส่ปุ๋ยมูลเป็ดร่วมกับปุ๋ยเคมีแสดงน้ำหนักผลทั้งหมด(ผลผลิต)สูงสุดแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยมูลเป็ด และปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวให้น้ำหนักผลทั้งหมดเพิ่มขึ้น 18.8 และ 103.8% ตามลำดับ เนื่องจากน้อยหน่าได้รับธาตุอาหารทั้งจากปุ๋ยมูลเป็ดที่มีธาตุอาหารค่อนข้างสูงและเหมาะสมแล้วยังได้เพิ่มจากปุ๋ยเคมีที่ใส่ร่วมด้วย จึงช่วยเพิ่มการสะสมอาหารในผลได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ยมูลเป็ดหรือปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ขณะที่ อุสุมา และคณะ (2552) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 1.0 kg N ร่วมกับโพแทสเซียม 0.5 kg K_2O มีผลต่อการสร้างเนื้อผลทำให้น้ำหนักผลน้อยหน่าสูงสุด การใส่ปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับปุ๋ยเคมีแสดงจำนวนผลต่อต้นเพิ่มขึ้น 107.1 และ 197.5% แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยมูลสุกร และปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ตามลำดับ จากงานทดลองการใส่ปุ๋ยมูลสุกรที่มีธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ค่อนข้างสูงร่วมกับปุ๋ยเคมี จึงเป็นการเพิ่มธาตุทั้งสองอย่างเหมาะสมให้กับต้นน้อยหน่ามีการเจริญเติบโต สร้างกระบวนการสังเคราะห์แสงได้แป้งและน้ำตาล และกระบวนการสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโต ช่วยในการติดผล และขนาดของผล เพิ่มขึ้น (สมบุญ, 2548) ขณะที่ อุสุมา และคณะ (2552) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 1.0 kg N ร่วมกับโพแทสเซียม 0.5 kg K_2O ทำให้จำนวนการติดผลต่อต้นของน้อยหน่าเพชรปากช่องสูงสุด นอกจากนี้ กวิศร์ และ จิราภา (2553) รายงานว่า จำนวนใบและพื้นที่ใบของน้อยหน่าพันธุ์เนื้อทองมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักผล ต้นน้อยหน่าได้รับธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง จุลธาตุ จากปุ๋ยมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ ปุ๋ยเคมี การใช้ร่วมกัน หรือจากผลตกค้างที่อยู่ในดิน ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ซึ่งธาตุเหล่านี้มีความสำคัญต่อการสร้างแป้งและน้ำตาลในผลของน้อยหน่า จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ความหวานของผลไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับ อุสุมา และคณะ (2552) รายงานว่า ปุ๋ยไนโตรเจน และโพแทสเซียมไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ที่พบในผลน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง (%TSS; %brix) สำหรับการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ การใส่ปุ๋ยมูลเป็ดร่วมกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 ให้กำไรต่อไร่มากที่สุด โดยมีต้นทุน เท่ากับ 21,185.75 บาทต่อไร่ เมื่อเทียบกับสิ่งทดลองอื่นๆ ในการเลือกใช้ปุ๋ยแต่ละชนิดเพื่อให้เกิดความคุ้มทุน ควรพิจารณาถึง ราคาไม่แพง ปริมาณธาตุอาหาร และสามารถจัดหาได้ง่ายในท้องถิ่น เพื่อลดต้นทุนในการผลิต โดยใช้ข้อมูลจากการวิจัยประกอบในการพิจารณาเบื้องต้น ซึ่งปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุรอง และจุลธาตุที่มีอยู่ในปุ๋ยมูลสัตว์จะแตกต่างกันไป ผันแปรตาม ชนิดและอายุของสัตว์ คุณภาพของอาหารที่ใช้เลี้ยง และสภาพการเก็บรักษาปุ๋ย (คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร, 2553)

สรุปผล

การใส่ปุ๋ยมูลเป็ดอัตรา 6.5 กิโลกรัมต่อต้นร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 4 กิโลกรัมต่อต้น แบ่งใส่ 2 ครั้ง ให้ผลผลิตสูงสุด เฉลี่ย 2,297.49 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลตอบแทนสูงสุด เฉลี่ย 70,713.85 บาทต่อไร่ ในสภาพดินเนื้อหยาบ ต้นทุนการผลิตมีค่าเพิ่มขึ้นตามชนิดและจำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ยให้กับต้นน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง

เอกสารอ้างอิง

กวิศร์ วานิชกุล และ จิราภา ทัดเกษรม, 2553, ผลของสัดส่วนระหว่างใบต่อผลที่มีต่อคุณภาพของผลน้อยหน่าพันธุ์เนื้อทอง. ฐานข้อมูลการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [สืบค้น], http://kucon.lib.ku.ac.th/cgi-bin/KUCON.exe?database=KUCON &search_type=page_s [18/July/12].

กวิศร์ วานิชกุล และ สุชาดา โสดาดี, 2550, การเปรียบเทียบลักษณะใบและผลของน้อยหน่าลูกผสม 5 พันธุ์. ฐานข้อมูลการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [สืบค้น], http://kucon.lib.ku.ac.th/cgi-bin/KUCON.exe?database=KUCON&search_type=page_s. [18/July/12].

คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2553, หน่วยที่ 14 ปุ๋ย. วิชาความอุดมสมบูรณ์ของดิน: รหัสวิชา 09-501-410 [สืบค้น], http://courseware.rmult.ac.th/courses/53/unit1401.htm [20/July/12].

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และ ประทีป วีระพัฒนนิรันดร์, 2554, คู่มือสำหรับเกษตรกรยุคใหม่ ธรรมชาติของดินและปุ๋ย. โครงการรวมพลังพลิกฟื้นผืนดินเกษตรกรไทย. พิมพ์ครั้งที่ 10. หจก.กร ครีเอชั่น, กรุงเทพฯ, 64 หน้า.

ศูนย์สารสนเทศทางการเกษตร, 2552, สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ, 130 หน้า.

อุสุมา ไปมูลเปี้ยม ฉลองชัย แบบประเสริฐ ชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์ และ สุเทพ ทองแพ, 2552, อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทสเซียมที่มีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลน้อยหน่าลูกผสมพันธุ์เพชรปากช่อง ฐานข้อมูลการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [สืบค้น], http://kucon.lib.ku.ac.th/cgi-bin/KUCON.exe?database=KUCON&search_type=page_s [18/July/12].

Table 1 Yield and yield component of Atemoya (*Annona atemoya* Hort.) cv. Petch Pakchong at Khao-Hin-Son Research Station, Chacherngsao Province, 2005-2006.

treatments	Yield and yield component			
	Fruit weight per fruit (g)	Total fruit weight per plant (kg)	Number of fruit per plant	Sweetness (%)
T1 = no fertilizer application (control)	721.00 a	11.46 a-d	26.67 b	14.64 a
T2 = 15-15-15 at the rate of 4 kg per plant (divided 2 time)	548.67 a	8.23 cd	13.00 cd	14.45 a
T3 = 8-10-5 at the rate of 4 kg per plant (divided 2 time)	668.33 a	16.40 a	24.00 bc	14.41 a
T4 = duck manure at the rate of 6.5 kg per plant (1 time)	673.67 a	14.12 abc	21.00 bcd	15.75 a
T5 = chicken manure at the rate of 6.5 kg per plant (1 time)	715.33 a	9.38 bcd	15.00 cd	15.11 a
T6 = pig manure at the rate of 6.5 kg per plant (1 time)	533.00 a	6.00 d	18.67 bcd	14.53 a
T7 = cow manure at the rate of 6.5 kg per plant (1 time)	709.00 a	14.85 ab	21.00 bcd	14.82 a
T8 = bat manure at the rate of 6.5 kg per plant (1 time)	649.55 a	14.73 ab	19.50 bcd	15.70 a
T9 = T4+T2	747.33 a	16.77 a	24.33 bc	14.33 a
T10 = T5+T2	787.50 a	13.44 abc	28.33 b	14.47 a
T11 = T6+T2	724.33 a	8.60 bcd	38.67 a	12.71 a
T12 = T7+T2	732.33 a	8.76 bcd	12.33 d	15.61 a
Mean	684.17	11.90	21.88	14.71
F-test	ns	**	**	ns
CV (%)	14.0	27.7	27.3	7.7

** = Highly significant at the 0.01 probability level. * = significant at the 0.05 probability level. ns = not significant

Table 2 Atemoya production approximate cost and net profit per rai, (baht).

Practice costs	Treatments					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1. soil preparation (3 times)	900	900	900	900	900	900
2. seeds	6850	6850	6850	6850	6850	6850
3. planting & labor	500	500	500	500	500	500
4. manure & labor	0	0	0	1835.75	1835.75	1835.75
5. chemical fertilizer & labor	0	8500	8500	0	0	0
6. weeding (2 times)	600	600	600	600	600	600
7. pruning	500	500	500	500	500	500
8. wrapping	500	500	500	500	500	500
9. harvesting & grade	1000	1000	1000	1000	1000	1000
total	10850	19350	19350	12685.75	12685.75	12685.75
Yield (Kg)	1570.02	1127.51	2246.80	1934.44	1285.06	822.00
Benefit(yield x 40.00 baht)	62800.80	45100.40	89872.00	77377.60	51402.40	32880.00
Net profit (benefit-total cost)	51950.80	25750.40	70522.00	64691.85	38716.65	20194.25
Practice costs	Treatments					
	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1. soil preparation (3 times)	900	900	900	900	900	900
2. seeds	6850	6850	6850	6850	6850	6850
3. planting & labor	500	500	500	500	500	500
4. manure & labor	1835.75	4007.25	1835.75	1835.75	1835.75	1835.75
5. chemical fertilizer & labor	0	0	8500	8500	8500	8500
6. weeding (2 times)	600	600	600	600	600	600
7. pruning	500	500	500	500	500	500
8. wrapping	500	500	500	500	500	500
9. harvesting & grade	1000	1000	1000	1000	1000	1000
total	12685.75	14857.25	21185.75	21185.75	21185.75	21185.75
Yield (Kg)	2034.45	2018.01	2297.49	1841.28	1178.20	1200.12
Benefit(yield x 40.00 baht)	81378.00	80720.40	91899.60	73651.20	47128.00	48004.80
Net profit (benefit-total cost)	68692.25	65863.15	70713.85	52465.45	25942.25	26819.05

Note: Manure price; duck, chicken, pig, cow manure = 1500 baht/ton; bat manure = 4500 baht/ton Chemical fertilizer price; 15-15-15 = 960 baht/50 kg, 8-10-5 = 960 baht/50 kg yield price = 40.00 baht/kg Spacing = 3x4 m; 137 plants/rai Labor cost = 250 baht/daySeed cost = 50 baht/seed Soil preparing cost = 300 baht/rai

T1 = no application fertilizer T2 = application of 15-15-15 chemical fertilizer = 4 kg/ plant (divided 2 times; 1 and 2 month after pruning)

T3 = application of 8-10-5 chemical fertilizer = 4 kg/ plant (divided 2 times; 1 and 2 month after pruning)

T4 = application of duck manure = 6.5 kg/ plant (1 time; 1 month after pruning)

T5 = application of chicken manure = 6.5 kg/ plant (1 time; 1 month after pruning)

T6 = application of pig manure = 6.5 kg/ plant (1 time; 1 month after pruning)

T7 = application of cow manure = 6.5 kg/ plant (1 time; 1 month after pruning)

T8 = application of bat manure = 6.5 kg/ plant (1 time; 1 month after pruning)

T9 = combination of duck manure = 6.5 kg/ plant (1 time; 1 month after pruning) and 15-15-15 chemical fertilizer = 4 kg/ plant (divided 2 times; 1 and 2 month after pruning

T10 = combination of chicken manure = 6.5 kg/ plant (1 time; 1 month after pruning) and 15-15-15 chemical fertilizer = 4 kg/ plant (divided 2 times; 1 and 2 month after pruning

T11 = combination of pig manure = 6.5 kg/ plant (1 time; 1 month after pruning) and 15-15-15 chemical fertilizer = 4 kg/ plant (divided 2 times; 1 and 2 month after pruning

T12 = combination of cow manure = 6.5 kg/ plant (1 time; 1 month after pruning) and 15-15-15 chemical fertilizer = 4 kg/ plant (divided 2 times; 1 and 2 month after pruning

ผลของความร้อนที่มีต่อฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ของพืชตระกูลแตงบางชนิด

Effect of Heat on Antimutagenic Activity of Some Cucurbitaceae

จันทร์เพ็ญ แสงประกาย[1] จันทร์สุดา จริยวัฒนวิจิตร[2] และ ช่อลัดดา เที่ยงพุก[3]

Saengprakai, J.[1], Chudhangkura, A.[2] and Teangpook, C.[3]

Abstract

The antimutagenic properties of methanolic extracts from 8 samples (7 species) of some Cucurbitaceae plants were examined by using a preincubation mutagenicity assay with *Salmonella typhimurium* strain TA98 against the mutagenicity of the heterocyclic amine 3-amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido[4,3-b]indole (Trp-P-1). The activity was evaluated by the amount of plant extracts which suppressed 50% of the mutagenesis. Five plants, Bitter cucumber *(Momordica charantia)*, Ivy Gourd *(Coccinia grandis)*, Pumpkin *(Cucurbita moschata)*, Angled gourd *(Luffa acutangula)*, and Cucumber *(Cucumis sativus)*, showed significant activity with antimutagenic IC_{50} values between 0.2 – 1 mg of plant extract/plate (weak to strong inhibition of mutagenicity of Trp-P-1). However, the potential antimutagenicity of some plants were reduced by heating at 100°C for 20 min.

Keywords: anti-mutagenic activity, Cucurbitaceae, heat treatment

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติต้านการก่อกลายพันธุ์ของพืชตระกูลแตงจำนวน 8 ตัวอย่าง (7 สายพันธุ์) โดยใช้แบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA 98 (ตรวจสอบการเลื่อนของเบส) เป็นตัวทดสอบ ซึ่งทำการทดสอบโดยเติมเอนไซม์ S-9 mix ในหลอดทดลองที่มีสารก่อกลายพันธุ์มาตรฐาน Trp-P-1 (indirect mutagen) ร่วมกับสารสกัดพืชและบ่มให้สารทั้งหมดได้สัมผัสกันเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะใส่แบคทีเรีย จากนั้นประเมินผลเป็นศักยภาพการยับยั้งการกลายพันธุ์ 4 ระดับโดยอิงค่า IC_{50} เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ผลพบว่าสารสกัดผัก 5 ชนิด ได้แก่ มะระขี้นก ผักตำลึง ฟักทอง บวบ และแตงกวา มีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ในระดับอ่อนถึงระดับดี อย่างไรก็ตามเมื่อนำผักไปผ่านกระบวนการให้ความกลับพบว่า การต้ม (อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 20นาที) มีผลในการลดศักยภาพการยับยั้งการกลายพันธุ์ของผักกินใบ แต่การให้ความร้อนโดยวิธีลวกมิได้ส่งผลต่อคุณสมบัติดังกล่าว

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ พืชตระกูลแตง การให้ความร้อน

คำนำ

ในปัจจุบันนี้โรคมะเร็งกำลังเป็นปัญหาสาธารณสุขที่รุนแรงระดับโลก นับเป็นโรคภัยที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรโดยเฉพาะประชากรที่อยู่ในวัยแรงงานและวัยสูงอายุ ในปี 2555 องค์การอนามัยโลกรายงานว่ามีผู้ป่วยโรคมะเร็ง 24.6 ล้านคนทั่วโลก และมีผู้เสียชีวิตจากโรคมะเร็งประมาณ 7 ล้านคนต่อปี แนวโน้มจำนวนผู้ป่วยใหม่และผู้เสียชีวิตจากโรคมะเร็งเพิ่มขึ้นทุกประเทศรวมถึงประเทศไทย สำหรับสถิติการเกิดโรคมะเร็งในประเทศไทยนั้น มะเร็งเป็นสาเหตุการตายสูงสุดอันดับ 1 ของคนไทยอย่างต่อเนื่องมาถึง 10 ปี ตั้งแต่ปี 2543 ประมาณร้อยละ 20 ของผู้เสียชีวิตทุกสาเหตุ มีผลทำให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรทางเศรษฐกิจ บุคลากร รวมทั้งสภาวะด้านจิตใจของผู้ป่วย เป็นอย่างมาก แม้ว่าโรคมะเร็งจะมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายประการ แต่สาเหตุทางด้านอาหารนั้นนับว่าเป็นปัจจัยหลักอันหนึ่งที่สามารถป้องกันได้ องค์การอนามัยโลกได้ประเมินว่าร้อยละ 30-40 ของกรณีการเกิดโรคมะเร็งในคน สามารถป้องกันได้ด้วยวิธีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการกินอาหาร เนื่องจากอาหารมีความสัมพันธ์กับมะเร็ง กองทุนวิจัยมะเร็งโลก (World Cancer Research Fund, WCRF)

[1] ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Nutrition and Health, Institute of Food Research and Product Developments, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Food Chemistry and Physics, Institute of Food Research and Product Developments, Kasetsart University, Bangkok 10900

[3] ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[3] Department of Food Processing and Preservation, Institute of Food Research and Product Developments, Kasetsart University, Bangkok 10900

ยืนยันอย่างชัดเจนว่าบทบาทของอาหารจำพวกผักและผลไม้มีส่วนในการช่วยป้องกันมะเร็ง และการบริโภคผักผลไม้อย่างหลากหลาย วันละไม่น้อยกว่า 400 กรัม จะสามารถช่วยลดโอกาสการเกิดมะเร็งโดยรวมได้อย่างน้อยร้อยละ 20 แม้ว่าพฤติกรรมการบริโภคและการใช้ชีวิตของแต่ละคนจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันก็ตาม

ผักจัดเป็นอาหารประจำวันของมนุษย์ เป็นแหล่งอาหารที่ให้คุณค่าทางวิตามิน แร่ธาตุและใยอาหารอันเป็นส่วนสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพให้แข็งแรง ดังที่ภาครัฐได้มีนโยบายสนับสนุนส่งเสริมให้ประชาชนตามชนบทและในเมืองปลูกผักสวนครัวตามวิถีชีวิตแบบเศรษฐกิจพอเพียงมาเป็นเวลานาน ผักกินใบจะให้วิตามินเอสูง และมีคลอโรฟิล นอกจากนี้ในส่วนอื่นๆ ของพืชผักยังประกอบด้วยสารพฤกษเคมีกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและต้านการกลายพันธุ์ ด้วยคุณสมบัติด้านที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผักนี้ คณะผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาคุณสมบัติในการต้านการกลายพันธุ์ของผักตระกูลแตงซึ่งจัดเป็นหนึ่งในพืชผักสวนครัว ที่คนปลูกไว้เพื่อใช้ประกอบอาหารภายในครอบครัวหรือชุมชน เพื่อสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงที่ส่งเสริมให้ประชาชนได้เข้าใจถึงประโยชน์ของพืชผักที่เราบริโภคอยู่เป็นประจำ และหันมานิยมบริโภคอาหารที่ประกอบด้วยผักกันมากขึ้นเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่มีสาเหตุมาจากความเสื่อมของร่างกายรวมถึงมะเร็งบางชนิดได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างสารสกัดผัก

ตัวอย่างผักที่ซื้อมาจากตลาดสดได้ผ่านการล้างน้ำทำความสะอาด เลือกส่วนที่ใช้รับประทานของผักมาสกัดในตัวทำละลายเมทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เครื่องปั่น blender แล้ววางบนเครื่องกวนสารละลาย เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำส่วนที่สกัดได้จากตัวทำละลายเมทานอลมาผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 เพื่อแยกเอากากออก แล้วนำไปประเหยโดยใช้เครื่อง Vacuum rotary evaporator ชั่งน้ำหนักสารที่สกัดได้ แล้วจึงละลายใน Dimethylsulfoxide (DMSO) เพื่อทำให้สารสกัดที่ได้มีความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

การเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium*

เลี้ยงเชื้อ *Salmonella typhimurium* สายพันธุ์ TA 98 ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1) minimal agar ประกอบด้วย minimal glucose agar medium 30 มิลลิลิตร ซึ่งประกอบด้วย Bacto-Difco agar 1.5% + glucose 2% ใน Vogel-Bonner medium E 2) top agar plate เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อประกอบด้วย agar 0.6% และ NaCl 0.5% ละลายน้ำ ก่อนนำมาเติม sterile 0.5 M L-histidine.HCl/0.5 mM biotin 10 มิลลิลิตร ต่อ top agar 100 มิลลิลิตร

การทดสอบฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ของสารสกัดผัก

การศึกษานี้ใช้วิธี preincubation method (Ames และคณะ, 1975) เพื่อกระตุ้นให้แบคทีเรียมีโอกาสได้สัมผัสกับสารเคมีในระยะเวลาที่ยาวนาน และทั่วถึงมากขึ้น มีขั้นตอน ดังนี้ เติมสารก่อกลายพันธุ์มาตรฐาน Trp-P-1 ใส่ในหลอดทดลองร่วมกับสารสกัดผัก โดยดูด Trp-P-1 ความเข้มข้น 2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง แล้วตามด้วยสารสกัดผัก 50 ไมโครลิตร เติม *Salmonella typhimurium* 0.1 มิลลิลิตร และเอ็นไซม์ S-9 mix 0.5 มิลลิลิตร นำไปเขย่าในอ่างน้ำอุ่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เติม top agar 2 มิลลิลิตร และเทลง minimal glucose agar plate นำเข้าตู้ incubator ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวน revertant colony ในการทดลองทุกครั้งมีการทำ positive control ที่มีเฉพาะสารก่อกลายพันธุ์มาตรฐาน และ negative control ที่มีเฉพาะตัวทำละลายตัวอย่าง คู่ขนานกันไปกับการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ แสดงเป็นค่าความเข้มข้นของสารสกัดผักที่สามารถลดฤทธิ์การกลายพันธุ์ลงครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) จากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกจัดจำแนกศักยภาพในการต้านการกลายพันธุ์ ตามวิธีของ Botting และคณะ (1999) ดังนี้

ศักยภาพ (Activity)	เกณฑ์พิจารณา
ไม่ยับยั้ง (not active, -)	IC_{50} > 1 g/plate
ยับยั้งอย่างอ่อน (weakly active, +)	IC_{50} > 0.5-1 mg/plate
ยับยั้งปานกลาง (moderately active, + +)	IC_{50} > 0.2-0.5 mg/plate
ยับยั้งอย่างดี (strongly active, + + +)	IC_{50} < 0.2 mg/plate

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อนำสารสกัดของผักตระกูลแตง 7 ชนิด (8 ตัวอย่าง) มาผ่านการทดสอบฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ช่วยต้านทานสารพิษที่เข้าสู่ร่างกายและส่งผลให้เกิดการกลายพันธุ์ลดลง พบว่า มะระขี้นก ตำลึง ฟักทอง บวบ และแตงกวา มีคุณสมบัติต้านฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ที่เป็นผลมาจากสารก่อกลายพันธุ์มาตรฐาน Trp-P-1 (หรือ 3-amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido[4,3-b] indole เป็นสารกลุ่ม heterocyclic amines และจัดอยู่ในสารก่อมะเร็งกลุ่ม 2B คือ มีหลักฐานชัดเจนในสัตว์ทดลองแต่ยังขาดข้อมูลในมนุษย์) ดังแสดงใน Table 1 สาร Trp-P-1 ในธรรมชาตินั้นเกิดขึ้นจากที่กรดอะมิโน tryptophan ถูกเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง ทำให้โครงสร้างถูกเปลี่ยนเป็นสารก่อกลายพันธุ์ Trp-P-1 ขึ้นมา สารก่อมะเร็งชนิดนี้เราสามารถพบได้บ่อยในชีวิตประจำวัน เนื่องจากมันเกิดจากการปรุงอาหารที่ต้องใช้ความร้อนสูง ตัวอย่างของอาหารที่พบสารจำพวกนี้ ได้แก่ เนื้อสัตว์ย่าง สเต็ก บาร์บีคิว เนื้อทอด เป็นต้น ดังนั้นการที่สารสกัดผักสามารถช่วยลดฤทธิ์ของสารก่อกลายพันธุ์ Trp-P-1 ให้อ่อนลงได้นี้ นับว่าเป็นการช่วยลดความเสี่ยงอันเกิดจากการบริโภคอาหารประเภทดังกล่าวได้เป็นอย่างดี Nakahara และคณะ (2001) ได้พบศักยภาพการต้านฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ของผักที่เก็บตัวอย่างจากประเทศไทยและประเทศญี่ปุ่นเช่นกัน ในจำนวนนั้นมีผักตำลึง ฟักทอง บวบ และมะระขี้นกที่เก็บตัวอย่างจากพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทยด้วย เนื่องจากสารพฤกษเคมีที่อยู่ในพืชส่วนใหญ่นั้นจะเป็นสารประกอบในกลุ่ม flavonoids ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านการก่อกลายพันธุ์ รวมถึงมีฤทธิ์ต้านมะเร็งในหลอดทดลองและในสัตว์ทดลอง นอกจากนี้ยังมีวิตามินเอ วิตามินบี วิตามินซี และเกลือแร่บางตัวก็มีส่วนสนับสนุนผลลัพธ์นี้เช่นกัน อย่างไรก็ตามเมื่อนำพืชผักที่มีศักยภาพต้านการกลายพันธุ์ระดับกลาง-ระดับดีมาผ่านกระบวนการให้ความร้อน ผลแสดงใน Table 2 พบว่า การให้ความร้อนโดยวิธีการลวกไม่มีผลต่อศักยภาพต้านการกลายพันธุ์แต่อย่างใด ในขณะที่การต้มกลับทำให้ผักมีศักยภาพต้านการกลายพันธุ์ต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นฟักทอง (ส่วนผล) ที่ยังคงมีระดับศักยภาพไม่เปลี่ยนแปลง อธิบายได้ว่าสารสำคัญภายในผักเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานาน ซึ่ง สาร flavonoids เมื่อได้รับความร้อน ณ ระดับหนึ่งก็จะมีปริมาณลดลง (Dorota, 2006) รวมถึงวิตามินต่างๆ ก็ถูกกระทบด้วยผลจากความร้อนเช่นเดียวกัน

สรุปผล

พืชตระกูลแตงหลายชนิดมีคุณสมบัติต้านการก่อกลายพันธุ์ แต่หากนำมาผ่านความร้อนโดยการต้มจะส่งผลให้คุณสมบัติต้านฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ของพืชตระกูลแตงต่ำลง

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยในครั้งนี้ และ ดร. วรรณี คูสำราญ จากสถาบันมะเร็งแห่งชาติ กระทรวงสาธารณสุข ที่เอื้อเฟื้อเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium*

เอกสารอ้างอิง

Dorota, D.S., 2006, Changes in the Flavonoid Content of Buckwheat Groats under Traditional and Microwave Cooking, Fagopyrum, 23: 94-96.

Table 1 Summary of Antimutagenesis data

Species	Common name	Thai name	Tested part	Antimutagenic activity*
Coccinia grandis	Ivy Gourd	Phak-tamlueng	Leaf	++
Momordica charantia	Bitter cucumber	Mara-khee-nok	Leaf	+++
Cucurbita moschata	Pumpkin	Yod-fak-thong	Leaf, stem	++
Cucurbita moschata	Pumpkin	Pon-fak-thong	Fruit	++
Luffa acutangula	Angled gourd	Boap	Leaf	+
Cucumis sativus	Cucumber	Tang-kwa	Fruit	+
Lagenaria siceraia	Bottle gourd	Nam-tao	Fruit	-
Citrullus vulgaris	Young Water Melon	Tang-mo-on	Fruit	-

*Data are scored as described in Material and Methods. They are graded: no response(-); weak (+); moderate (++) and strong (+++).

Table 2 Effect of heat on Antimutagenic activity of Cucurbitaceae extracts

Vegetables	Antimutagenic activity*		
	raw	blanched	boiled
Mara-khee-nok	+++	+++	+
Phak-tamlueng	++	++	+
Yod-fak-thong	++	++	+
Pon-fak-thong	++	++	++

*Data are scored as described in Material and Methods. They are graded: no response(-); weak (+); moderate (++) and strong (+++).

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 297-300 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 297-300 (2555)

อิทธิพลของวันปลูกต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบ

The Effect of Planting Dates on Lablab Bean (*Lablab purpureus* (L.) Sweet) Seed Production

ชื่นจิต แก้วกัญญา[1] และ สุมาลิน แท่นทอง[1]

Kaewkunya, C.[1] and Tantong, S.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of planting dates on lablab bean (*Lablab purpureus* L. Sweet) seed production carried out at the research farm of the faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakhon Nakhon Province Campus, during June, 2011 to March, 2012. A completely randomized design with four replications was used. Experimental treatments consisted of five planting dates spaced at about 30-day intervals form 23 June to 23 October, 2011. The results revealed that planting date had a significant effect on biomass yield, yield component and seed yield of lablab bean (*Lablab purpureus* L. Sweet) (P<0.05). The lablab bean planted on 23 August produced the highest biomass yield and seed yield of 696.8 kg/rai (dry weight) and 419.2 kg/rai, respectively. The planted on 23 October produced the lowest biomass yield of 72.1 kg/rai (dry weight) and the planted on 23 June produced the lowest seed yield of 287.8 kg/rai respectively. There were no significant differences in 100-seed weight (28.3-31.2 g.) and seed purity (94.7-96.0%). Based on this research, it was concluded that late- August was the optimum planting date of lablab bean (*Lablab purpureus* L. Sweet) seed production in Northeast Thailand.

Keywords: lablab bean (*Lablab purpureus* L. Sweet), planting dates, seed production

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวันปลูกต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบ (*Lablab purpureus* L. Sweet) ทดลองที่ฟาร์มวิจัย คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือนมิถุนายน 2554 ถึง มีนาคม 2555 วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยสิ่งทดลองประกอบไปด้วยการปลูกถั่วเว้นห่างทุก ๆ 30 วัน จำนวน 5 วันปลูก จากวันที่ 23 มิถุนายน ถึง 23 ตุลาคม 2554 ผลการทดลองพบว่าวันปลูกมีผลทำให้เกิดความแตกต่างทางสถิติต่อผลผลิตชีวมวล องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตเมล็ด ของถั่วแลบแลบ (P<0.05) โดยการปลูกในวันที่ 23 สิงหาคม ให้ผลผลิตชีวมวล และผลผลิตเมล็ดสูงสุด คือ 696.8 กก./ไร่ (น้ำหนักแห้ง) และ 419.2 กก./ไร่ ตามลำดับ การปลูกวันที่ 23 ตุลาคม ให้ผลผลิตชีวมวลต่ำสุด (72.1 กก./ไร่) และการปลูกวันที่ 23 มิถุนายน ให้ผลผลิตเมล็ดต่ำสุด (287.8 กก./ไร่) ถั่วแลบแลบในทุกวันปลูกมีน้ำหนัก 100 เมล็ด (29.3-31.2 กรัม) และความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ (94.7-96.0%) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าการปลูกถั่วแลบแลบเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือควรปลูกปลายเดือนสิงหาคม

คำสำคัญ: ถั่วแลบแลบ วันปลูก การผลิตเมล็ดพันธุ์

คำนำ

ในบรรดาพืชตระกูลถั่วที่ใช้ประโยชน์ได้หลายทาง (multipurpose) นั้น ถั่วแลบแลบหรือถั่วแปบ (*Lablab purpureus* (L.) Sweet) เป็นที่ได้รับความนิยมสูงสุดพืชหนึ่ง ซึ่งจัดเป็นพืชประเภทฤดูเดียวหรือข้ามปีอายุสั้นมีลักษณะการเจริญแบบเถาเลื้อยหรือพุ่ม ปลูกกันแพร่หลายในทวีปเอเชีย และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้ประโยชน์จากส่วนของฝักสด ยอดอ่อน และเมล็ดเป็นอาหารมนุษย์ และทุกส่วนของต้นสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ (สายัณห์, 2547) โดยใช้แพร่หลาย

---

[1]สาขาทรัพยากรเกษตรชีวภาพ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนค เมือง สกลนคร 47000

[1] Program in Agro-Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-industry, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakhon Nakhon Province Campus, Muang, Sakhon Nakhon 47000

ที่สุดในประเทศออสเตรเลีย เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูงเทียบได้กับถั่วอัลฟัลฟ่า มีโภชนะสูงโดยเฉพาะโปรตีน และใช้ทำพืชหมักได้ดี การปลูกร่วมกับหญ้าในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์จะช่วยปรับปรุงคุณภาพและโภชนะของทุ่งหญ้าได้ดีมาก (Loch และ Ferguson, 1999) ถ้าปลูกแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชบำรุงดินจะได้คุณภาพของปุ๋ยพืชสดที่ดีเยี่ยม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541; English, 1999) อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์ถั่วแลบแลบในประเทศไทยยังไม่แพร่หลายมากนัก อาจเนื่องจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ของพืชชนิดนี้มีน้อยและเมล็ดพันธุ์มีจำกัดไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร (สุปราณี และคณะ, 2545) ดังนั้นจึงได้ศึกษาอิทธิพลของวันปลูกต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงวันปลูกที่เหมาะสมในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบให้ได้ผลผลิตเมล็ดที่ดีและมีคุณภาพ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของวันปลูกต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบ (*Lablab purpureus* L. Sweet) พันธุ์ Highworth ที่ฟาร์มวิจัย คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือน มิ.ย. 2554 ถึง มี.ค. 2555 วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ 5 สิ่งทดลอง โดยปลูกถั่วเว้นระยะห่างทุกๆ 30 วัน จำนวน 5 วันปลูก ประกอบด้วย วันที่ 23 มิ.ย., 23 ก.ค., 23 ส.ค., 23 ก.ย. และ 23 ต.ค. 2554 ปลูกโดยหยอดเมล็ดจำนวน 5 เมล็ด/กระถาง (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 ซม.ลึก 50 ซม.) หลังเมล็ดงอก 1 สัปดาห์ ถอนแยกให้เหลือ 3 ต้น/กระถาง ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 50 กก./ไร่ ให้น้ำชลประทานตามความจำเป็น กำจัดวัชพืชด้วยการถอน บันทึกข้อมูลวันงอก วันอออกดอก และวันเก็บเกี่ยวผลผลิต และที่อายุ 85 วัน หลังปลูก เก็บข้อมูลผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน บันทึกองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตเมล็ด และทดสอบคุณภาพทางกายภาพบางประการของเมล็ดพันธุ์ ตามวิธี ISTA (1993) ประกอบด้วย น้ำหนักเมล็ด และความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโตและผลผลิตชีวมวลของพืช

อิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อลักษณะทางพืชไร่บางประการของถั่วแลบแลบ จาก Table 1 เห็นได้ว่าวันดอกออกดอกวันแรก และวันเก็บเกี่ยวผลผลิตฝักวันแรก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยการปลูกวันที่ 23 มิถุนายน ใช้ระยะเวลานานที่สุดคือเฉลี่ย 115 และ 139.5 วัน ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกวันที่ 23 ตุลาคม ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากถั่วแลบแลบจัดว่าเป็นพืชวันสั้น (short day plant) โดยถั่วจะเริ่มออกดอกเมื่อช่วงแสงเริ่มสั้น ซึ่งโดยทั่วไปสำหรับประเทศไทยช่วงแสงจะเริ่มสั้นปลายเดือนตุลาคม นอกจากนี้ Skerman และคณะ (1988) รายงานว่า ทางตะวันออกเฉียงใต้ของรัฐควีนสแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ถั่วแลบแลบจะออกดอกจำนวนมากเมื่อมีช่วงแสงกลางวันน้อยกว่า 11 ชั่วโมง ซึ่งเป็นลักษณะโดยทั่วไปของถั่วอาหารสัตว์ที่เป็นพืชวันสั้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kiyothong และคณะ (2005) ที่รายงานว่า การปลูกถั่วท่าพระสไตโล ในวันที่ 23 ก.ค. ทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์และผลผลิตเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ที่งอกได้สูงสุด 101 และ 96 กก./ไร่ ตามลำดับ และจากการบันทึกข้อมูลผลผลิตชีวมวลส่วนเหนือดินของถั่วแลบแลบ พบว่า การยืดระยะในการปลูกให้ยาวนานขึ้นทำให้พืชมีเวลาในการสะสมน้ำหนักลดลง โดยการปลูกในวันที่ 23 เดือน มิ.ย., ก.ค. และ ส.ค. ที่อายุ 85 วัน หลังปลูก มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย ระหว่าง 590.4-696.8 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วที่ปลูกในวันที่ 23 เดือน ก.ย. และ ต.ค. ซึ่งมีผลผลิตน้ำหนักแห้งเพียง 144.8 และ 72.1 กก./ไร่ ตามลำดับ (Table 1) เพราะว่าการปลูกเร็วทำให้มีระยะเวลาสะสมน้ำหนักชีวมวลก่อนออกดอกยาวนานกว่า และเมื่อแสงกลางวันเริ่มสั้นลง (ปลายเดือน ต.ค. 2554) ถั่วจะเริ่มออกดอกซึ่งทำให้การเจริญเติบโตในระยะ vegetative growth สิ้นสุดลง

2. องค์ประกอบผลผลิต

ระยะเวลาปลูกที่แตกต่างกันส่งผลให้ถั่วแลบแลบมีองค์ประกอบผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การปลูกเร็ว (23 มิถุนายน) ถั่วมีจำนวนช่อดอกต่อต้นสูงสุด คือ 13.3 ช่อดอก/ต้น ในขณะที่การปลูกช้า (วันที่ 23 ก.ย. และ ต.ค.) มีจำนวนน้อยที่สุดเพียง 8.7 และ 7.1 ช่อดอก/ต้น ตามลำดับ การปลูกในเดือน มิ.ย. ถั่วมีจำนวนดอก/ช่อดอก สูงสุดคือ 16.1 ดอก/ช่อ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกเดือน ก.ย. (13.2 ดอก/ช่อ) ส่วนการปลูกในเดือน มิ.ย., ส.ค. และ ต.ค. มีจำนวนดอกใกล้เคียงกับการปลูกทั้ง 2 เดือน ที่กล่าวมา และเมื่อพิจารณาถึงจำนวนฝัก/ช่อ

ดอก พบว่า การปลูกในเดือน ส.ค. มีจำนวนสูงสุด (7.0 ฝัก/ช่อ) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากปลูกในเดือน มิ.ย. และ ก.ค. แต่อย่างไรก็ตามระยะเวลาปลูกที่แตกต่างกันทุกช่วงยกเว้นในเดือน ก.ย. ถั่วแลบแลบมีจำนวน ฝัก/ต้น เฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีจำนวนระหว่าง 21.9-26.5 ฝัก/ต้น (Table 2)

3. ผลผลิตเมล็ด และคุณภาพทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์

ผลการทดลองจาก Table 3 เห็นได้อย่างชัดเจนว่า วันปลูกมีอิทธิพลต่อผลผลิตเมล็ดถั่วแลบแลบ โดยที่การปลูกในช่วงวันที่ 23 เดือน ส.ค. และ ก.ค. ให้ผลผลิตเมล็ดสูงถึง 419.2 และ 404.3 กก./ไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกในช่วงอื่นๆ ที่เหลือ โดยเฉพาะเดือน มิ.ย. ที่ให้ผลผลิตต่ำสุดเพียง 287.8 กก./ไร่ ซึ่งโดยเฉลี่ยจากทั้ง 5 ช่วงเวลาปลูกแล้วพบว่ามีผลผลิตเมล็ด 346.3 กก./ไร่ โดยผลผลิตที่ได้มากกว่าการศึกษาของ สุปราณี (2544) ที่ปลูกในเดือน ต.ค. 2541 (256.7 กก./ไร่) และการศึกษาของชื่นจิต และ คนอง (2554) ปลูกเดือน พ.ค. 2552 ซึ่งได้ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 265.7 กก./ไร่ อย่างไรก็ตามไม่พบอิทธิพลของวันปลูกต่อคุณภาพทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ทั้งในส่วนของน้ำหนัก 100 เมล็ด และความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ โดยมีน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย 30.2 กรัม/100 เมล็ด และความบริสุทธิ์เฉลี่ย 95.2% ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่จะถูกควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรมมากกว่าปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมและการจัดการ (ภูวนัย, 2544; สุปราณี, 2544)

สรุปผล

การปลูกถั่วแลบแลบพันธุ์ Highworth เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน (จังหวัดสกลนคร) ควรปลูกปลายเดือนสิงหาคม ซึ่งจะได้ผลผลิตเมล็ดที่มีความบริสุทธิ์สูงถึง 95.5% จำนวน 419.2 กิโลกรัม/ไร่ ใช้เวลาตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตฝักแก่วันแรกประมาณ 96 วัน สำหรับการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาในการปลูกครั้งนี้ยังขาดผลที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้านสรีรวิทยาซึ่งจะได้นำเสนอผลการวิจัยในโอกาสต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิม-พระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2541, พืชตระกูลถั่วเพื่อการปรับปรุงดิน, กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ, 109 หน้า.

ชื่นจิต แก้วกัญญา และ คนอง มณีพงษ์, 2554, ความเป็นไปได้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบในสภาพดินลูกรัง, การประชุมวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 8, จังหวัดอุบลราชธานี, หน้า 31-39.

ภูวนัย เนาว์ชมพู, 2544, อิทธิพลของพันธุ์ การตัด และไรโซเบียมต่อผลผลิตคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วของแลบแลบ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

สายัณห์ ทัดศรี, 2547, พืชอาหารสัตว์เขตร้อน, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ, 534 หน้า.

สุปราณี งามประสิทธิ์, 2544, อิทธิพลของอัตราปลูกต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุปราณี งามประสิทธิ์ สุนันทา จันทกูล สุวพงษ์ สวัสดิ์พาณิชย์ และ ลิลลี่ กาวีต๊ะ, 2545, อิทธิพลของอัตราปลูกต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบแลบ, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 4, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 131-138.

English, B.H.,1999, *Lablab purpureus* in Australia, Forage Seed Production, In D.S. Loch. J.E. Ferguson (Eds.), Tropical and Subtropical Species. Wallingford, UK, 395-399.

ISTA, 1993, International Rules for Seed Testing: Rules 1993, Seed Science and Technology, 21: 1-285.

Kiyothong, K., Satjipanon, C. and Pholsen, P., 2005, Effect of Planting Date on Seed Yield and Seed Quality of *Stylosanthes guinensis* CIAT 184, Songklanakarin Journal Science Technolology, 27(6): 1163-1169.

Loch, D.S. and Ferguson, J.E., 1999, Forage Seed Production, II. 2: Tropical and Subtropical Species Formerly of Tropical Forages Program, International Center for Tropical Agriculture, Columbi, 479.

Skerman, P.T., Cameron, D.G. and Riveros, F., 1988, Food and Agriculture Organization of United Nation, Rome, Italy, 22: 311-319.

Table 1 Effect of planting dates on some agronomic characters and biomass yield of Lablab bean

Planting date	Start flowering	Days of first flowering	Days of first harvesting	Fresh weight yield (kg/rai)	Dry weight yield (kg/rai)
23 June	27 Oct 2011	115.0 a	139.5 a	1,923.8 a	627.4 a
23 July	28 Oct 2011	97.3 b	122.5 b	2,061.6 a	590.4 a
23 August	28 Oct 2011	68.5 c	95.5 c	2,099.7 a	696.8 a
23 September	21 Nov 2011	58.8 cd	89.0 c	684.1 b	144.8 b
23 October	13 Dec 2011	51.5 d	75.0 d	277.1 b	72.1 b
Mean	-	78.2	104.2	1,409.2	426.3
F-test	-	*	*	*	*
CV. (%)	-	11.6	8.6	20.3	21.7

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by LSD

Table 2 Effect of planting dates on yield component of Lablab bean

Planting date	no. of inflorescences/ plant	no. of flower/ inflorescences	no. of pod/ inflorescences	no. of pod/ plant
23 June	13.3 a	15.3 ab	4.5 c	26.5 a
23 July	9.9 bc	16.1 a	5.0 bc	21.9 ab
23 August	10.3 b	14.5 ab	7.0 a	25.0 ab
23 September	8.7 bc	13.2 b	6.0 ab	20.5 b
23 October	7.1 c	14.2 ab	6.8 a	22.5 ab
Mean	9.9	14.7	5.9	23.3
F-test	*	*	*	*
CV. (%)	19.8	9.8	16.8	16.4

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by LSD

Table 3 Effect of planting dates on seed yield and some seed quality of Lablab bean

	Seed yield		Seed quality	
Planting date	(g/plant)	(kg/rai)	100-seed weight (g)	Seed purity (%)
23 June	32.6 b	287.8 b	30.5	94.7
23 July	47.1 a	404.3 a	30.8	96.0
23 August	48.6 a	419.2 a	30.0	95.5
23 September	37.3 b	313.7 b	31.2	95.2
23 October	36.2 b	306.7 b	28.3	94.7
Mean	40.4	346.3	30.2	95.2
F-test	*	*	ns	ns
CV. (%)	13.9	16.5	6.8	3.4

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by LSD

การสังเคราะห์ด้วยแสงของใบคาลาเธียภายใต้สภาพการขาดน้ำระยะสั้น

Photosynthesis of *Calathea zebrina* 'Humilior' Leaves under Short-term Water Deficits

คณิณ รุ่งวัฒนา[1] คณพล จุฑามณี[1] พูนพิภพ เกษมทรัพย์[2] และ สุดสวาสดิ์ ดวงศรีไสย์[1]
Rungwattana, K.[1], Jutamanee, K.[1], Kasemsap, P.[2] and Duangsrisai, S.[1]

Abstract

Water availability is important for the quality of calathea plants. CO_2 assimilation and photochemical efficiency of photosystem II of *Calathea zebrina* 'Humillor' were investigated to understand the photosynthetic adaptation mechanism under water deficit causing by various watering regimes. Plants were grown in greenhouse at Kasetsart University, Bangkok and watered every day (control), every three or, every seven days. Gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters were determined in leaves during nine days. Plants watered every three days responded similar to control plants, particularly in CO_2 assimilation and photosystem II efficiency. Whereas CO_2 assimilation and stomatal conductance of plants watered every seven days decreased markedly at day 8 and 9. No significant variations on chlorophyll fluorescence parameters were observed throughout the experiment. The limited leaf photosynthetic capacity was mainly a result of stomatal closure, whereas photosystem II efficiency was unaffected under water deficit.
Keywords: calathea, chlorophyll fluorescence, gas exchange, drought stress

บทคัดย่อ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของต้นคาลาเธีย การตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และประสิทธิภาพการใช้แสงของระบบแสงสองของคาลาเธียจึงถูกตรวจสอบเพื่อความเข้าใจในกลไกการปรับตัวของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงภายใต้สภาพการขาดน้ำโดยการให้น้ำที่แตกต่างกัน คาลาเธียถูกปลูกเลี้ยงภายใต้โรงเรือนที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ โดยคาลาเธียถูกแบ่งออกเป็นสามกลุ่มคือ กลุ่มที่ได้รับน้ำทุกวัน หรือกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับน้ำทุกสามวัน และกลุ่มที่ได้รับน้ำทุกเจ็ดวัน จากผลการทดลองในช่วงเก้าวันพบว่า การแลกเปลี่ยนก๊าซและประสิทธิภาพการใช้แสงของระบบแสงสองของกลุ่มที่ได้รับน้ำทุกสามวันมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ในทางตรงกันข้ามการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และค่านำไหลปากใบของกลุ่มที่ได้รับน้ำทุกเจ็ดวันมีค่าที่ลดลงอย่างมากในช่วงวันที่แปดและเก้าของการทดลอง สำหรับค่าที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการใช้แสงของระบบแสงสองของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การทดลองครั้งนี้สามารถกล่าวได้ว่าการจำกัดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของคาลาเธียมีผลมาจากการปิดปากใบเป็นหลัก ในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้แสงของระบบแสงสองไม่ได้รับผลกระทบอันเนื่องมาจากสภาพการขาดน้ำระยะสั้น
คำสำคัญ: คาลาเธีย คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ การแลกเปลี่ยนก๊าซ สภาพการขาดน้ำ

Introduction

Prayer plant (*Calathea zebrina* 'Humilior') is one of the most popular and commercially important foliage plant. Water availability is an important factor affecting plant growth and yield. The occurrence of morphological and physiological responses to water deficit differs among species. During short period of water deficit, some plants may adapt their physiological performance to survive such as leaf rolling and stomatal closure. Regarding to drought stress on photosynthesis, two main components of drought stress are stomatal and non-stomatal limitations. Under water deficit, stomatal closure decreases net CO_2 uptake,

[1] ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน 50 ถนนงามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Botany, Faculty of Sciences, Kasetsart University 50 Ngam Wong Wan Rd, Ladyaow Chatuchak Bangkok 10900
[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน 50 ถนนงามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University 50 Ngam Wong Wan Rd, Ladyaow Chatuchak Bangkok 10900

resulting in a decline in leaf internal CO_2 concentrations (Cornic, 2000). However, the limitation to CO_2 assimilation imposed by stomatal closure can also result in an imbalance between photochemical activity in photosystem II (PS II) and electron demand for photosynthesis. Consequently, this may lead to an over excitation and subsequent photoinhibitory damage of PS II reaction centers. Furthermore, the objective of the study was to examine the response of photosynthesis in *Calathea zebrina* 'Humilior' exposed to short period of water deficit induced by different watering regimes. Photosynthesis was investigated via leaf gas exchanges and chlorophyll fluorescence measurements.

Materials and Methods

Calathea zebrina 'Humilior' plants were watered every day (control) whereas others were subjected to different watering regimes including watered every three and seven days. Water stress was imposed by withholding water. The soil metric potential was monitored by watermark soil moisture sensor (Watchdog 6450WD, Spectrum Technologies Inc., Plainfeild, Illinois, USA). This experiment was carried out during nine days. After watering imposition, gas exchange and chlorophyll fluorescence measurements were performed at day0 (the first day), 4, 5, 8, and 9 after beginning of the experiment. Gas exchange parameters were measured at 09.00-11.00 h under artificial saturating photo photon flux density (600 µmol m^{-2} s^{-1}) with a portable open-system infared gas analyser (LI6400, LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA). Chlorophyll fluorescence was measured with a portable pulse amplitude modulation fluorometer (PAM-2100, Walz, Effeltrich, Germany) using the saturating pulse method mode. Analysis of variance was performed with the *Duncan Multiple Comparison* test using *SPSS* software (Ver. 11.5, SPSS Inc*.,* Chicago, USA) on four replicates. Statistical significance was determined at the 5% ($p<0.05$) level.

Results and Discussion

The soil metric potential which induced by different watering durations were approximately -7, -10, and -8 to -17 kPa in control, watered every three, and seven days treatment, respectively. Control and plants watered every three days were similar in appearance (e.g. no leaf rolling), whereas in plants watered every seven days leaf rolled at day 8 and unrolled again upon watering at day 9. Leaf gas exchange parameters of control and plants watered every three days were not significantly different, for instance, CO_2 assimilation rate were 5.31 to 6.50 µmol m^{-2} s^{-1} (Figure 1A). Thus, soil metric potential between -7 to -10 kPa did not affect photosynthetic performance by water deficit. In contrast, after seven days without watering, when soil water potential had dropped to -17 kPa, CO_2 uptake, stomatal conductance and transpiration were significantly lower than in other two treatments. In fact, the decrease of stomatal conductance indicates that stomata are closing for maintenance tissue water status by decreasing in transpiration.

The reduction in water loss by stomatal closure is the adaptive response to maintain a high water potential in plants as the drought develops. The reduction in stomatal conductance caused a concomitant decline in CO_2 assimilation rate; however, the internal to ambient CO_2 concentration was not different from control. The reduction in CO_2 assimilation rate might be induced by decreasing of Rubisco activity (Flexas and Medrano, 2002). CO_2 assimilation, stomatal conductance, transpiration of cowpea plants exposed to drought under natural condition drastically declined as compared to control. After rewatering at day 9, CO_2 assimilation rates did not recover to control levels in spite of the internal CO_2 availability being similar to control and plants watered every three days. Some researchers suggest that permanent photoinhibition can occur when the stomatal conductance was at very low value (less than 50 mmol m^{-2} s^{-1}) (Epron and Dreyer, 1993). However, others showed that photoinhibition did not occur when the maximum quantum yield of PS II did not decrease under drought. Additionally, the reduction in CO_2 assimilation was not accompanied by increase in

non-photochemical coefficient, and hence no drought-induced alteration in thermal dissipation should have occurred. Chlorophyll fluorescence parameters were not different among any treatments (Figure 2). This suggests that short period of water deficit did not impair PS II. The photochemistry is rather resistant to drought and electron transport system was maintained under water deficit, although CO_2 assimilation and stomatal conductance were strongly inhibited. The results obtained here were similar to others showing that PS II photochemistry is not affected under mild drought stress and is resistant to water deficit. An additional reason why PS II photochemistry of calathea plants after seven days of drought was not impaired might be that leaves were protected by the leaf rolling mechanism (Kadioglu and Terzi, 2007), because leaf rolling can minimize the potential damages caused by increased leaf temperature that results from high levels of solar radiation and declined transpiration by reducing the effective leaf area exposed to sunrays.

Summary

These results showed that calathea plants watered every three days responded similar to plants watered every day, particularly in the CO_2 assimilation rate. By contrast, in plants from which water was withheld for seven days, the CO_2 assimilation rate could not be maintained at maximum water deficit. The decrease in photosynthetic capacity mainly involved stomatal closure, whereas PS II efficiency was unaffected under water deficit.

Acknowledgments

The authors thank the Department of Agronomy Kamphaeng Sean campus, Faculty of Agriculture and the Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University for supporting devices as well as Prof. Peter Hietz for critical reading and useful comments on the manuscript.

Literature cited

Cornic, G., 2000, Drought Stress Inhibits Photosynthesis by Decreasing Stomatal Aperture – not Affecting ATP Synthesis, Trends in Plant Science, 5: 187-188.

Epron, D. and Dreyer, E., 1993, Photosynthesis of Oak Leaves under Water Stress: Maintenance of High Photochemical Efficiency of Photosystem II and Occurrence of Non-uniform CO_2 Assimilation, Tree physiology, 13: 107-117.

Flexas, J. and Medrano, H., 2002, Drought-inhibition of Photosynthesis in C_3 Plants: Stomatal and Non-stomatal Limitations Revisited, Annals of Botany, 89: 183-189.

Kadioglu, A. and Terzi, R., 2007, A Dehydration Avoidance Mechanism: Leaf rolling, Botanical Review, 73: 290-302.

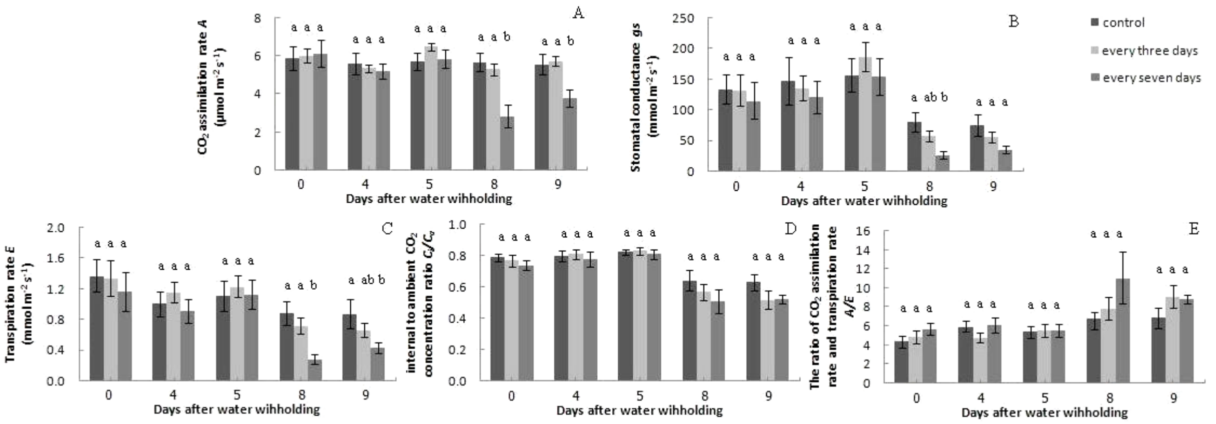


Figure 1 Gas exchange responses of calathea plants to various watering regimes during nine days; values are means (± S.E.) of four plants. Different letters represent significant differences among means for treatments in each day.

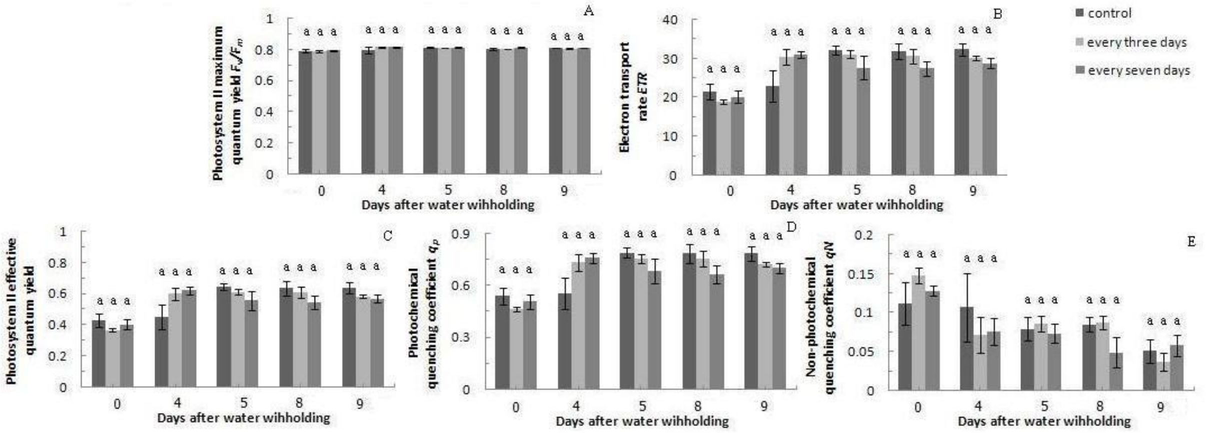


Figure 2 Chlorophyll fluorescence responses of calathea plants to various watering regimes during nine days; values are means (± S.E.) for four plants. Different letters represent significant differences among means for treatments in each day.

วัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการเกิดรากของต้นกล้าฟักข้าว

Soil Base Media for the Seedling Growth and Root Emergence of Gac Fruit

เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์[1] และ ชวนพิศ อรุณรังสิกุล[1]

Kietnontapat, N.[1] and Aroonrungsikul, C.[1]

Abstract

The experiment was investigated the various medias for seedling growth and root emergence of gac fruit. The medias were included various components ratio of 3 mixture : media mixture 1 (soil 2 : rice husk charcoal 3 : manure 1), media mixture 2 (soil 2 : rice husk charcoal 2 : manure 2) and media mixture 3 (soil 1 : leaf soften 2 : rice husk charcoal 2 : manure 1). The experimental design was completely randomized design (CRD) with 3 replications and it was done at Experimental Field of Seed Technology and Crop Improvement Unit, Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and Development Institute at Kamphaengsean, Kasetsart University, Kamphaengsean Campus, Nakhon Pathom. The results indicated that gac fruit seedling applied with media mixture 3 showed the highest significantly of plant height, leaves number, root number and root fresh weight compared with other treatments. Soil base media mixture 3 was suitable for the seedling growth and root emergence of gac fruit follow by media mixture 2. Seedling grown on media mixture 1 had higher root length and root dry weight. However, seedling that was applied with media mixture 2 revealed the highest shoot fresh weight.

Keywords: soil base media, gac fruit, seedling growth, root emergence

บทคัดย่อ

การศึกษาชนิดของวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการเกิดรากของต้นกล้าฟักข้าว เปรียบเทียบวัสดุปลูก 3 ตำรับ คือ ตำรับที่ 1 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 3 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) ตำรับที่ 2 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 2 ส่วน) และตำรับที่ 3 (ดินร่วน 1 ส่วน : ใบไม้ผุ 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลองของ หน่วยเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืช ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ผลการทดลอง พบว่า วัสดุปลูกตำรับที่ 3 ให้ค่าเฉลี่ยที่สูงในลักษณะความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น จำนวนรากต่อต้น และน้ำหนักรากสด น่าจะเป็นตำรับที่เหมาะสมต่อการใช้เป็นวัสดุปลูกต้นฟักข้าวมากที่สุด รองลงมาคือ ตำรับที่ 2 แต่พบว่า วัสดุปลูกตำรับที่ 1 ให้ความยาวรากและน้ำหนักแห้งรากสูงที่สุด ส่วนวัสดุปลูกตำรับที่ 2 ให้ลักษณะน้ำหนักต้นสดสูงที่สุด

คำสำคัญ: วัสดุปลูก ฟักข้าว การเจริญเติบโตของต้น การเกิดราก

คำนำ

วัสดุปลูกที่เหมาะสมมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า ต้นกล้าที่มีการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ รากของพืชสามารถที่จะเจริญแผ่วงกว้าง คุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุปลูก คือ สามารถค้ำจุนส่วนของพืชที่อยู่เหนือดินให้ตั้งตรงอยู่ได้ เก็บสำรองน้ำ และธาตุอาหารพืช ดูดซับความชื้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อพืช และสามารถแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างรากพืชกับบรรยากาศเหนือวัสดุปลูก (ชัยสิทธิ์, 2551) คุณสมบัติวัสดุปลูกที่ดี ต้องสะอาดปราศจาก แมลง โรค และเมล็ดวัชพืช มีช่องว่างสำหรับการถ่ายเทหรือหมุนเวียนของอากาศ มีความสามารถอุ้มน้ำได้ปานกลาง เนื่องจากการอุ้มน้ำที่ดีและเหมาะสม จะทำให้ความชื้นสูงเพียงพอต่อการงอก และไม่เป็นสาเหตุให้เมล็ดเน่า วัสดุปลูกสามารถยึดรากไว้ไม่แตกจากกัน

---

[1] หน่วยเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืช ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม

[1] Seed Technology and Crop Improvement Unit, Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and Development Institute at Kamphaengsean, Kasetsart University, Kamphaengsean Campus, Nakhon Pathom

ในขณะย้ายปลูก มีความอุดมสมบูรณ์สูง วัสดุปลูกที่ดีเมื่อเมล็ดเริ่มงอกสามารถใช้อาหารได้ทันที เพื่อให้ต้นกล้าเจริญเติบโต สมบูรณ์ มีความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมสำหรับแต่ละพืช วัสดุปลูกต้องสามารถค้ำจุนส่วนของพืชที่อยู่เหนือดินให้ตั้งตรงอยู่ได้ เก็บสำรองธาตุอาหารพืช กักเก็บน้ำ หรือดูดซับความชื้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อพืช และเกิดการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างรากพืชกับบรรยากาศเหนือวัสดุปลูก คุณสมบัติของวัสดุปลูกที่ใช้พิจารณาถึงความเหมาะสม ได้แก่ ความจุในการดูดยึดน้ำ 30-60 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ความพรุนรวม 5-20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ความหนาแน่นรวมในช่วง 0.721-0.926 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความเป็นกรดด่าง ในช่วง 5.5-6.5 ค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 1.5-3.0 mS/cm และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน 10-30 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อ 100 กรัมน้ำหนัก (พิสมัย, 2534) การใช้วัสดุปลูกที่เหมาะสมจะทำให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ รากพืชสามารถเจริญแผ่วงกว้าง วัสดุที่นำมาใช้อาจเป็นอินทรียวัตถุหรืออนินทรียวัตถุหรือทั้ง 2 ชนิดผสมกัน ตัวอย่างของวัสดุที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุปลูก ได้แก่ ดิน ทราย แกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ (พิสมัย, 2534) และขุยมะพร้าว (อิทธิสุนทร, 2538) งานทดลองนี้ได้ศึกษา และเปรียบเทียบวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต และการเกิดรากของต้นกล้าฟักข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาชนิดของวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการเกิดรากของต้นกล้าฟักข้าว โดยใช้ชนิดของวัสดุปลูก 3 ตำรับ คือ

ตำรับที่ 1 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 3 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน)

ตำรับที่ 2 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 2 ส่วน)

ตำรับที่ 3 (ดินร่วน 1 ส่วน : ใบไม้ผุ 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน)

ทำการเตรียมเมล็ดพันธุ์ฟักข้าว โดยนำผลฟักข้าวที่มีอายุหลังออกดอกประมาณ 55-60 วัน มาแกะเอาเมล็ดออกทำความสะอาด และพึงลมให้เมล็ดแห้งประมาณ 1 อาทิตย์ จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ที่ได้มาทำการแกะเอาส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดออก ให้เหลือเฉพาะส่วนของเมล็ดภายใน จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์มาทำการแช่ด้วยสารละลายเกลือโปแตสเซียมไนเตรต (KNO_3) ที่ระดับความเข้มข้น 2% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นำเมล็ดมาล้างทำความสะอาด แล้วเพาะลงในวัสดุปลูกที่ใช้ศึกษาแต่ละตำรับที่เตรียมไว้ ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) แต่ละตำรับทำ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น บันทึกข้อมูลเมื่อต้นกล้ามีอายุ 25 วัน หลังเมล็ดงอก โดยบันทึกความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น จำนวนรากต่อต้น ความยาวราก น้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักสดราก และน้ำหนักแห้งราก

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของต้น

ชนิดของวัสดุปลูกแต่ละชนิดมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าฟักข้าว โดยให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่แตกต่างกันทางสถิติ พบว่า วัสดุปลูกตำรับที่ 3 (ดินร่วน 1 ส่วน : ใบไม้ผุ 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) มีผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบของต้นกล้าในด้านความสูงต้นและจำนวนใบต่อต้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการเจริญทางลำต้นพืชมากที่สุด คือ มีความสูง 134.0 เซนติเมตร และจำนวนใบต่อต้น 22 ใบ รองลงมาคือ วัสดุปลูกตำรับที่ 2 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 2 ส่วน) ส่วนวัสดุปลูกตำรับที่ 1 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 3 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) ให้ความสูงต้นและจำนวนใบต่อต้นกล้าน้อยที่สุด คือ มีความสูง 115.46 เซนติเมตร และมีจำนวนใบต่อต้นเท่ากับ 18 ใบต่อต้น ความสูงต้นต่างจากตำรับที่ 3 ถึง 18.64 เซนติเมตร (Table 1)

สำหรับข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกล้าในส่วนของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้า พบว่า วัสดุปลูกตำรับที่ 2 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 2 ส่วน) ให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าตำรับอื่นๆ และแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนักแห้งและสด เท่ากับ 17.423 กรัม และ 1.562 กรัม ตามลำดับ ในลักษณะน้ำหนักสดนั้น วัสดุปลูกตำรับที่ 1 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 3 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) ให้ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับวัสดุปลูกตำรับที่ 3 (ดินร่วน 1 ส่วน : ใบไม้ผุ 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) ซึ่งวัสดุปลูกตำรับที่ 3 ให้น้ำหนักสดต้นน้อยที่สุด โดยน้อยกว่าตำรับที่ 2 ซึ่งให้น้ำหนักสดต้นมากที่สุดถึง 2.06 กรัม ในลักษณะน้ำหนักแห้ง วัสดุปลูกตำรับที่ 3 (ดินร่วน 1 ส่วน : ใบไม้ผุ 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) ให้ค่าเฉลี่ยรองลงมา ส่วนวัสดุปลูกตำรับที่

1 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 3 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) ให้น้ำหนักแห้งต้น น้อยที่สุด โดยมีน้ำหนักแห้งน้อยกว่าวัสดุปลูกตำรับที่ 2 ถึง 0.21 กรัม (Table 1)

การเจริญเติบโตของราก

ชนิดของวัสดุปลูกมีผลต่อการเจริญของส่วนรากของต้นกล้า พบว่า มีการเพิ่มสูงสุดของจำนวนรากต่อต้นและน้ำหนักสดของรากของต้นกล้า และให้ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการปลูกต้นกล้าฟักข้าวในวัสดุปลูกตำรับที่ 3 (ดินร่วน 1 ส่วน : ใบไม้ผุ 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) โดยให้จำนวนรากสูงเท่ากับ 19 รากต่อต้น และมีน้ำหนักสดรากต่อต้นเท่ากับ 2.523 กรัม ส่วนวัสดุปลูกตำรับที่ 2 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 2 ส่วน) มีการเพิ่มของจำนวนรากต่อต้นและน้ำหนักสดของรากของต้นกล้ารองลงมา และวัสดุปลูกตำรับที่ 1 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 3 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) ให้จำนวนรากต่อต้นและน้ำหนักสดของรากของต้นกล้าน้อยที่สุด และน้อยกว่าตำรับที่ 3 ซึ่งให้จำนวนรากต่อต้นของต้นกล้ามากที่สุด ถึง 6 ราก และให้น้ำหนักสดรากน้อยกว่าตำรับที่ 3 ถึง 1.57 กรัม (Table 2)

ในลักษณะความยาวรากและน้ำหนักแห้งราก พบว่า ชนิดของวัสดุปลูกก็มีผลต่อการเพิ่มความยาวรากและน้ำหนักแห้งราก โดยให้ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นกล้าฟักข้าวที่ปลูกในวัสดุปลูกตำรับที่ 1 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 3 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) ให้ความยาวรากและน้ำหนักแห้งรากมากที่สุด ซึ่งให้ความยาวรากเท่ากับ 26.64 เซนติเมตร และให้น้ำหนักแห้งรากเท่ากับ 0.215 กรัมต่อต้น วัสดุปลูกตำรับที่ 3 (ดินร่วน 1 ส่วน : ใบไม้ผุ 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) ให้ความยาวรากในลับดับรองลงมา ส่วนวัสดุปลูกตำรับที่ 2 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 2 ส่วน) ให้ความยาวรากน้อยที่สุด และน้อยกว่าตำรับที่ 1 ซึ่งให้ความยาวรากมากที่สุด ถึง 4.86 เซนติเมตร (Table 2) ในลักษณะน้ำหนักแห้งราก พบว่า วัสดุปลูกตำรับที่ 1 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 3 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) แม้จะให้น้ำหนักแห้งรากมากที่สุด แต่ก็ไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวัสดุปลูกตำรับที่ 2 (ดินร่วน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 2 ส่วน) การปลูกต้นกล้าฟักข้าวในวัสดุปลูกตำรับที่ 3 (ดินร่วน 1 ส่วน : ใบไม้ผุ 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) ให้น้ำหนักแห้งรากน้อยที่สุด น้อยกว่าตำรับที่ 1 ถึง 0.026 กรัม (Table 2)

ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า วัสดุปลูกทั้ง 3 ตำรับนั้น วัสดุปลูกตำรับที่ 3 (ดิน 1 ส่วน : ใบไม้ผุ 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) ให้ค่าเฉลี่ยที่สูงในลักษณะความสูงต้นกล้า จำนวนใบต่อต้น จำนวนรากต่อต้น และน้ำหนักรากสด ซึ่งน่าจะเป็นตำรับที่เหมาะสมต่อการใช้เป็นวัสดุปลูกต้นกล้าฟักข้าวมากที่สุด โดยวัสดุปลูกตำรับที่ 3 ให้ความสูงต้นมากกว่าวัสดุปลูกตำรับที่ 1 และ 2 เท่ากับ 18.64 เซนติเมตร และ 0.18 เซนติเมตร ตามลำดับ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของวัสดุขี้เถ้าแกลบมากเกินไป อาจไม่เกิดผลดีต่อการเจริญเติบโตกับส่วนลำต้น จากการที่มีค่าเฉลี่ยของลักษณะความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น น้ำหนักแห้งต้น มีการเพิ่มขึ้นในอัตราค่อนข้างน้อย รวมทั้งยังมีผลต่อการลดลงในจำนวนรากต่อต้น น้ำหนักรากสด แต่พบว่าการใช้วัสดุขี้เถ้าแกลบเป็นส่วนผสมในอัตราที่สูงมีผลต่อการเพิ่มของความยาวราก เห็นได้จากเมื่อมีการใช้ขี้เถ้าแกลบในวัสดุปลูกในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้รากของต้นกล้าฟักข้าวมีความยาวที่เพิ่มมากกว่า ขณะที่การเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยในลักษณะอื่นๆ น้อยกว่า และค่าเฉลี่ยก็แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวัสดุปลูกตำรับอื่น เช่น วัสดุปลูกตำรับที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยความยาวรากสูงกว่าวัสดุปลูกตำรับที่ 2 ถึง 4.82 เซนติเมตร และสูงกว่าวัสดุปลูกตำรับที่ 3 ถึง 2.68 เซนติเมตร ขี้เถ้าแกลบอาจทำให้วัสดุปลูกมีความเย็น เหมาะสมกับการขยายและเพิ่มความยาวของรากพืชได้เร็วกว่า

ส่วนต้นกล้าฟักข้าวที่ปลูกในวัสดุปลูกตำรับที่ใช้ใบไม้ผุเป็นส่วนผสมนั้น ใบไม้ผุที่ย่อยสลายอย่างสมบูรณ์แล้วส่งผลดีต่อคุณภาพของวัสดุปลูกเป็นอย่างมาก เนื่องจากจะช่วยในการระบายอากาศ และการระบายน้ำให้กับวัสดุปลูกได้อย่างดี นอกจากนั้นยังช่วยในการดูดซับความชื้น และเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชได้ด้วย ส่งผลให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น มีการเพิ่มของจำนวนใบต่อต้น จำนวนรากต่อต้น และน้ำหนักรากสดของพืช ผลการทดลองพบว่า วัสดุปลูกตำรับที่ 3 ยังให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่า วัสดุปลูกตำรับที่ 1 และวัสดุปลูกตำรับที่ 2 ในทั้งลักษณะความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น จำนวนรากต่อต้น และน้ำหนักรากสด โดยพบว่าวัสดุปลูกตำรับที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่า

สรุปผล

วัสดุปลูกตำรับที่ 3 (ดิน 1 ส่วน : ใบไม้ผุ 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) ให้ค่าเฉลี่ยที่สูงในลักษณะความสูงต้นกล้า จำนวนใบต่อต้น จำนวนรากต่อต้น และน้ำหนักรากสด เป็นตำรับที่เหมาะสมต่อการใช้เป็นวัสดุปลูกต้นกล้าฟักข้าวมากที่สุด รองลงมาคือ วัสดุปลูกตำรับที่ 2 (ดิน 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 2 ส่วน)

เอกสารอ้างอิง

ชัยสิทธิ์ ทองจู, 2551, การผลิตวัสดุปลูกสำหรับไม้ดอกไม้ประดับ, เอกสารประกอบการฝึกอบรม เรื่อง การปลูกและการดูแลรักษาไม้ดอกหอมเพื่อการขยายพันธุ์และการใช้ประโยชน์ ณ ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม.

พิสมัย จูฑะมงคล, 2534, ผลของเครื่องปลูก ชนิด อัตรา และวิธีการให้ปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2538, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics) ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ, 146 หน้า.

Table 1 The effects of various media mixtures on shoot of seedling at 25 days after emergence of gac fruit.

Media mixture	Plant height (cm)	Leaves number	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)
Media mixture 1 (soil 2 : rice husk charcoal 3 : manure 1)	115.46[b1]	18[c]	16.09[b]	1.351[c]
Media mixture 2 (soil 2 : rice husk charcoal 2 : manure 2)	133.92[a]	20[b]	17.423[a]	1.562[a]
Media mixture 3 (soil 1 : leaf soften 2 : rice husk charcoal 2 : manure 1)	134.10[a]	22[a]	15.360[b]	1.496[b]
CV (%)	0.76	2.45	2.19	0.89

[1]Means in the column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 2 The effects of various media mixtures on root of seedling at 25 days after emergence of gac fruit.

Media mixture	Root number	Root length (cm)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)
Media mixture 1 (soil 2 : rice husk charcoal 3 : manure 1)	11[c]	26.64[a]	0.956[c]	0.215[a]
Media mixture 2 (soil 2 : rice husk charcoal 2 : manure 2)	13[b]	21.78[c]	2.493[b]	0.212[a]
Media mixture 3 (soil 1 : leaf soften 2 : rice husk charcoal 2 : manure 1)	19[a]	23.96[b]	2.523[a]	0.189[b]
CV (%)	3.85	3.19	0.16	1.53

[1]Means in the column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูป

Development of Quick Prepared Chinese Zongzi (Chinese Oily Sticky Rice)

พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์[1] กิตติมา ไพศาลเจริญ[2] และ พรชไม ชคัตประกาศ[2]

Sirisoontaralak, P.[1], Paisarnchareon, K.[2] and Jacutprakart, B.[2]

Abstract

Development of quick prepared Chinese Zongzi was conducted. Optimum process for dried shitake mushroom was primarily determined. Shitake mushroom was blanched for 1, 2 and 3 minutes and hot air dried at 40, 60 and 80°C. Drying time reduced with drying temperature. Dried mushroom, which was formerly blanched longer, required longer rehydration time. Optimum process for dried mushroom was blanching for 1 minute and drying at 60°C. Quick cooking sticky rice was prepared by dry heating sticky rice at 130°C for 10 minutes, cooking in boiled water with bamboo leaves and subsequently hot air drying at 90°C. Panelists preferred most on quick prepared Chinese Zongzi, which had ingredients of 50 g quick cooking sticky rice, 6 g dried shitake mushroom, 6 g textured vegetable protein, 3 g dried shrimp, 6 g soy sauce, 4 g sugar, 1 g salt, 1 g pepper powder, 7 g rendered garlic oil and 300 g water. Product preparation time was 12 minutes.

Keywords: Chinese Zongzi, sticky rice, dried shrimp, quick cooking

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูป เริ่มจากศึกษาวิธีการผลิตเห็ดหอมแห้ง ด้วยการลวกเห็ดหอมนาน 1 นาที, 2 นาที และ 3 นาที ทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40°C, 60°C และ 80°C พบว่า เวลาทำแห้งลดลงตามอุณหภูมิทำแห้ง และเห็ดหอมแห้งที่ผ่านการลวกนานจะคืนรูปนานขึ้น สภาวะการผลิตเห็ดหอมแห้งที่เหมาะสม คือ ลวก 1 นาที และทำแห้งที่อุณหภูมิ 60°C จากนั้นเตรียมข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว โดยให้ความร้อนแห้งข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 130°C นาน 10 นาที หุงสุกด้วยน้ำต้มใบไผ่ และทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 90°C ผู้ชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูปที่มีส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว 50 กรัม เห็ดหอมแห้ง 6 กรัม โปรตีนเกษตร 6 กรัม กุ้งแห้ง 3 กรัม ซีอิ๊ว 6 กรัม น้ำตาล 4 กรัม เกลือ 1 กรัม พริกไทย 1 กรัม น้ำมันกระเทียมเจียว 7 กรัม และน้ำ 300 กรัม โดยใช้เวลาในการเตรียมผลิตภัณฑ์ 12 นาที

คำสำคัญ: บ๊ะจ่าง ข้าวเหนียว เห็ดหอมแห้ง หุงสุกเร็ว

คำนำ

บ๊ะจ่าง (Chinese Zongzi หรือ Chinese oily sticky rice) เป็นอาหารที่มาจากประเทศจีน วิธีการทำบ๊ะจ่างเริ่มจากนำข้าวเหนียวมาแช่น้ำประมาณ 3-8 ชั่วโมง สะเด็ดน้ำ ผัดปรุงรส ใส่หมูพะโล้ กุนเชียง ไข่เค็ม กุ้งแห้ง เห็ดหอม ฯลฯ จากนั้นห่อข้าวเหนียวและส่วนผสมด้วยใบไผ่ นำไปต้มหรือนึ่งจนสุก คนไทยเชื้อสายจีนจะทำบ๊ะจ่างในเทศกาลวันไหว้ขนมจ้างปีละครั้ง จึงมีบ๊ะจ่างจำหน่ายไม่มากในช่วงนอกเทศกาล ทั้งนี้จากวิธีการทำบ๊ะจ่างที่ยุ่งยาก ใช้เวลานาน ต้องเตรียมส่วนผสมและเครื่องปรุงหลากชนิด และหาซื้อบ๊ะจ่างค่อนข้างยาก การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูปจึงมีความน่าสนใจ เพราะใช้เวลาเตรียมสั้น เตรียมง่ายด้วยอุปกรณ์ในครัวเรือน เหมาะกับชีวิตเร่งด่วนของคนรุ่นใหม่ และเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับส่วนผสมของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูป ได้แก่ ข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว ซึ่งเป็นข้าวเหนียวหุงสุกและเกิดเจลาติไนซ์ระดับหนึ่งก่อนจะทำแห้งเพื่อให้เกิดโครงสร้างแบบเป็นรูพรุนในเมล็ดข้าวเพื่อให้น้ำสามารถ

[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

เข้าไปอย่างรวดเร็วเมื่อนำมาคืนรูป โดยวิธีการให้ความร้อนแห้ง-หุงสุก-ทำแห้งเป็นวิธีผลิตที่เหมาะสมเพราะง่ายและอุตสาหกรรมสามารถปรับใช้ด้วยเตาอบลมร้อนที่มีราคาไม่สูงมากนัก ข้าวเหนียวหุงสุกเร็วที่ผลิตจากวิธีนี้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและใช้เวลาคืนรูปด้วยการต้มในน้ำเดือดเพียง 5-8 นาที (พรทิพย์ และคณะ, 2551) ส่วนประกอบอีกส่วน คือ เห็ดหอมแห้ง พบว่า การเตรียมวัตถุดิบเบื้องต้นและสภาวะการทำแห้งจะมีผลต่อคุณสมบัติการคืนรูปและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Walde และคณะ, 2005) นอกจากนั้นส่วนประกอบอื่น ได้แก่ โปรตีนเกษตร กุ้งแห้ง น้ำตาล พริกไทย เกลือ เป็นวัตถุดิบแห้งสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการผลิตเห็ดหอมแห้ง โดยล้างเห็ดหอมสด ตัดส่วนก้านทิ้ง ตัดเห็ดตามแนวยาวแบ่งเป็น 4 ส่วน หนาประมาณ 1 cm ลวกในน้ำเดือด (100°C) เป็นเวลา 1 นาที, 2 นาที และ 3 นาที จุ่มในน้ำเย็นจัด (5°C) สะเด็ดน้ำ นำไปทำแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 40°C 60°C และ 80°C จนเห็ดหอมมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 10% (wb) ตรวจสอบคุณภาพเห็ดหอมแห้งก่อนคืนรูป ได้แก่ ความชื้น ค่าสี (ค่า L*, a*, b*) ความหนาแน่นรวม และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และการยอมรับโดยรวม) จากนั้นนำเห็ดหอมแห้งมาคืนรูปในน้ำเดือด บันทึกเวลาคืนรูป ตรวจสอบคุณสมบัติการดูดน้ำกลับ ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม) สำหรับข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว เตรียมโดยนำข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 มาให้ความร้อนแห้งด้วยเตาอบลมร้อนอุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 10 นาที ทำให้สุกประมาณ 90% ในน้ำต้มใบไผ่ที่อุณหภูมิ 100°C โดยใช้อัตราส่วนข้าวเหนียวต่อน้ำเป็น 1:5 โดยน้ำหนัก นำข้าวเหนียวมาล้างน้ำเย็นอุณหภูมิ 5°C และนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 90°C จนข้าวเหนียวมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 10% (wb) และตรวจสอบคุณภาพข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว ได้แก่ ค่าสี (b*) เวลาคืนรูป ความหนาแน่นรวม และค่าความแข็งข้าวสุก การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูป ใช้ส่วนประกอบข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว 50 กรัม เห็ดหอมแห้ง 6 กรัม โปรตีนเกษตร 6 กรัม กุ้งแห้ง 3 กรัม ซีอิ๊ว 6 กรัม น้ำตาล 4 กรัม เกลือ 1 กรัม พริกไทย 1 กรัม น้ำมันกระเทียมเจียว 7 กรัม และเตรียมผลิตภัณฑ์ด้วยปริมาณน้ำแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 300 กรัม 360 กรัม และ 420 กรัม นำมาทดสอบการยอมรับของผู้ชิมด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม และทดลองหาขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม สำหรับวิธีการตรวจสอบคุณภาพเห็ดหอมแห้งและข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว ได้แก่ ปริมาณความชื้น ประเมินด้วยเตาอบลมร้อนอุณหภูมิ 130°C นาน 3 ชั่วโมง (AACC, 44-15A) ค่าสี ประเมินด้วยเครื่อง BYK Gardner GmbH รุ่น Color Guide Gloss (BYK Gardner GmbH, German) โดยวัดค่า L*, a*, b* ค่าความหนาแน่นรวม (น้ำหนักตัวอย่าง/ปริมาตรตัวอย่าง) โดยหาปริมาตรตัวอย่างที่ทราบน้ำหนัก โดยใส่ตัวอย่างสลับกับเมล็ดแมงลักที่ทราบปริมาตรที่แน่นอน เวลาคืนรูปเห็ดหอมแห้ง นำเห็ดหอมแห้งใส่ในน้ำเดือด ด้วยอัตราส่วนเห็ดหอมแห้งต่อน้ำ 1:5 สุ่มตัวอย่างเห็ดหอมมาชิม บันทึกเวลาที่เห็ดหอมสุกทั้งชิ้น เวลาคืนรูปข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว ใส่ข้าวหุงสุกเร็วในน้ำเดือด อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:5 บันทึกเวลาที่ข้าว 8 ใน 10 เมล็ดเกิดเจลาติไนซ์สมบูรณ์ คุณสมบัติการดูดน้ำกลับของเห็ดหอมแห้ง นำเห็ดหอมแห้งที่ทราบน้ำหนักเริ่มต้นใส่ในน้ำเดือด ต้มเห็ดหอมเป็นเวลา 20 นาที โดยทุก 2 นาที นำตัวอย่างมาสะเด็ดน้ำประมาณ 1 นาที จนแห้ง ชั่งน้ำหนัก คำนวณน้ำหนักเห็ดหอมที่เพิ่มขึ้นจากการดูดน้ำกลับ (weight gain on rehydration) หน่วย g water/g dry matter ความแข็งของข้าวเหนียวสุก คืนรูปข้าวเหนียวหุงสุกเร็วในน้ำเดือดแบบน้ำปริมาณมากเกินพอตามเวลาคืนรูปที่ประเมินได้ จากนั้นหาความแข็งของข้าวสุกจากค่าแรงสูงสุดในขณะที่ข้าวไหลล้นขึ้นมา หน่วยเป็นนิวตัน (N) จากวิธี Back Extrusion Tests ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (LLOYD Instrument model LRX 5 k, LLOYD Instrument Ltd.) คุณภาพทางประสาทสัมผัส ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ชิมกึ่งฝึกฝนซึ่งเป็นนิสิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คน โดยประเมินความชอบแบบแบ่งสเกล 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) (1= ชอบน้อยที่สุด, 9= ชอบมากที่สุด)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อทำแห้งเห็ดหอมด้วยลมร้อน (40°C 60°C และ 80°C) จนเห็ดหอมมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 10% wb พบว่าระยะเวลาทำแห้งลดลงตามอุณหภูมิการทำแห้ง (Table 1) โดยเห็ดหอมที่ผ่านการลวกน้ำร้อนจะใช้เวลาการทำแห้งน้อยกว่าเห็ดหอมสด (อุณหภูมิทำแห้ง 60°C เวลาทำแห้งเห็ดหอมที่ผ่านการลวกน้ำร้อนและเห็ดหอมสดเป็น 6.2-6.4 ชั่วโมง และ 8.3 ชั่วโมง ในขณะที่อุณหภูมิทำแห้ง 80°C เวลาทำแห้งเป็น 3.6-3.9 และ 4.6 ชั่วโมงตามลำดับ) แต่เมื่อทำแห้งอุณหภูมิต่ำ (40°C) เวลาทำแห้งเห็ดหอมที่ผ่านการลวก (20.7-24.1 ชั่วโมง) จะมากกว่าเห็ดหอมสด (19.4 ชั่วโมง) ระหว่าง

ทำแห้ง ลมร้อนถ่ายเทความร้อนสู่อาหาร น้ำเคลื่อนที่จากภายในและระเหยจากผิวหน้าของอาหารผ่านแคพิลลารี่ในอาหาร และการแพร่ของน้ำ ซึ่งอัตราการทำแห้งจะสัมพันธ์กับสภาวะลมร้อนและขนาดของวัตถุดิบ โดยอัตราการทำแห้งจะเพิ่มตามอุณหภูมิของลมร้อน (Singh และคณะ, 2008) เห็ดหอมที่ผ่านการลวกและทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นรวมน้อยกว่าทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (Table 1) ในขณะที่เห็ดหอมสดที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงกลับมีความหนาแน่นรวมมากกว่าทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) เมื่อคืนรูปเห็ดหอมแห้งด้วยน้ำเดือด พบว่าความหนาแน่นรวมของเห็ดหอมแห้งมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการคืนรูป โดยเห็ดหอมที่ทำแห้งอุณหภูมิสูงจะใช้ระยะเวลาการคืนรูปน้อยกว่าเห็ดหอมที่ทำแห้งอุณหภูมิต่ำ และเมื่อพิจารณาอัตราการดูดน้ำกลับขณะคืนรูปของเห็ดหอมแห้ง (Figure 1) พบว่าเห็ดหอมแห้งทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะดูดน้ำกลับเร็วกว่าเห็ดหอมแห้งที่ทำแห้งอุณหภูมิต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Vega-Galvez และคณะ (2008) ที่รายงานการเพิ่มของอัตราการดูดน้ำกลับของพริกหวานแดงแห้งตามอุณหภูมิทำแห้ง เนื่องจากการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เนื้อเยื่อถูกทำลายและเซลล์เสียหายทำให้มีปริมาณน้ำที่ถูกดูดและกักเก็บไว้ในช่องว่างระหว่างเซลล์ที่ถูกทำลายในปริมาณมาก อย่างไรก็ตามพริกหวานแดงแห้งที่ทำแห้งอุณหภูมิสูงมีประสิทธิภาพการกักเก็บน้ำภายหลังการดูดน้ำกลับลดลง สำหรับค่าสีของเห็ดหอมแห้ง พบว่าค่าความสว่าง (L*) และความเป็นสีเหลือง (b*) ของเห็ดหอมแห้งมากกว่าเห็ดหอมสด ในขณะที่ความเป็นสีแดง (a*) น้อยกว่าเห็ดหอมสด ทั้งนี้อุณหภูมิทำแห้งและระยะเวลาการลวกน้ำร้อนไม่มีผลต่อค่าสีของเห็ดหอมแห้ง ($p \geq 0.05$) ซึ่งแตกต่างจาก Kotwaliwale และคณะ (2007) ที่รายงานการลดลงของความขาวและการเพิ่มขึ้นของความเหลืองระหว่างการทำแห้งเห็ดนางรม โดยความขาวลดลงตามอุณหภูมิทำแห้ง เนื่องจาก enzymatic browning และ non-enzymatic browning อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้เห็ดหอมมีสีน้ำตาลเข้มจึงอาจไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างชัดเจน สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าหากพิจารณาระยะเวลาการลวกน้ำร้อน ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับโดยรวมสำหรับเห็ดหอมแห้งหลังคืนรูปไม่แตกต่างกัน ยกเว้นที่อุณหภูมิทำแห้ง 60°C ผู้ชิมจะให้การยอมรับเห็ดหอมที่ผ่านการลวกเป็นเวลา1 นาที มากกว่า ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาอุณหภูมิทำแห้ง พบว่าผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับโดยรวมสำหรับเห็ดหอมแห้งหลังคืนรูปไม่แตกต่างกัน ยกเว้นที่ระยะเวลาการลวก 1 นาที ผู้ชิมจะให้การยอมรับเห็ดหอมที่ทำแห้งอุณหภูมิ 60°C มากกว่า ($p<0.05$) ดังนั้นหากพิจารณาเวลาทำแห้ง เวลาคืนรูปและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเห็ดหอม สภาวะการผลิตเห็ดหอมแห้งที่เหมาะสมคือ การลวกเห็ดหอมด้วยน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 1 นาที และทำแห้งที่อุณหภูมิ 60°C สำหรับข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว มีค่าความเป็นสีเหลือง 19.84 ความหนาแน่นรวม 0.67 g/cm^3 เวลาคืนรูป 5 นาที ความแข็งของข้าวเหนียวสุก 15.88 N ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของพรทิพย์และคณะ (2551)

เมื่อนำส่วนผสมของบ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูปซึ่งประกอบด้วย ข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว50 กรัม เห็ดหอมแห้ง 6 กรัม โปรตีนเกษตร 6 กรัม กุ้งแห้ง 3 กรัม ซีอิ๊ว 6 กรัม น้ำตาล 4 กรัม เกลือ 1 กรัม พริกไทย 1 กรัม น้ำมันกระเทียมเจียว 7 กรัม มาเตรียมผลิตภัณฑ์ด้วยปริมาณน้ำแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 300 กรัม 360 กรัม และ 420 กรัม พบว่าผู้ชิมให้การยอมรับด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมแก่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำ 300 กรัม มากที่สุด (Table 2) สำหรับขั้นตอนการเตรียมบ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูป เป็นดังนี้ ต้มน้ำ 100 กรัมจนเดือดใส่เห็ดหอมแห้ง 6 กรัม คืนรูป 7 นาที แล้วพักไว้ จากนั้นต้มน้ำ 300 กรัมจนเดือด ใส่ข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว 50 กรัม ซีอิ๊ว 6 กรัม น้ำตาล 4 กรัม เกลือ 1 กรัม พริกไทย 1 และน้ำมันกระเทียมเจียว 7 กรัม ผสมเข้ากัน และต้มนาน 3 นาที ใส่กุ้งแห้ง 3 กรัม โปรตีนเกษตร 6 กรัม และเห็ดหอมที่คืนรูปไว้แล้ว ต้มต่ออีก 2 นาที จนส่วนผสมแห้ง ผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูปใช้เตรียมเวลาเตรียมทั้งสิ้น 12 นาที

สรุปผล

สภาวะการผลิตเห็ดหอมแห้งที่เหมาะสม คือ การลวกเห็ดหอมสดเป็นระยะเวลา 1 นาที สะเด็ดน้ำ และทำแห้งที่อุณหภูมิ 60°C ประมาณ 6 ชั่วโมง จนเห็ดหอมแห้งมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 10% wb ระยะเวลาคืนรูปเห็ดหอมแห้งในน้ำเดือด 7 นาที ส่วนข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว เตรียมด้วยการให้ความร้อนแห้งข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 130°C นาน 10 นาที หุงสุกด้วยน้ำต้มใบไผ่ และทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 90°C ระยะเวลาคืนรูปข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว 5 นาที สำหรับส่วนผสมของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูป ประกอบด้วย ข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว 50 กรัม เห็ดหอมแห้ง 6 กรัม โปรตีนเกษตร 6 กรัม กุ้งแห้ง 3 กรัม ซีอิ๊ว 6 กรัม น้ำตาล 4 กรัม เกลือ 1 กรัม พริกไทย 1 กรัม น้ำมันกระเทียมเจียว 7 กรัม และน้ำ 300 กรัม ทั้งนี้ผู้ชิม "ชอบ" ผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถลดเวลาการทำบ๊ะจ่างแบบดั้งเดิมจากหลายชั่วโมงเหลือเพียง 12 นาที และสะดวกในการเตรียมด้วยอุปกรณ์ในครัวเรือน

Table 1 Qualities of dried mushroom prepared with different blanching times and drying temperatures

Drying temperature (°C)	Drying time (hrs)	Bulk density (g/cm³)	Rehydration time (min)	Color values (before dehydration)			Overall acceptability scores (after rehydration) Blanching time (min)		
				L*	a*	b*	1	2	3
40	20.7-24.1	0.82-0.86	14-17	25.00-28.77	4.16-8.63	10.37-12.39	5.04b(1)[1]	5.68a(1)	5.96a(1)
60	6.2-6.4	0.67-0.68	7-10	22.62-29.94	4.98-6.99	8.06-13.36	6.76a(1)	5.88a(2)	5.28a(2)
80	3.6-3.9	0.60-0.70	7-11	25.29-33.00	5.89-8.31	11.74-15.93	5.52b(1)	5.64a(1)	6.20a(1)
Control[2]	-	-	-	18.18	8.67	4.55	-		

[1]In a column, mean values with different letters are significantly different at P<0.05 by DMRT test. In a row, mean values with different numbers are significantly different at P<0.05 by DMRT test.; [2]Control = fresh mushroom

Table 2 Acceptability of quick prepared Chinese Zongzi prepared with different amounts of water

Amount of water (g)	Scores for sensory qualities					
	Color	Appearance	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
300	6.70a[1]	6.63a	6.53a	6.27a	6.17a	6.73a
360	6.10a	6.30a	6.37a	6.27a	5.93a	6.53a
420	5.13b	4.83b	5.33b	5.13b	4.33b	5.03b

[1]In a column, mean values with different letters are significantly different at P<0.05 by DMRT test.

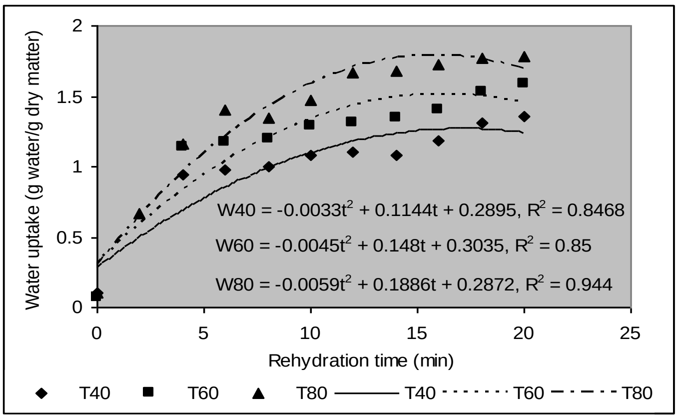


Figure 1 Water uptake during rehydration of dry mushroom blanched for 3 minutes and dried at 40, 60 and 80°C

เอกสารอ้างอิง

พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์ พิชญาภรณ์ สถาพรวจนา และ พิมลพรรณ พูลสุขเสริม, 2551, การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วด้วยวิธีให้ความร้อนแห้ง, รายงานการเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, หน้า 1-14.

Kotwaliwale, N., Bakane, P. and Verma, A., 2007, Changes in Textural and Optical Properties of Oyster Mushroom during Hot Air Drying, Journal of Food Engineering 78: 1207-1211.

Sing, G.D., Sharrma, R., Bawa, A.S. and Saxena, D.C., 2008, Drying and Rehydration Characteristics of Water Chestnut (Trapa natans) as a Function of Drying Air Temperature, Journal of Food Engineering 87: 213-221.

Vega-Galvez, A., Lemus-Mondaca, R., Bilbao-Sainz, C., Fito, P. and Andres, A., 2008, Effect of Air Drying Temperature on the Quality of Rehydrated Dried Red Bell Pepper (var. Lamuyo), Journal of Food Engineering 85: 42-50.

Walde, S.G., Velu, V., Jyothirmayi, T. and Math, R.G., 2006, Effects of Pretreatments and Drying Methods on Dehydration of Mushroom, Journal of Food Engineering 74: 108-115.

การศึกษาผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะที่มีต่อคุณภาพของไอศกรีมนม

Effect of Rambutan Peel Dietary Fiber Supplement on Quality of Dairy Ice Cream

กุลรภัส วชิรศิริ[1] โศรดา วัลภา[1] ดำรงชัย สิทธิสำอางค์[1] และ ฐิติชญา สุวรรณทัพ[1]

Wachirasiri, K.[1], Wanlapa, S.[1], Sithisam-ang, D.[1] and Suwannathup, T.[1]

Abstract

The objective of this research is to investigate the incorporation of rambutan peel dietary fibers (DF) prepared and purified by alkaline hydrogen peroxide treatment into dairy ice cream product and their effect on the physicals and sensory properties of the products have been studied. The rambutan dietary fiber at levels of 1, 3 and 5% of total ingredient weight was added to the formulation mix. It was found that addition of rambutan DF had significant effects on color, overrun and melt-down rate and also sensory properties. Sensory panel indicated that rambutan DF could be incorporated into ice cream product up to the level of 3% of total ingredient weight.

Keywords: rambutan dietary fiber, dairy ice cream, melt-down rate, overrun

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะที่ผ่านกระบวนการเตรียมใยอาหารและทำบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการ alkaline hydrogen peroxide treatment ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนม ปริมาณร้อยละ 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด จากนั้นศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ด้านสี ร้อยละการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ (overrun) และอัตราการละลาย (melt down rate) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดลอง พบว่า การเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมแตกต่างกับไอศกรีมไม่ได้มีการเติมใยอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และปริมาณการเติมใยอาหารมีผลต่อคุณภาพด้านกายภาพอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ปริมาณการเติมใยอาหารร้อยละ 3 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมดไม่ทำให้ไอศกรีมนมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับไอศกรีมนมที่ไม่ได้มีการเติมใยอาหาร และได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ชอบถึงชอบมาก

คำสำคัญ: ใยอาหารจากเปลือกเงาะ ไอศกรีมนม อัตราการละลาย การขึ้นฟูของไอศกรีม

บทนำ

เงาะจัดเป็นไม้ผลทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศเป็นอันดับ 3 รองจาก สับปะรดและลำไย โดยทั่วไปเงาะเป็นไม้ผลที่เจริญได้ดี ในบริเวณที่มีความชื้นค่อนข้างสูง สำหรับประเทศไทยนิยมปลูกมากในภาคตะวันออกและภาคใต้ โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกเชิงการค้า ได้แก่ พันธุ์โรงเรียน พันธุ์สีทอง และ พันธุ์สีชมพู เป็นต้น นอกจากการบริโภคสดแล้ว เงาะส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในระดับอุตสาหกรรม โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เงาะบรรจุกระป๋อง จากอุตสาหกรรมแปรรูปดังกล่าวจึงทำให้มีเปลือกที่ต้องกำจัดทิ้งเป็นจำนวนมาก การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเงาะเบื้องต้น พบว่า เปลือกเงาะมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fibers, TDF) ร้อยละ 61.81 (น้ำหนักแห้ง) แบ่งเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble Dietary Fibers, IDF) ร้อยละ 48.53 (น้ำหนักแห้ง) และ ใยอาหารที่ละละลายน้ำได้ (Soluble Dietary Fibers, SDF) ร้อยละ 13.28 (น้ำหนักแห้ง) ผลการตรวจสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเปลือกเงาะเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยสารพฤกษเคมี (Phytochemicals) ในกลุ่มพอลิฟีนอล (Polyphenol) ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Free Radical) และมีบทบาทในการป้องกันหรือลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ ที่เกิดจากการทำลายด้วยอนุมูลอิสระ การวิจัยนี้จึงได้นำเปลือกเงาะวัสดุเศษเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมมาผลิตเป็นใยอาหารโดยผ่าน กระบวนการเตรียมใยอาหารและทำบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการ alkaline hydrogen peroxide treatment มาประยุกต์ใช้ในไอศกรีมนม โดยทำการศึกษาผลของระดับการเติมต่อคุณภาพของไอศกรีมที่ได้ เพื่อศึกษาระดับการเติมที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมซึ่งยังคงทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและมี

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต. คลองห้า อ.คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120

[1] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technology Research, 35 Moo 3, Khlong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120.

คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นในขณะเดียวกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีม และเพิ่มคุณลักษณะทางกายภาพที่ดีให้แก่ผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมใยอาหารจากเปลือกเงาะ

นำเปลือกเงาะซึ่งได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัท มาลีสามพราน จำกัด มาผ่านกระบวนการเตรียมใยอาหารและทำบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการ alkaline hydrogen peroxide treatment จากนั้นนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติต่างๆ ของใยอาหาร ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ตามวิธี AACC 2000 ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber, TDF) ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber, SDF) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber, IDF) ตามวิธีของ Prosky และคณะ (1988) วิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่อง color meter (Chroma, CR200, Japan) รายงานค่า L* ค่า a* และค่า b* วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ(Water Holding Capacity, WHC) และน้ำมัน (Oil Holding Capacity, OHC) ตามวิธีของ Larrauri และคณะ (1996) ทดสอบความเป็นพิษของใยอาหารตรวจสอบ Acute oral toxicity test ตามวิธีมาตรฐาน test guideline No.420

การศึกษาผลของใยอาหารจากเปลือกเงาะต่อคุณภาพของไอศกรีมนม

ไอศกรีมนมสูตรมาตรฐานประกอบไปด้วยนมสด นมผง หางนมผง น้ำตาล น้ำ และสารให้ความคงตัว ร้อยละ (ส่วนผสมทั้งหมด) 60, 8, 1.5, 20, 10 และ 0.5 ตามลำดับ เติมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณร้อยละ 0, 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด กระบวนการผลิตไอศกรีม เริ่มจากผสมน้ำตาลกับสารให้ความคงตัวละลายส่วนผสมด้วยน้ำก่อนเติม เติมส่วนผสมที่เหลือลงไป และผสมให้เข้ากัน ได้เป็นไอศกรีมมิกซ์ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำไอศกรีมมิกซ์มาปั่นด้วยเครื่องปั่นไอศกรีมรุ่น Gelato Chef 2500 จากนั้นนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสก่อนนำไปตรวจสอบคุณภาพต่างๆ ได้แก่ สี ด้วยเครื่อง color meter (Chroma, CR200, Japan) การขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ (overrun, %) และอัตราการละลาย (melt down rate, g/10 min) ตามวิธีของ Koxholt และคณะ (2001) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส การยอมรับผลิตภัณฑ์ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic Scale 9 point ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ข้อมูลจากการทดลองนี้ได้จากการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ Duncan' s multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลิตภัณฑ์ใยอาหารจากเปลือกเงาะที่ผ่านกระบวนการเตรียมใยอาหารและทำบริสุทธิ์ด้วย alkaline hydrogen peroxide treatment มีสีขาวนวล โดยมีค่า L*, a*, b* 82.65, 0.42 และ 21.31 ตามลำดับ ใยอาหารจากเปลือกเงาะที่เตรียมได้ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 0.17, 0.47 และ 6.80 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ มีปริมาณ TDF, SDF และ IDF ร้อยละ 81.04, 4.47 และ 76.57 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ 12.49 กรัมน้ำต่อกรัมใยอาหารน้ำหนักแห้ง และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน 6.91 กรัมน้ำมันต่อกรัมใยอาหารน้ำหนักแห้ง ผลการทดสอบความเป็นพิษและอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตของใยอาหารที่สกัดได้ในสัตว์ทดลอง พบว่า มีค่า LD_{50} มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวหนู ซึ่งบ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อการบริโภค

ผลของการเติมใยอาหารในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมในปริมาณร้อยละ 0, 1, 3 และ 5 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด พบว่า การเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมแตกต่างกับไอศกรีมที่ไม่ได้มีการเติมใยอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงใน Table 1 โดยเมื่อเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด มีผลทำให้ค่า L* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่ได้เติมใยอาหาร และค่า L* มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณใยอาหารจากเปลือกเงาะในส่วนผสม แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำลง สำหรับค่า a* และ ค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณใยอาหารจากเปลือกเงาะในส่วนผสมเพิ่มขึ้น ซึ่งการลดลงของค่า L* และการเพิ่มขึ้นของค่า a* และ ค่า b* สอดคล้องกับลักษณะปรากฏของสีของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองหม่นมากขึ้น

Table 1 Influence of rambutan peel dietary fiber on the physical characteristics of dairy ice cream

Rambutan DF (%)	Color L*	Color a*	Color b*	Overrun (%)	melt-down rate (g/10min)
0	33.91±0.17 [a]	-1.34±0.11 [a]	3.76±0.06 [a]	42.85±1.28[a]	22.80±0.05[a]
1	30.19±0.12 [b]	-1.11±0.02 [b]	5.31±0.01[b]	39.47±1.44[b]	18.00±0.02[b]
3	22.74±0.37 [c]	-0.28±0.06 [c]	6.72±0.11[c]	23.79±0.97[c]	9.00±0.04[c]
5	20.87±0.66 [d]	0.06±0.02 [d]	7.75±0.21[d]	16.00±1.68[d]	4.20±0.02[d]

All data are the mean of three replicates. Mean followed by different letters in the same column differs significantly ($p \leq 0.05$)

หลังการนำไอศกรีมมิกซ์ไปตีปั่นแล้วตรวจสอบร้อยละการขึ้นฟู (overrun) ของไอศกรีม พบว่า การเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในผลิตภัณฑ์มีผลต่อร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ ไอศกรีมที่มีการเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะมีร้อยละการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ไม่มีการเติมใยอาหาร และมีแนวโน้มร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อระดับปริมาณการเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะเพิ่มสูงขึ้นดังแสดงใน Table 1 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Murtara (2004) และ Hassan และ Hussein (2010) ซึ่งทำการศึกษาผลของการเติมผลเนื้อมะเดื่อ และผลลูกพลับ (Persimmon) ในไอศกรีม พบว่า ปริมาณการเติมผลเนื้อมะเดื่อและลูกพลับที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลง และการลดลงนั้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับไอศกรีมสูตรควบคุม การลดลงของร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมอาจเกิดจากโครงสร้างหลักของไอศกรีม ซึ่งได้แก่ ไขมัน โปรตีน และเซลล์อากาศ ถูกรบกวนด้วยใยอาหาร ทำให้เม็ดไขมันไม่สามารถสร้างร่างแห (fat coalescences) ที่แข็งแรงเพียงพอที่จะกักเก็บอากาศที่ได้จากกระบวนการตีปั่นไอศกรีม ทำให้ร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลง การตรวจสอบสมบัติด้านการละลาย (meltdown) ของไอศกรีม โดยทำการวัดปริมาณของเหลวที่หยดผ่านตะแกรงที่เวลาต่างๆ พบว่า ปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้อัตราการละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่เติมใยอาหาร ดังแสดงใน Table 1 สอดคล้องกับการทดลองของ Schmidt และคณะ (1993) ซึ่งพบว่า ice milk ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (total Solid) ต่ำกว่า มีอัตราการละลายสูงกว่าสูตรที่มีปริมาณของแข็งมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจาก ปริมาณของแข็งน้อยลงปริมาณสารที่สามารถดูดซับน้ำได้ก็น้อยลงด้วย การเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำที่ดี ซึ่งพิจารณาจากค่า water holding capacity ที่มีค่าสูง จะช่วยจับน้ำและทำให้น้ำในไอศกรีมละลายได้ช้าลง ซึ่งความสามารถในการดูดซับน้ำดังกล่าวเป็นคุณสมบัติที่ดีอย่างหนึ่งในใยอาหารจากเปลือกเงาะที่สกัดได้

Table 2 Influence of rambutan peel dietary fiber on sensory acceptability of dairy ice cream

Rambutan DF (%)	Appearance	Taste/flavor	Texture	Overall acceptability
0	7.02±0.96[a]	6.94±1.19[a]	6.82±0.45[a]	7.23±0.083 [a]
1	6.98±0.98[a]	6.82±1.66[a]	6.37±0.35[ab]	6.50±1.03 [a]
3	6.77±1.04[a]	6.88±0.99[a]	6.23±0.30[ab]	6.23±1.88[ab]
5	6.83±1.30[a]	6.47±1.20[a]	5.29±0.37 [b]	5.35±1.72[b]

All data are the mean of three replicates. Mean followed by different letters in the same column differs significantly ($p \leq 0.05$)

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่เติมและเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณต่างๆ ได้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงใน Table 2 เช่นเดียวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสที่ได้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมใยอาหารและเติมใยอาหารในปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส พบว่า การเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณที่มากขึ้นมีแนวโน้มที่ทำให้ค่าความชอบในด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่ได้เติมใยอาหารได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าผลิตภัณฑ์

ไอศกรีมที่มีการเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่เติมใยอาหารจากเปลือกเงาะและผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่เสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะร้อยละ 1 และ 3 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด การเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด มีผลทำให้ค่าคะแนนเริ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่เสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณร้อยละ 1 และ 3 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ค่าคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มคล้ายคลึงกับค่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส กล่าวคือ การเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่มีการเสริมใยอาหาร พบว่า ได้คะแนนความชอบสูงกว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีการเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณต่างๆ แต่อย่างไรก็ดี คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่มีการเสริมใยอาหารไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีการเสริมใยอาหารที่ระดับร้อยละ 1 และ 3 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดแต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีการเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณร้อยละ 5 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด (p≤0.05) นอกจากนี้การเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณร้อยละ 3 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีการเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะ ร้อยละ 5 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด จากคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมทำให้ทราบว่า คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมแปรผันโดยตรงกับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส (r = 0.99) ดังนั้นเนื้อสัมผัสจึงเป็นคุณลักษณะหลักที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนม

สรุปผล

การเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพ ด้านสี ร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีม อัตราการละลาย และคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมนม โดยทำให้สีของไอศกรีมหม่นลงเล็กน้อย ร้อยละความขึ้นฟูของไอศกรีมและอัตราการละลายลดลง ปริมาณการเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะสูงสุดที่เติมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่ได้เติมใยอาหาร คือ การเติมใยอาหารร้อยละ 3 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท บริษัท มาลีสามพราน จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เปลือกเงาะที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

AACC, 2000, Approved Methods (10th Ed), American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minesota, USA.

Hassan, Z.M.R. and Hussein, G.A., 2010, Using *Perimon Diospyros* kalki L. in Making Functional Ice Cream. Journal Food and Dairy Science, 1(5): 281-286.

Koxholt, M.M.R., Eisenmann, B. and Hinrichst, J., 2001, Effect of the Fat Globule Sizes on the Meltdown of Ice Cream, Journal Food and Dairy Science, 84: 31-37.

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.

Murtaza, A.M., Huma, N., Mueen-UD-Din, G., Shabbir, M.A. and Mahmood, S., 2004, Effect of Fat Replacement by Fig Addition on Ice Cream Quality, International Journal of Agriculture and Biology, 6(1): 68-70.

Potter, N.N. and Hotchkiss, J.H., 1995, Food Science, 5th ed. Chapman and Hall, New York.

Prosky, L., Asp, N.G., Schweitzer, T.F., DeVries, W.J. and Furda, I., 1988, Determine of Insoluble, Soluble and Total Dietary Fiber in Foods and Food Products: Interlaboratory, Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 71: 1017-1024.

Schmidt, K., Lundy, A., Reynolds, J. and Yee, L.N., 1993, Carbohydrate or Protein Based Fat Mimicker Effects on Ice Milk Properties, Journal of Food Science, 58(4): 761-763, 779.

การศึกษาผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะที่มีต่อคุณภาพของไอศกรีมนม

Effect of Rambutan Peel Dietary Fiber Supplement on Quality of Dairy Ice Cream

กุลรภัส วชิรศิริ[1] โศรดา วัลภา[1] ดำรงชัย สิทธิสำอางค์[1] และ ฐิติชญา สุวรรณทัพ[1]
Wachirasiri, K.[1], Wanlapa, S.[1], Sithisam-ang, D.[1] and Suwannathup, T.[1]

Abstract

The objective of this research is to investigate the incorporation of rambutan peel dietary fibers (DF) prepared and purified by alkaline hydrogen peroxide treatment into dairy ice cream product and their effect on the physicals and sensory properties of the products have been studied. The rambutan dietary fiber at levels of 1, 3 and 5% of total ingredient weight was added to the formulation mix. It was found that addition of rambutan DF had significant effects on color, overrun and melt-down rate and also sensory properties. Sensory panel indicated that rambutan DF could be incorporated into ice cream product up to the level of 3% of total ingredient weight.

Keywords: rambutan dietary fiber, dairy ice cream, melt-down rate overrun

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะที่ผ่านกระบวนการเตรียมใยอาหารและทำบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการ alkaline hydrogen peroxide treatment ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนม ปริมาณร้อยละ 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด จากนั้นศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ด้านสี ร้อยละการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ (overrun) และอัตราการละลาย (melt down rate) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดลอง พบว่า การเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมแตกต่างกับไอศกรีมไม่ได้มีการเติมใยอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และปริมาณการเติมใยอาหารมีผลต่อคุณภาพด้านกายภาพอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ปริมาณการเติมใยอาหารร้อยละ 3 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมดไม่ทำให้ไอศกรีมนมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับไอศกรีมนมที่ไม่ได้มีการเติมใยอาหาร และได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ชอบถึงชอบมาก

คำสำคัญ: ใยอาหารจากเปลือกเงาะ ไอศกรีมนม อัตราการละลาย การขึ้นฟูของไอศกรีม

บทนำ

เงาะจัดเป็นไม้ผลทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศเป็นอันดับ 3 รองจาก สับปะรดและลำไย โดยทั่วไปเงาะเป็นไม้ผลที่เจริญได้ดี ในบริเวณที่มีความชื้นค่อนข้างสูง สำหรับประเทศไทยนิยมปลูกมากในภาคตะวันออกและภาคใต้ โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกเชิงการค้า ได้แก่ พันธุ์โรงเรียน พันธุ์สีทอง และ พันธุ์สีชมพู เป็นต้น นอกจากการบริโภคสดแล้ว เงาะส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในระดับอุตสาหกรรม โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เงาะบรรจุกระป๋อง จากอุตสาหกรรมแปรรูปดังกล่าวจึงทำให้มีเปลือกที่ต้องกำจัดทิ้งเป็นจำนวนมาก การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเงาะเบื้องต้น พบว่า เปลือกเงาะมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fibers, TDF) ร้อยละ 61.81 (น้ำหนักแห้ง) แบ่งเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble Dietary Fibers, IDF) ร้อยละ 48.53 (น้ำหนักแห้ง) และ ใยอาหารที่ละละลายน้ำได้ (Soluble Dietary Fibers, SDF) ร้อยละ 13.28 (น้ำหนักแห้ง) ผลการตรวจสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเปลือกเงาะเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยสารพฤกษเคมี (Phytochemicals) ในกลุ่มพอลิฟีนอล (Polyphenol) ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Free Radical) และมีบทบาทในการป้องกันหรือลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ ที่เกิดจากการทำลายด้วยอนุมูลอิสระ การวิจัยนี้จึงได้นำเปลือกเงาะวัสดุเศษเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมมาผลิตเป็นใยอาหารโดยผ่าน กระบวนการเตรียมใยอาหารและทำบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการ alkaline hydrogen peroxide treatment มาประยุกต์ใช้ในไอศกรีมนม โดยทำการศึกษาผลของระดับการเติมต่อคุณภาพของไอศกรีมที่ได้ เพื่อศึกษาระดับการเติมที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมซึ่งยังคงทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและมี

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ต. คลองห้า อ.คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120
[1] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technology Research, 35 Moo 3, Khlong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120.

คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นในขณะเดียวกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีม และเพิ่มคุณลักษณะทางกายภาพที่ดีให้แก่ผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมใยอาหารจากเปลือกเงาะ

นำเปลือกเงาะซึ่งได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัท มาลีสามพราน จำกัด มาผ่านกระบวนการเตรียมใยอาหารและทำบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการ alkaline hydrogen peroxide treatment จากนั้นนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติต่างๆ ของใยอาหาร ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ตามวิธี AACC 2000 ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber, TDF) ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber, SDF) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber, IDF) ตามวิธีของ Prosky และคณะ (1988) วิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่อง color meter (Chroma, CR200, Japan) รายงานค่า L* ค่า a* และค่า b* วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ(Water Holding Capacity, WHC) และน้ำมัน (Oil Holding Capacity, OHC) ตามวิธีของ Larrauri และคณะ (1996) ทดสอบความเป็นพิษของใยอาหารตรวจสอบ Acute oral toxicity test ตามวิธีมาตรฐาน test guideline No.420

การศึกษาผลของใยอาหารจากเปลือกเงาะต่อคุณภาพของไอศกรีมนม

ไอศกรีมนมสูตรมาตรฐานประกอบไปด้วยนมสด นมผง หางนมผง น้ำตาล น้ำ และสารให้ความคงตัว ร้อยละ (ส่วนผสมทั้งหมด) 60, 8, 1.5, 20, 10 และ 0.5 ตามลำดับ เติมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณร้อยละ 0, 1, 3 และ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด กระบวนการผลิตไอศกรีม เริ่มจากผสมน้ำตาลกับสารให้ความคงตัวละลายส่วนผสมด้วยน้ำก่อนเติม เติมส่วนผสมที่เหลือลงไป และผสมให้เข้ากัน ได้เป็นไอศกรีมมิกซ์ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำไอศกรีมมิกซ์มาปั่นด้วยเครื่องปั่นไอศกรีมรุ่น Gelato Chef 2500 จากนั้นนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสก่อนนำไปตรวจสอบคุณภาพต่างๆ ได้แก่ สี ด้วยเครื่อง color meter (Chroma, CR200, Japan) การขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ (overrun, %) และอัตราการละลาย (melt down rate, g/10 min) ตามวิธีของ Koxholt และคณะ (2001) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส การยอมรับผลิตภัณฑ์ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic Scale 9 point ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ข้อมูลจากการทดลองนี้ได้จากการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ Duncan' s multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลิตภัณฑ์ใยอาหารจากเปลือกเงาะที่ผ่านกระบวนการเตรียมใยอาหารและทำบริสุทธิ์ด้วย alkaline hydrogen peroxide treatment มีสีขาวนวล โดยมีค่า L*, a*, b* 82.65, 0.42 และ 21.31 ตามลำดับ ใยอาหารจากเปลือกเงาะที่เตรียมได้ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 0.17, 0.47 และ 6.80 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ มีปริมาณ TDF, SDF และ IDF ร้อยละ 81.04, 4.47 และ 76.57 (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ 12.49 กรัมน้ำต่อกรัมใยอาหารน้ำหนักแห้ง และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน 6.91 กรัมน้ำมันต่อกรัมใยอาหารน้ำหนักแห้ง ผลการทดสอบความเป็นพิษและอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตของใยอาหารที่สกัดได้ในสัตว์ทดลอง พบว่า มีค่า LD_{50} มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวหนู ซึ่งบ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อการบริโภค

ผลของการเติมใยอาหารในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมในปริมาณร้อยละ 0, 1, 3 และ 5 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด พบว่า การเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมแตกต่างกับไอศกรีมที่ไม่ได้มีการเติมใยอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงใน Table 1 โดยเมื่อเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด มีผลทำให้ค่า L* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่ได้เติมใยอาหาร และค่า L* มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณใยอาหารจากเปลือกเงาะในส่วนผสม แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำลง สำหรับค่า a* และ ค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณใยอาหารจากเปลือกเงาะในส่วนผสมเพิ่มขึ้น ซึ่งการลดลงของค่า L* และการเพิ่มขึ้นของค่า a* และ ค่า b* สอดคล้องกับลักษณะปรากฏของสีของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองหม่นมากขึ้น

Table 1 Influence of rambutan peel dietary fiber on the physical characteristics of dairy ice cream

Rambutan DF (%)	Color L*	Color a*	Color b*	Overrun (%)	melt-down rate (g/10min)
0	33.91±0.17 ^{a}	-1.34±0.11 ^{a}	3.76±0.06 ^{a}	42.85±1.28 ^{a}	22.80±0.05 ^{a}
1	30.19±0.12 ^{b}	-1.11±0.02 ^{b}	5.31±0.01 ^{b}	39.47±1.44 ^{b}	18.00±0.02 ^{b}
3	22.74±0.37 ^{c}	-0.28±0.06 ^{c}	6.72±0.11 ^{c}	23.79±0.97 ^{c}	9.00±0.04 ^{c}
5	20.87±0.66 ^{d}	0.06±0.02 ^{d}	7.75±0.21 ^{d}	16.00±1.68 ^{d}	4.20±0.02 ^{d}

All data are the mean of three replicates. Mean followed by different letters in the same column differs significantly ($p \leq 0.05$)

หลังการนำไอศกรีมมิกซ์ไปตีปั่นแล้วตรวจสอบร้อยละการขึ้นฟู (overrun) ของไอศกรีม พบว่า การเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในผลิตภัณฑ์มีผลต่อร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ ไอศกรีมที่มีการเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะมีร้อยละการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ไม่มีการเติมใยอาหาร และมีแนวโน้มร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อระดับปริมาณการเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะเพิ่มสูงขึ้นดังแสดงใน Table 1 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Murtara (2004) และ Hassan และ Hussein (2010) ซึ่งทำการศึกษาผลของการเติมผลเนื้อมะเดื่อ และผลลูกพลับ (Persimmon) ในไอศกรีม พบว่า ปริมาณการเติมผลเนื้อมะเดื่อและลูกพลับที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลง และการลดลงนั้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับไอศกรีมสูตรควบคุม การลดลงของร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมอาจเกิดจากโครงสร้างหลักของไอศกรีม ซึ่งได้แก่ ไขมัน โปรตีน และเซลล์อากาศ ถูกรบกวนด้วยใยอาหาร ทำให้เม็ดไขมันไม่สามารถสร้างร่างแห (fat coalescences) ที่แข็งแรงเพียงพอที่จะกักเก็บอากาศที่ได้จากกระบวนการตีปั่นไอศกรีม ทำให้ร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลง การตรวจสอบสมบัติด้านการละลาย (meltdown) ของไอศกรีม โดยทำการวัดปริมาณของเหลวที่หยดผ่านตะแกรงที่เวลาต่างๆ พบว่า ปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้อัตราการละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่เติมใยอาหาร ดังแสดงใน Table 1 สอดคล้องกับการทดลองของ Schmidt และคณะ (1993) ซึ่งพบว่า ice milk ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (total Solid) ต่ำกว่า มีอัตราการละลายสูงกว่าสูตรที่มีปริมาณของแข็งมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจาก ปริมาณของแข็งน้อยลงปริมาณสารที่สามารถดูดซับน้ำได้ก็น้อยลงด้วย การเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำที่ดี ซึ่งพิจารณาจากค่า water holding capacity ที่มีค่าสูง จะช่วยจับน้ำและทำให้น้ำในไอศกรีมละลายได้ช้าลง ซึ่งความสามารถในการดูดซับน้ำดังกล่าวเป็นคุณสมบัติที่ดีอย่างหนึ่งในใยอาหารจากเปลือกเงาะที่สกัดได้

Table 2 Influence of rambutan peel dietary fiber on sensory acceptability of dairy ice cream

Rambutan DF (%)	Appearance	Taste/flavor	Texture	Overall acceptability
0	7.02±0.96 ^{a}	6.94±1.19 ^{a}	6.82±0.45 ^{a}	7.23±0.083 ^{a}
1	6.98±0.98 ^{a}	6.82±1.66 ^{a}	6.37±0.35 ^{ab}	6.50±1.03 ^{a}
3	6.77±1.04 ^{a}	6.88±0.99 ^{a}	6.23±0.30 ^{ab}	6.23±1.88 ^{ab}
5	6.83±1.30 ^{a}	6.47±1.20 ^{a}	5.29±0.37 ^{b}	5.35±1.72 ^{b}

All data are the mean of three replicates. Mean followed by different letters in the same column differs significantly ($p \leq 0.05$)

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่เติมและเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณต่างๆ ได้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงใน Table 2 เช่นเดียวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสที่ได้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมใยอาหารและเติมใยอาหารในปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส พบว่า การเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณที่มากขึ้นมีแนวโน้มที่ทำให้ค่าความชอบ ในด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่ได้เติมใยอาหารได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าผลิตภัณฑ์

ไอศกรีมที่มีการเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่เติมใยอาหารจากเปลือกเงาะและผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่เสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะร้อยละ 1 และ 3 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด การเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด มีผลทำให้ค่าคะแนนเริ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่เสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณร้อยละ 1 และ 3 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ค่าคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มคล้ายคลึงกับค่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส กล่าวคือ การเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่มีการเสริมใยอาหาร พบว่า ได้คะแนนความชอบสูงกว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีการเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณต่างๆ แต่อย่างไรก็ดี คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่มีการเสริมใยอาหารไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีการเสริมใยอาหารที่ระดับร้อยละ 1 และ 3 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดแต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีการเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณร้อยละ 5 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้การเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะในปริมาณร้อยละ 3 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีการเสริมใยอาหารจากเปลือกเงาะ ร้อยละ 5 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด จากคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมทำให้ทราบว่า คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมแปรผันโดยตรงกับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส (r = 0.99) ดังนั้นเนื้อสัมผัสจึงเป็นคุณลักษณะหลักที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนม

สรุปผล

การเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพ ด้านสี ร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีม อัตราการละลาย และคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมนม โดยทำให้สีของไอศกรีมหม่นลงเล็กน้อย ร้อยละความขึ้นฟูของไอศกรีมและอัตราการละลายลดลง ปริมาณการเติมใยอาหารจากเปลือกเงาะสูงสุดที่เติมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่ได้เติมใยอาหาร คือ การเติมใยอาหารร้อยละ 3 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท บริษัท มาลีสามพราน จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เปลือกเงาะที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

AACC, 2000, Approved Methods (10th Ed), American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minesota, USA.

Hassan, Z.M.R. and Hussein, G.A., 2010, Using *Perimon Diospyros* kalki L. in Making Functional Ice Cream. Journal Food and Dairy Science, 1(5): 281-286.

Koxholt, M.M.R., Eisenmann, B. and Hinrichst, J., 2001, Effect of the Fat Globule Sizes on the Meltdown of Ice Cream, Journal Food and Dairy Science, 84: 31-37.

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.

Murtaza, A.M., Huma, N., Mueen-UD-Din, G., Shabbir, M.A. and Mahmood, S., 2004, Effect of Fat Replacement by Fig Addition on Ice Cream Quality, International Journal of Agriculture and Biology, 6(1): 68-70.

Potter, N.N. and Hotchkiss, J.H., 1995, Food Science, 5th ed. Chapman and Hall, New York.

Prosky, L., Asp, N.G., Schweitzer, T.F., DeVries, W.J. and Furda, I., 1988, Determine of Insoluble, Soluble and Total Dietary Fiber in Foods and Food Products: Interlaboratory, Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 71: 1017-1024.

Schmidt, K., Lundy, A., Reynolds, J. and Yee, L.N., 1993, Carbohydrate or Protein Based Fat Mimicker Effects on Ice Milk Properties, Journal of Food Science, 58(4): 761-763, 779.

มันฝรั่งบดสำเร็จรูป

Instant Mashed Potatoes

ธงชัย พุฒทองศิริ[1] ณัฏฐิกา ชูสกุล[1] และ ดวงรัตน์ สกุลวิไลงาม[1]
Puttongsiri, T.[1], Choosakul, N.[1] and Sakulwilaingam, D.[1]

Abstract

Instant mashed potatoes were produced by dry potato at 80°C for 5 h and then ground into the powder. Then, selected the appropriated recipe for mashed potatoes from 3 different recipes it was found that the mashed potato recipe consists of 59.12% potatoes, 28.85% milk, 11.82% unsalted butter and 0.20% salt was rated at higher sensory scores of color, flavor, taste and overall acceptability than other recipes. This recipe was used as a standard for production of instant mashed potatoes. For production of instant mashed potatoes, milk powder and whey powder were replaced milk and butter in the standard recipe. The sensory of instant mashed potatoes, was conducted compared with fresh mashed potatoes and commercial instant mashed potatoes. Sensory scores for color, texture, taste and overall acceptability of instant mashed potatoes consists of 79.71% potato powder, 20.02% whey powder, and 0.20% salt, were not difference from commercial instant mashed potatoes.

Keywords: potato, instant mashed potato, mashed potato

บทคัดย่อ

การผลิตมันฝรั่งบดสำเร็จรูป ทำโดยนำมันฝรั่งมาทำแห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำมาบดเป็นผง จากนั้นคัดเลือกสูตรมันฝรั่งบดที่เหมาะสม จากสูตรที่ต่างกัน 3 สูตร พบว่าสูตรมันฝรั่งบดที่เหมาะสม ประกอบด้วย มันฝรั่ง 59.12% นมสด 28.85% เนยจืด 11.82% และเกลือ 0.20% เป็นสูตรที่มีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับโดยรวมสูงกว่าสูตรอื่น จึงนำมาเป็นสูตรมาตรฐานสำหรับผลิตมันฝรั่งบดสำเร็จรูป โดยการผลิตมันฝรั่งบดสำเร็จรูปใช้นมผง และเวย์ผง แทนนม และเนย แล้วนำมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตได้ มาเปรียบเทียบกับมันฝรั่งบดที่ทำจากมันฝรั่งสดสูตรมาตรฐาน และมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่จำหน่ายในท้องตลาด โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ พบว่ามันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองที่ประกอบด้วย มันฝรั่งผง 79.71% เวย์ผง 20.02% และเกลือ 0.27% มีคะแนนความชอบด้านสี เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวมไม่ต่างจากมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่จำหน่ายในท้องตลาด

คำสำคัญ: มันฝรั่ง มันฝรั่งบดสำเร็จรูป มันฝรั่งบด

คำนำ

มันฝรั่งที่ปลูกเป็นการค้าทั่วไปในปัจจุบันมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Solanum tuberosum* มันฝรั่งเป็นพืชอาหารที่สำคัญของโลก ประเทศในแถบยุโรป อเมริกา ลาตินอเมริกา และอัฟริกา นิยมบริโภคกันมาก โดยมีปริมาณและมูลค่าของผลผลิตอยู่ในลำดับที่ 4 รองลงมาจากข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพด ปัจจุบันมันฝรั่งจัดเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดในภาคเหนือของประเทศไทย ทั้งนี้เพราะมีการขยายตัว อย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมแปรรูปเป็นมันฝรั่งทอดกรอบ (potato chips) มันฝรั่งแท่งทอด (french fries) และขนมขบเคี้ยวต่างๆ ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นทุกปี (มาโนช, 2541) นอกจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแล้วมันฝรั่งบดก็เป็นอีกผลิตภัณฑ์ที่มีความนิยมบริโภคอีกชนิดหนึ่งในปัจจุบัน เนื่องจากมันบดเป็นอาหารที่นิยมทานควบคู่กับอาหารจานหลัก เช่น สเต็กเนื้อต่างๆ

สำหรับมันฝรั่งที่เหมาะสมในการทำมันบด คือ พันธุ์ที่มีแป้งมาก ความชื้นน้อย เนื่องจากเวลาสุกมันฝรั่งจะดูดซึมน้ำเข้าไปในเนื้อมากทำให้เนื้อสัมผัสเนียนได้ง่าย ถ้าใช้พันธ์ที่มีน้ำมาก เนื้อมันฝรั่งจะไม่ดูดซึมน้ำอีกทั้งเนื้อที่ออกมาจะไม่เนียนและมีลักษณะเหนียวเหมือนกาว การทำมันฝรั่งบดนับว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความยุ่งยากในการทำ เนื่องจากมีขั้นตอนในการทำหลายขั้นตอน โดยต้องนำมันฝรั่งมาปอกเปลือก ต้มมันให้นิ่มก่อนที่จะนำมาบด หรือยีให้เละ แล้วผสมส่วนผสม

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

ต่างๆ เช่น นม เนย และเกลือ จากขั้นตอนที่มาก และมีส่วนผสมที่หลากหลายในการทำมันฝรั่งบดดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการผลิตมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ใช้ง่ายเพียงนำมาผสมกับน้ำร้อนก็เป็นมันฝรั่งบดได้ เพื่อช่วยในการลดขั้นตอนการทำมันฝรั่งบด ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและมีความสะดวกในการบริโภค นอกจากนั้นผู้วิจัยยังคาดหวังว่าจะทำให้ประหยัดพลังงาน วัตถุดิบ และเวลาในการผลิตมันฝรั่งบดได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการทำมันฝรั่งบดจากมันฝรั่งสด

การคัดเลือกสูตรมันบดที่เหมาะสมคัดเลือกจากสูตรการทำมันฝรั่งบดที่ต่างกัน 3 สูตร คือ

สูตรที่ 1 มันฝรั่ง 96.30% เนยจืด 3.47% เกลือ 0.23%

สูตรที่ 2 มันฝรั่ง 59.12% นมสด 28.85% เนยจืด 11.82% เกลือ 0.20%

สูตรที่ 3 มันฝรั่ง 58.03% นมสด 7.08% เนยจืด 34.82% เกลือ 0.05% พริกไทยป่น 0.03%

โดยนำมันฝรั่งมาล้างให้สะอาดแล้วปอกเปลือกหั่นเป็นลูกเต๋าขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นนำใส่หม้อเทน้ำให้ท่วมมันฝรั่ง ใส่เกลือ แล้วต้มจนเดือด นาน 30 นาที เมื่อมันฝรั่งสุกนำไปสะเด็ดน้ำออก แล้วใช้ส้อมหรือที่บดมันฝรั่งบดมันฝรั่งจนเละ จากนั้นเติมส่วนผสมที่เหลือตามสูตร คนให้เข้ากันนำมันฝรั่งบดที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบด้วยวิธี 7-Point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ทดสอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม เลือกสูตรที่ได้การยอมรับรับมากที่สุด เพื่อใช้ในการทดลองทำมันฝรั่งบดสำเร็จรูป

2. การปรับสูตรส่วนผสมให้เป็นมันฝรั่งบดสำเร็จรูป

หาความชื้นของส่วนผสมทั้งหมดจากสูตรมาตรฐานที่เลือกได้จากข้อ 1 ตามวิธีของ AOAC (1998) คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นของส่วนผสมในมันฝรั่งบด เมื่อคำนวณแล้วจะได้ปริมาณของส่วนผสมแห้ง ปรับปริมาณส่วนผสมต่าง ๆ ในมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่เหมาะสม โดยการปรับปริมาณมันฝรั่งแห้ง ปริมาณนมผงหรือปริมาณเวย์ผง และปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อให้ได้สูตรมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่เหมาะสม

3. การเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมันฝรั่งบดจากมันฝรั่งบดสูตรมาตรฐาน มันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเอง และมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่จำหน่ายตามท้องตลาด

นำมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ได้จากข้อ 2 มาทำมันฝรั่งบดเพื่อเปรียบเทียบกับมันฝรั่งบดที่ทำจากมันฝรั่งสด และมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่จำหน่ายตามท้องตลาด นำผลิตภัณฑ์มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7-Point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ทดสอบทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's multiple range test เพื่อเปรียบเทียบการยอมรับของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ได้

ผลการทดลอง

1. การคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการทำมันฝรั่งบดจากมันฝรั่งสด

จากการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการทำมันฝรั่งบดจากมันฝรั่งสดเพื่อนำไปใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการทดลองทำมันฝรั่งบดสำเร็จรูป โดยการเตรียมมันฝรั่งบดตามสูตรที่แตกต่างกัน 3 สูตร จากนั้นนำมาทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมซึ่งเป็นบุคคลทั่วไปจำนวน 30 คน ทำการทดสอบตัวอย่างโดยการให้คะแนนความชอบแบบ 7-Point Hedonic Scale ในด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ผลการทดลองแสดงดัง Table 1 พบว่า ผู้ชิมมีความชอบมันฝรั่งบดในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของสูตรมันฝรั่งทั้ง 3 สูตรต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่มีความชอบด้านเนื้อสัมผัสต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสูตรที่ 2 ได้รับความชอบจากผู้ทดสอบมากที่สุด เนื่องจากมีองค์ประกอบของปริมาณส่วนผสมต่างๆ ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้สูตรที่ 2 มีความหวานมัน สี เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสที่ผู้บริโภคให้ความชอบมากที่สุด รองลงมาคือ สูตรที่ 3 และสูตรที่ 1 ตามลำดับ โดยคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และรสชาติ เป็นปัจจัยที่สำคัญ ในการเลือกสูตรการทำมันฝรั่งบดที่เหมาะสม ต้องคำนึงถึงความชอบโดยรวม และคุณค่าทางโภชนาการที่ผู้บริโภคจะได้รับมากที่สุด จึงเลือกสูตรที่ 2 สำหรับใช้ในการเตรียมมันฝรั่งบดสำเร็จรูปต่อไป

2. การปรับสูตรส่วนผสมให้เป็นมันฝรั่งบดสำเร็จรูป

วิเคราะห์ความชื้นในส่วนผสมทั้งหมดจากสูตรที่เลือกได้จากข้อ 1 ตามวิธีของ AOAC (1998) พบว่า มันฝรั่งสดมีความชื้น 7.83% นมสด 83.60% เนยจืด 40.23% ส่วนเกลือมีความชื้นน้อยมาก จากนั้นนำความชื้นที่ได้มาคำนวณหาส่วนผสมแห้งในสูตรมันฝรั่งบดที่เหมาะสมจากข้อ 1 โดยใช้นมผง และเวย์ผง แทนการใช้นม และเนยในสูตรมันฝรั่งบดได้ผลดัง Table 2

3. การเปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งบดที่ผลิตจากมันฝรั่งสด มันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองผสมนมผง มันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองผสมเวย์ผง และมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่จำหน่ายตามท้องตลาด

จากการศึกษาความแตกต่างของมันฝรั่งบดที่ผลิตจากมันฝรั่งสด มันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองผสมนมผง มันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองผสมเวย์ผง และมันฝรั่งบดที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม พบว่าผู้ชิมให้การยอมรับด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งบดทั้ง 4 แบบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมันฝรั่งบดที่ผลิตจากมันสดมีการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และการยอมรับโดยรวมมากที่สุด ส่วนด้านสีผู้ชิมให้คะแนนมันฝรั่งบดที่ผลิตจากมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองทั้งที่ผสมนมผงและเวย์ผงมากที่สุด ส่วนมันฝรั่งบดที่ผลิตจากมันฝรั่งสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีการยอมรับด้านสีต่ำที่สุด และยังพบว่าผู้ชิมมีความชอบด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองทั้งที่ผสมนมผงและเวย์ผง และมันฝรั่งบดที่ผลิตจากมันฝรั่งสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 3) และยังพบว่ามันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองผสมนมผงมีกลิ่นที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองผสมเวย์ผง และมันฝรั่งสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาด อย่างไรก็ตามกลิ่นรสของมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองที่ผสมนมผงไม่ต่างจากมันฝรั่งบดที่ผลิตจากมันฝรั่งสด

วิจารณ์ผล

มันบดที่ดีต้องมีเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสที่ดีโดยมันบดที่มีนมเป็นส่วนผสมเป็นมันฝรั่งบดที่มีความชอบมากทีสุด การทำมันฝรั่งบดสำเร็จรูปใช้วิธีการคำนวณหาปริมาณของแข็งที่มีในส่วนผสมมันบดทั้งหมด แล้วนำส่วนผสมที่เป็นของแข็งทั้งหมดมารวมกันเพื่อผลิตเป็นมันฝรั่งบดสำเร็จรูป เมื่อนำมาทำเป็นมันฝรั่งบดต้องหักส่วนที่เป็นความชื้นออกเพื่อไม่ให้มีปริมาณน้ำมากเกินไปในการปรุงเป็นมันฝรั่งบดซึ่งจะทำให้มันบดที่ได้มีเนื้อสัมผัสไม่ดี มันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองผสมนมผงจะมีกลิ่นรสที่ใกล้เคียงกับมันฝรั่งบดที่ผลิตจากมันฝรั่งสดเนื่องจากมีกลิ่นนมเหมือนกัน มันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองผสมเวย์ผงมีการยอมรับไม่ต่างจากมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเนื่องจากในส่วนผสมมีการผสมเวย์ผงเหมือนกัน จะมีเพียงสายพันธุ์ของมันฝรั่งที่ใช้ทำมันฝรั่งสำเร็จรูปเท่านั้นที่แตกต่างกันจึงส่งผลต่อสีของมันฝรั่งบดที่ต่างกัน จาการทดลองจะเห็นว่ามันฝรั่งบดสำเร็จรูปสามารถใช้ได้ทั้งนมผงหรือเวย์ผงผสมในส่วนผสมได้ แต่การใช้เวย์ผงจะเหมาะสมในการนำไปใช้มากกว่าเนื่องจากมีราคาถูกกว่านมผง จากสูตรมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการบริการอาหาร เพื่อลดต้นทุนด้านการเตรียมวัตถุดิบ เวลา และพลังงานได้

สรุปผล

การผลิตมันฝรั่งบดสำเร็จรูปสามารถใช้มันฝรั่งสายพันธุ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดได้ โดยนำมันฝรั่งมาทำแห้งและบดให้เป็นผง จากการทดลองพบว่ามันฝรั่งบดสูตรมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดประกอบด้วย มันฝรั่ง 59.12% นมสด 28.85% เนยจืด 11.82% และเกลือ 0.20% การผลิตมันฝรั่งบดสำเร็จรูปทำได้โดยการคำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในสูตรของมันฝรั่งบดสูตรมาตรฐาน โดยใช้เวย์ผงแทน นมและเนยในส่วนผสมได้ โดยมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองประกอบด้วยมันฝรั่งผง 79.71% เวย์ผง 20.02% และเกลือ 0.27% มีคุณภาพด้านประสาทสัมผัสไม่ต่างจากมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่จำหน่ายในท้องตลาด เนื่องจากในส่วนผสมทั้งมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่ผลิตเองและมันฝรั่งบดสำเร็จรูปที่จำหน่ายในท้องตลาดมีส่วนผสมที่เหมือนกันคือใช้เวย์ผง และเกลือในส่วนผสม

เอกสารอ้างอิง

นุ้ยเข้าครัว, มันฝรั่งบด (Mashed Potato) [สืบค้น], http://www.nuihome.com/2008/09/01/มันฝรั่งบด-mashed-potato-นุ้ยเข้าครัว/ [25/ March /12].

มาโนช ทองเจียม, 2541, มันฝรั่ง, วารสารกสิกร, ฉบับ 71(2): 114-123.

สูตรมันบดแบบ KFC [สืบค้น], http://food-recipes.vzazaa.com/2009/อาหาร/อาหารฝรั่ง/สูตรมันบดแบบ-kfc-และ-สูตรน้ำเกรวี่/ [25/ March /12].

AOAC, 1998, Association of Official Analytical Chemists 14th, Association Official Analtical Chemists, Washington D.C.

Foodietaste, มันบด (Mashed Potato) [สืบค้น], http://www.foodietaste.com/recipe_detail.asp?id=51 [25/ March /12].

Table 1 Sensory score of mashed potato with different recipe

Recipe	Color[1]	Texture[ns]	Flavor[1]	Taste[1]	Overall acceptability[1]
1	5.17±1.37^{b}	4.27±1.46	4.03±1.52^{a}	3.40±1.50^{a}	3.80±1.35^{a}
2	5.07±1.51^{ab}	4.87±1.20	5.10±1.18^{b}	5.17±1.21^{b}	5.50±0.90^{b}
3	4.33±1.47^{a}	4.40±1.28	5.07±1.34^{b}	4.90±1.70^{b}	4.90±1.42^{b}

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

[1] Means within the column followed by different letters are significantly different (P≤0.05)

Table 2 Mixture of the instant mashed potatoes

Mixture	Recipe	
	1	2
Potato powder	79.71	79.39
Whey powder	20.02	-
Milk powder	-	20.34
Salt	0.27	0.27

Table 3 Sensory score of fresh mashed potato, instant mashed potato and commercial instant mashed potatoes

Sample	Color[1]	Texture[1]	Flavor[1]	Taste[1]	Overall acceptability[1]
Fresh mashed potato	3.53±1.28^{b}	4.57±1.43^{b}	4.60±1.43^{b}	4.90±1.35^{b}	4.67±1.40^{b}
Instant mashed potato mixed with milk	5.47±1.14^{c}	2.70±1.26^{a}	3.97±1.54^{b}	2.93±1.36^{a}	3.40±1.07^{a}
Instant mashed potato mixed with whey	5.67±0.88^{c}	3.20±1.35^{a}	3.30±1.58^{a}	3.00±1.34^{a}	3.53±1.33^{a}
Commercial instant mashed potatoes	2.43±1.33^{a}	2.93±1.48^{a}	2.80±1.30^{a}	2.77±1.59^{a}	3.10±1.30^{a}

[1] Means within the column followed by different letters are significantly different (P≤0.05)

อิทธิพลของกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นต่อคุณสมบัติทางความร้อน และรีโอโลยีของแป้งข้าวกล้องงอก

Effects of Extrusion on Thermal and Rheological Properties of Pregelatinized Germinated Brown Rice Flour

กันทรี ฤทธิ์เรืองเดช[1] อรพิน เกิดชูชื่น[2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] และ สุภัทร์ ไชยกุล[1]

Ritruengdech, K.[1], Kerdchoechuen, O.[2], Laohakunjit, N.[2] and Chaiyakul, S.[1]

Abstract

This study aims to evaluate thermal and rheological properties of pregelatinized flour of germinated brown rice cv. Chainat 1 and Khao Dawk Mali 105 produced from single screw extruder. Extruded conditions were controlled at three levels of temperature (60, 80, 100°C) and water:flour ratio (1:3, 1:2, 1:1). Onset (T_o), peak (T_p) and conclusion (T_c) temperatures, enthalpy (ΔH) of gelatinization and retrogradation, degree of gelatinization and % retrogradation, storage modulus (G') and loss modulus (G'') were investigated. It was found that water:flour ratio and temperature had significant effects on gelatinization and retrogradation parameters, storage modulus and loss modulus. Increasing water and temperature decreased the value of T_o, T_p, T_c, ΔH, G' and G'' but increased degree of gelatinization and % retrogradation. Lowest T_o, T_p, T_c, ΔH, G' and G'' and highest degree of gelatinization and % retrogradation were found in pregelatinized flour produced from the condition of 1:1 water:flour ratio at 100°C.

Keywords: Chainat 1 rice, KDML 105 rice, single screw extruder, gelatinization, retrogradation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางความร้อน และรีโอโลยีของแป้งข้าวกล้องพันธุ์ชัยนาท 1 และขาวดอกมะลิ 105 งอกพรีเจลาติไนซ์โดยเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์แบบสกรูเดียว กำหนดอุณหภูมิ 3 ระดับ (60, 80, 100ºC) และอัตราส่วนของน้ำต่อแป้ง 3 ระดับ (1:3, 1:2, 1:1) ในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์อุณหภูมิเริ่มต้น (T_o), อุณหภูมิสูงสุด (T_p), อุณหภูมิสุดท้าย (T_c) และพลังงานที่ใช้ (ΔH) ในการเกิดเจลาติไนเซชั่น และรีโทรเกรเดชั่น, ระดับการเกิดเจลาติไนเซชั่น, เปอร์เซ็นต์การเกิดรีโทรเกรเดชั่น, โมดูลัสสะสม (G') และโมดูลัสสูญเสีย (G'') ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิ และอัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมีอิทธิพลต่อการเกิดเจลาติไนเซชั่น และรีโทรเกรเดชั่น, ค่าโมดูลัสสะสม และโมดูลัสสูญเสียอย่างมีนัยสำคัญ เมื่ออุณหภูมิที่ใช้สูงขึ้นและปริมาณน้ำในอัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมากขึ้น ค่า T_o, T_p, T_c, ΔH, G' and G'' มีค่าลดลง แต่ระดับการเกิดเจลาติไนเซชั่นและร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชั่นเพิ่มขึ้น สภาวะที่ทำให้แป้งพรีเจลมีค่า T_o, T_p, T_c, ΔH, G' and G'' ต่ำที่สุด และระดับการเกิดเจลาติไนเซชั่น และร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชั่นสูงที่สุดคืออุณหภูมิ 100ºC และอัตราส่วนของน้ำต่อแป้ง 1:1

คำสำคัญ: ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์แบบสกรูเดียว เจลาติไนเซชั่น รีโทรเกรเดชั่น

Introduction

Chainat 1 and Khao Dawk Mali 105 (KDML 105) rice are famous varieties of rice in Thailand (Sunte *et al.*, 2007). There are studies show that germinated brown rice (GBR) of these rice cultivars contain high nutrients (Srijedsadaruk, 2010). After germination, physical properties of germinated brown rice have been changed, including lower viscosity and pasting temperature compared with its brown rice (Charoenthaikij *et al.*, 2010). However, the germinated brown rice flour is not dissolved in water. Pregelatinization is a process which flour or starch suspensions are heated to cause gelatinization and dried. Extrusion is a high temperature

[1] คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 272 ถนนพระราม 5 ราชเทวี กรุงเทพ 10400

[1] Faculty of Public health, Mahidol University, 272 Rama VI Rd., Ratchathewi, Bangkok 10400

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

short time process, preferable in terms of nutrients retention. In extrusion, starch granules go through degradation, results in less rigidity (Musiliu and Oludele, 2009). Therefore, changes in thermal and rheological properties of pregelatinized flour of germinated brown rice cv. Chainat 1 and KDML 105 by single screw extruder were investigated in the present study.

Materials and Methods

Chainat 1 and KDML 105 brown rice were germinated according to the method of Khampang *et al*. (2009) with a slight modification. Brown rice was soaked in water at room temperature until the root length of rice was 0.5-1 mm. Germinated brown rice was dried at 55°C for 10 hrs and ground to flour in a grinder and passed through a 300 μm (50 mesh) screen. After that germinated brown rice flour was mixed with water at ratio of 3:1, 2:1 and 1:1. The flour were heated at the temperature of 60, 80 and 100°C. To investigate the influence of flour:water ratio and temperature in pregelatinization process on thermal and rheological properties of pregelatinized germinated brown rice flour. Thermal and rheological properties of pregelatinized germinated brown rice flour were determined by using Differential Scanning Calorimeter (DSC) and Rheometer by the method of Kim *et al*. (1995) and Hagenimana and Ding (2005).

Results and Discussion

Onset (T_o), peak (T_p) and conclusion (T_c) temperatures, enthalpy (ΔH), storage modulus (G') and loss modulus (G'') of 'Chainat 1' germinated brown rice flour were higher than that in KDML 105 germinated brown rice flour (Table 1). Decreasing of these parameters were found in pregelatinized flour. Increasing of water and temperature decreased T_o, T_p, T_c, ΔH, G' and G'' while degree of gelatinization increased. This was due to higher water and temperature during extrusion increased the rate of gelatinization, as resulted in higher degree of gelatinization of pregelatinized flour (Semasaka *et al*., 2010). Blanche and Sun (2004) noted that extrusion process caused damaged and depolymerized starch molecules contributed to the loss of crystal structure of starch molecules during heat shearing in extrusion (Akdogan 1996).

In table 2, T_{or}, T_{pr}, T_{cr}, ΔH_r, G'_r and G''_r represented T_o, T_p, T_c, ΔH, G' and G'' of retrograded flour. Increasing of water and temperature caused decrease ΔH_r, G'_r and G''_r and increase % retrogradation. This could be explained by recrystallization of amylose was in less stable forms and more heterogeneous in stability than those existing in the starch granules before gelatinization. In the conditions that high gelatinization occurred (high water content and temperature), most starch molecules were damaged, amylose can be easily leached out and reordered thus lower ΔH_r, G'_r and G''_r and a higher % retrogradation was found (Karim *et al*., 2000).

Summary

Pregelatinization caused decrease gelatinization temperatures and enthalpy, retrogradation enthalpy, storage and loss modulus and increase of degree of gelatinization and % retrogradation. Water:flour ratio and temperature had significant effects on these parameters. Increasing water and temperature decreased the value of T_o, T_p, T_c, ΔH, G' and G'' but increased degree of gelatinization and % retrogradation. The lowest T_o, T_p, T_c, ΔH, G' and G'' and the highest degree of gelatinization and % retrogradation were found in pregelatinized flour produced from the condition of 1:1 water:flour ratio at 100°C.

Acknowledgement

This work was supported by Mahidol University, King Mongkut's University of Technology Thonburi and National Research Council of Thailand (NRCT).

Literature cited

Akdogan, H., 1996, Pressure, Torque, and Energy Responses of a Twin Screw Extruder at High Moisture Contents, Food Research International, 29: 423-429.

Blanche, S. and Sun, X., 2004, Physical Characterization of Starch Extrudates as a Function of Melting Transitions and Extrusion Conditions, Advance Polymer Technology, 23: 277-290.

Charoenthaikij, P., Jangchud, K., Jangchud, A., Piyachomkwan, K., Tungtrakul, P. and Prinyawiwatkul, W., 2009, Germination Conditions Affect Physicochemical Properties of Germinated Brown Rice Flour, Journal of Food Science, 74(9): 658-665.

Hagenimana, A. and Ding, P.P.X., 2005, Study on Thermal and Rheological Properties of Native Rice Starches and Their Corresponding Mixtures, Food Research International, 38: 257-266.

Karim, A.A., Norziah, M.H. and Seow, C.C. 2000, Methods for the Study of Starch Retrogradation, Food Chemistry, 71: 9-36.

Khampang, E., 2009, Development of High Quality of Rice Germs and Cereals for Food and Cosmetic Products, King Mongkut's University of Technology Thonburi, pp. 188.

Kim, Y.S., Wiesenborn, D.P., Orr, P.H. and Gront, L.A., 1995, Differential Scanning Calorimetry, Journal of Food Science, 6(5): 1060-1065.

Musiliu, O.A. and Oludele, A.I., 2010, Material Properties and Compaction Characteristics of Natural and Pregelatinized Forms of Four Starches, Carbohydrate Polymer, 79(4): 818–824

Semasaka, C., Kong, X. and Hua, Y., 2010, Optimization of Extrusion on Blend Flour Composed of Corn, Millet and Soybean, Pakistan Journal of Nutrition, 9(3): 291-297.

Srijedsadaruk, W., 2008, Bio-functional Components in Germinated Brown Rice Production, Khon Kaen University, pp. 67.

Sunte, J., Srijesdaruk, V. and Tangwongchai, R., 2007, Effects of Soaking and Germinating Process on Gamma-aminobutyric Acid (GABA) Content in Germinated Brown Rice (Hom mali 105), Agricultural Science Journal, 38(6)(Suppl): 103-106.

Table 1 Gelatinization and rheological properties of germinated brown rice flour and pregelatinized flour

Flour	Water :flour ratio	Temperature (°C)	T_o (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH (J/g)	Degree of gelatinization	G'	G''
Chainat 1 GBR			73.89^{b}	77.59^{b}	86.50^{a}	2.23^{a}	-	1643.67^{a}	365.60^{a}
Chainat 1 Pregel	1:3	60	74.01^{b}	77.46^{b}	84.40^{b}	1.53^{b}	31.28^{ab}	698.67^{c}	92.01^{h}
	1:2	60	75.69^{a}	78.93^{a}	84.92^{b}	1.51^{bc}	32.04^{abc}	369.00^{h}	49.93^{l}
	1:1	60	46.47^{e}	53.99^{e}	64.56^{g}	1.41^{c}	36.57^{cd}	342.33^{i}	129.39^{d}
	1:3	80	45.12^{fg}	52.42^{fg}	64.26^{gh}	1.51^{bc}	32.14^{abcd}	483.90^{e}	89.09^{h}
	1:2	80	45.08^{fg}	51.08^{h}	63.93^{g}	1.27^{d}	43.05^{e}	401.23^{g}	68.12^{k}
	1:1	80	43.66^{h}	55.07^{g}	69.11^{e}	1.26^{d}	43.29^{e}	221.43^{p}	81.27^{i}
	1:3	100	45.67^{f}	54.09^{de}	67.46^{f}	1.48^{bc}	33.71^{abcd}	239.33^{m}	76.78^{j}
	1:2	100	45.18^{fg}	51.10^{h}	63.37^{ih}	0.80^{f}	64.03^{f}	238.41^{mn}	75.79^{j}
	1:1	100	45.00^{fg}	50.82^{h}	70.02^{e}	0.79^{f}	64.41^{f}	212.10^{q}	31.52^{n}

Table 1 (cont)

Flour	Water :flour ratio	Temperature (ºC)	T_o (ºC)	T_p (ºC)	T_c (ºC)	ΔH (J/g)	Degree of gelatinization	G′	G″
KDML 105 GBR			65.24^{c}	70.47^{c}	81.96^{c}	1.53^{b}	-	1178.00^{b}	204.63^{b}
KDML 105 Pregel	1:3	60	64.36^{d}	70.28^{c}	81.00^{d}	1.07^{e}	30.24^{f}	525.57^{d}	185.79^{c}
	1:2	60	42.90^{i}	47.98^{ij}	57.42^{m}	1.02^{e}	33.21^{cdef}	525.03^{d}	185.78^{c}
	1:1	60	44.82^{g}	50.98^{h}	60.70^{l}	0.97^{e}	36.66^{c}	434.43^{f}	113.23^{f}
	1:3	80	44.75^{g}	52.63^{f}	60.51^{l}	1.01^{e}	33.94^{cdef}	301.93^{j}	117.92^{e}
	1:2	80	42.00^{j}	47.64^{j}	60.22^{l}	0.84^{f}	45.00^{b}	260.37^{k}	99.43^{g}
	1:1	80	41.96^{j}	51.34^{h}	61.24^{kl}	0.83^{f}	45.94^{b}	251.70^{l}	75.83^{j}
	1:3	100	42.79^{i}	51.56^{gh}	61.96^{jk}	0.99^{e}	35.33^{cde}	234.60^{n}	99.43^{g}
	1:2	100	42.04^{j}	48.72^{i}	61.16^{k}	0.57^{g}	62.93^{a}	229.51^{o}	70.34^{k}
	1:1	100	41.58^{j}	50.91^{h}	62.53^{ij}	0.56^{g}	63.73^{a}	224.87^{p}	38.97^{m}

Table 2 Retrogradation and rheological properties of germinated brown rice flour and pregelatinized flour

Flour	Water :flour ratio	Temperature (ºC)	T_{or} (ºC)	T_{pr} (ºC)	T_{cr} (ºC)	Δ_{Hr} (J/g)	% retrogradation	G'_r (Pa)	G''_r (Pa)
Chainat 1 GBR			46.06^{ab}	55.90^{b}	64.66^{bcdefg}	1.13^{a}	50.79^{e}	1447.90^{a}	247.77^{a}
Chainat 1 Pregel	1:3	60	42.70^{cd}	54.21^{c}	65.36^{abcde}	1.13^{a}	73.80^{bc}	843.77^{b}	87.37^{ih}
	1:2	60	43.17^{cd}	53.85^{cd}	66.55^{ab}	1.09^{a}	72.66^{bcd}	674.86^{e}	86.53^{i}
	1:1	60	42.47^{d}	53.56^{a}	65.52^{abcd}	1.06^{ab}	75.42^{b}	674.03^{e}	83.57^{j}
	1:3	80	42.69^{cd}	53.43^{ab}	67.46^{a}	1.06^{ab}	70.07^{bcd}	639.62^{g}	76.96^{k}
	1:2	80	42.66^{d}	53.80^{cd}	65.54^{abcd}	0.90^{c}	71.51^{bcd}	442.64^{k}	61.37^{m}
	1:1	80	42.57^{d}	53.07^{cd}	66.22^{abc}	0.89^{c}	70.51^{bcd}	434.85^{l}	57.45^{n}
	1:3	100	42.35^{d}	53.27^{ab}	66.12^{abc}	0.99^{b}	67.42^{bcd}	496.17^{h}	63.32^{m}
	1:2	100	42.47^{d}	53.60^{cd}	65.17^{abcdef}	0.72^{d}	90.79^{a}	425.33^{m}	54.73^{n}
	1:1	100	42.60^{d}	53.61^{cd}	66.54^{ab}	0.70^{d}	89.19^{a}	402.97^{o}	51.15^{o}
KDML 105 GBR			46.15^{a}	54.31^{c}	63.16^{defg}	0.73^{d}	47.44^{e}	826.50^{c}	138.80^{c}
KDML 105 Pregel	1:3	60	44.65^{abc}	53.15^{cd}	62.41^{g}	0.71^{d}	66.78^{bcd}	759.18^{d}	145.67^{b}
	1:2	60	43.78^{cd}	52.85^{cd}	62.97^{efg}	0.65^{de}	63.58^{d}	651.99^{f}	131.15^{d}
	1:1	60	44.35^{abcd}	53.12^{cd}	62.43^{g}	0.65^{de}	67.00^{bcd}	653.25^{f}	127.90^{e}
	1:3	80	43.89^{cd}	53.56^{cd}	62.78^{fg}	0.66^{de}	65.25^{cd}	679.73^{e}	107.71^{f}
	1:2	80	43.45^{d}	52.03^{d}	63.47^{defg}	0.63^{de}	74.59^{b}	473.37^{i}	89.74^{h}
	1:1	80	43.69^{cd}	53.70^{cd}	63.77^{cdefg}	0.60^{e}	72.30^{bcd}	465.53^{j}	76.49^{kl}
	1:3	100	43.94^{cd}	53.24^{cd}	62.40^{g}	0.64^{de}	64.52^{d}	477.34^{i}	92.79^{g}
	1:2	100	44.11^{cd}	53.53^{cd}	63.00^{g}	0.49^{f}	86.14^{a}	417.10^{n}	73.57^{l}
	1:1	100	44.28^{bcd}	53.04^{cd}	62.64^{g}	0.46^{f}	83.20^{a}	374.33^{p}	62.41^{m}

ผลของวัสดุอินทรีย์และขนาดหัวพันธุ์ต่อการงอกของเหง้า *Dioscorea birmanica*

Effects of Organic Mulching and Seed Rhizome Sizes on Sprouting of *Dioscorea birmanica* Rhizomes

ปิยาภัทร์ เข็มวิชัย[1] **ภาณุมาศ ฤทธิไชย**[1] **เยาวพา จิระเกียรติกุล**[1] **และ อรุณพร อิฐรัตน์**[2]

Khemwichai, P.[1], Rithichai, P.[1], Jirakiattikul, Y.[1] and Itharat, A.[2]

Abstract

Dioscorea birmanica is the medicinal plant which reduces inflammation and against breast cancer. In order to produce rhizomes for medicinal used, the information either cultivation or growth are still limited. Therefore, the objective of this study was to examine the effects of organic mulching and seed rhizome sizes on sprouting of *D. birmanica*. Rhizome sprouting was determined after the rhizomes were covered with organic mulching; rice straw, decomposed rain tree leave soil, carbonized rice hull comparing to non-covering. Seed rhizomes 16-22 cm in length were used and cultivated at 70% shading. Results showed that the rhizomes covered with rice straw exhibited the highest sprouting percentage as 83.3±15.2%, followed by non-covering 73.3±20.8%, covered with carbonized rice hull 70.0±10.0% and the lowest sprouting percentage was covered with decomposed rain tree leave soil 56.6±20.8%. Sprouting of four seed rhizome sizes; 11-15, 16-22, 23-28 and >28 cm, covered with rice straw in 70% shading was investigated. Results revealed that seed rhizomes 16-20 cm in length showed the highest sprouting percentage as 83.3±15.2% followed by 23-28 cm, >28 cm and 11-15 cm as 63.3±5.7, 56.6±15.2 and 53.3±15.2%, respectively. However, the different organic mulching and seed rhizome sizes exhibited non-significant difference in sprouting percentage.

Keywords: *Dioscorea birmanica*, sprouting, organic mulching, seed rhizome sizes

บทคัดย่อ

Dioscorea birmanica เป็นพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ลดอาการอักเสบและต้านเซลล์มะเร็งเต้านม ในการผลิตเหง้าเพื่อทำเป็นยาสมุนไพรนั้นยังมีข้อมูลค่อนข้างน้อยทั้งในด้านการเพาะปลูกและการเจริญเติบโต ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการคลุมด้วยวัสดุอินทรีย์และขนาดหัวพันธุ์ต่อการงอกของเหง้า *D. birmanica* ศึกษาการงอกของเหง้าโดยคลุมด้วยวัสดุอินทรีย์ ได้แก่ ฟางข้าว ดินใบก้ามปูหมัก และถ่านแกลบ เปรียบเทียบกับการไม่ใช้วัสดุอินทรีย์ เหง้าที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 16-22 เซนติเมตร และแปลงเพาะมีการพรางแสง 70 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่า การคลุมด้วยฟางข้าวมีความงอกสูงสุด คือ 83.3±15.2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือไม่ใช้วัสดุคลุม 73.3±20.8 เปอร์เซ็นต์ คลุมด้วยถ่านแกลบ 70.0±10.0 เปอร์เซ็นต์ และคลุมด้วยดินใบก้ามปูหมักมีความงอกต่ำที่สุดคือ 56.6±20.8 เปอร์เซ็นต์ ศึกษาการงอกของหัวพันธุ์ 4 ขนาด คือ 11-15, 16-22, 23-28 และมากกว่า 28 เซนติเมตร คลุมด้วยฟาง ในแปลงพรางแสง 70 เปอร์เซ็นต์ พบว่า หัวพันธุ์ขนาด 16-22 เซนติเมตร มีความงอกสูงสุด คือ 83.3±15.2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือหัวพันธุ์ขนาด 23-28 เซนติเมตร มากกว่า 28 เซนติเมตร และ 11-15 เซนติเมตร โดยมีความงอก 63.3±5.7, 56.6±15.2 and และ 53.3±15.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความงอกของเหง้า *D. birmanica* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้วัสดุอินทรีย์และหัวพันธุ์ขนาดต่างกัน

คำสำคัญ: *Dioscorea birmanica* การงอก วัสดุอินทรีย์ ขนาดหัวพันธุ์

คำนำ

Dioscorea birmanica เป็นพืชสมุนไพรไทยอยู่ในวงศ์ Dioscoreaceae อยู่ในหมู่ (section) *Stenophora* (Huber, 1998) เป็นไม้เลื้อย มีหนาม ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ สะสมอาหารในเหง้า แพทย์แผนไทยนิยมนำเหง้ามาใช้ใน

[1] **ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี** 12120

[1] Department of Agricultural Technology, Faculty of science and Technology, Thammasat University, Rangsit campus, Pathumthani 12120

[2] **สาขาวิชาแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี** 12120

[2] Applied Thai Traditional Medicine, Faculty of Medicine, Thammasat University, Rangsit campus, Pathumthani 12120

ตำรับยา เพื่อรักษาโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคน้ำเหลืองเสีย โรคเอดส์ โรคโลหิตเป็นพิษ มีฤทธิ์แก้การอักเสบ ระงับปวด ลดไข้ ต้านเซลล์มะเร็งปอด (อาทิมา และคณะ, 2548; วันทนา และคณะ, 2550)

พืชในสกุล *Dioscorea* มีประมาณ 600 ชนิด (Craufurd และคณะ, 2001) สามารถขยายพันธุ์ได้จากเมล็ด แต่ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากเมล็ดมักจะมีการพักตัว (จันทรา, 2547) การขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศสามารถใช้หัวพันธุ์ทั้งหัวหรือตัดแบ่ง(ทิพวรรณ และเทวิน, 2544) แต่การเพาะหัวพันธุ์ *D. membranacea* โดยตัดหัวพันธุ์ออกเป็นท่อนๆ แล้วนำไปเพาะในแกลบเผาผสมกับทรายหยาบ ท่อนพันธุ์จะเน่าภายใน 2 สัปดาห์ (ภาณุมาศ และคณะ, 2551) และการเพาะทั้งหัวพันธุ์โดยคลุมด้วยดินใบก้ามปูหมักมีความงอกสูงกว่าการคลุมด้วยขุยมะพร้าว (ภาณุมาศ และอรุณพร, 2554) นอกจากนี้การคลุมแปลงด้วยฟางแห้งให้ผลผลิตหัวพันธุ์หงส์เหินสูงกว่าการคลุมแปลงด้วยพลาสติก (นทีพงศ์ และคณะ, 2553) ส่วนการปลูกหัวมันเทศขนาดต่างๆ พบว่า ไม่มีผลต่ออัตราการงอก (อรรัตน์ และคณะ, 2550) ด้วยเหตุนี้วัสดุคลุมแปลงรวมทั้งขนาดหัวพันธุ์จึงอาจมีผลต่อการงอกของพืชหัว ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการคลุมด้วยวัสดุอินทรีย์และขนาดหัวพันธุ์ต่อการงอกของเหง้า *D. birmanica*

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้รวบรวมเหง้า *D. birmanica* มาจากป่าธรรมชาติในจังหวัดเพชรบูรณ์ ในเดือน มกราคม พ.ศ. 2555 จากนั้นนำมาศึกษา

1. ผลของวัสดุอินทรีย์ต่อการงอกของเหง้า *D. birmanica* การทดลองนี้ใช้เหง้า ความยาว 16-22 เซนติเมตร ก่อนเพาะนำเหง้ามาจุ่มในน้ำปูนแดง (ปูนแดง 500 กรัม/น้ำ 30 ลิตร) แล้วผึ่งให้แห้งจากนั้นนำมาวางเรียงในแปลงขนาด 1x 1 เมตร พรางแสง 70 เปอร์เซ็นต์ คลุมด้วยวัสดุอินทรีย์ คือ ฟางข้าว ดินใบก้ามปูหมัก ถ่านแกลบ เปรียบเทียบกับการไม่ใช้วัสดุอินทรีย์ การทดลองมีทั้งหมด 3 ซ้ำๆ ละ10 เหง้า ให้น้ำทุกวัน บันทึกความงอกทุกๆ 5 วัน เมื่อลำต้นงอกพ้นวัสดุคลุมและมีความสูง 10-15 เซนติเมตร จนถึงอายุ 140 วันหลังเพาะ รวมทั้งบันทึก เหง้าที่ฝ่อ เหง้าพักตัว ในวันสุดท้ายของการเพาะ คำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอก และระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกจากสูตร (สุเทวี, 2545)

ระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก = ผลรวม (T_i x N_i) / ผลรวม N_i เมื่อ N_i = จำนวนต้นที่งอกในวันที่ T_i

2. ผลของขนาดหัวพันธุ์ต่อการงอกของเหง้า *D. birmanica* นำเหง้ามาแบ่งตามความยาวออกเป็น 4 ขนาด คือ 11-15, 16-22, 23-28 และมากกว่า 28 เซนติเมตร ทำการเพาะ 3 ซ้ำๆ ละ 10 เหง้าและคลุมด้วยฟางข้าว วิธีการเพาะ ดูแลรักษาและบันทึกข้อมูล เช่นเดียวกับข้อ 1

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามวิธี CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SAS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลของวัสดุอินทรีย์ต่อการงอกของเหง้า *D. birmanica* พบว่า มีความงอกและระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 1) การคลุมเหง้าด้วยฟางข้าวมีความงอกสูงสุด คือ 83.3±15.2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการไม่ใช้วัสดุคลุม 73.3±20.8 เปอร์เซ็นต์ คลุมด้วยถ่านแกลบ 70.0±10.0 เปอร์เซ็นต์ และคลุมด้วยดินใบก้ามปูหมักมีความงอกต่ำที่สุดคือ 56.6±20.8 เปอร์เซ็นต์ เหง้า *D. birmanica* เริ่มงอกเมื่ออายุ 25 วันหลังเพาะ เมื่อคลุมด้วยวัสดุอินทรีย์ต่างๆ (Figure 1A) แต่การไม่คลุมวัสดุจะเริ่มงอกเมื่ออายุ 45 วันหลังเพาะ อย่างไรก็ตามเหง้าเหล่านี้ มีระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกค่อนข้างนาน คือในช่วง 90.3±17.1 ถึง 105.0±5.5 วันหลังเพาะ (Table 1) วัสดุที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ ฟางข้าว ดินใบก้ามปูหมัก และถ่านแกลบ ซึ่งมีคุณสมบัติระบายน้ำและอากาศได้ดี จึงทำให้เหง้าได้รับความชื้นดี มีความงอกสูง อย่างไรก็ตามการเพาะโดยไม่ใช้วัสดุคลุมก็มีความงอกสูงเช่นกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีการรักษาความชื้นในแปลงเพาะอย่างสม่ำเสมอ ประกอบกับมีการพรางแสงในแปลงเพาะ จึงทำให้เหง้าได้รับความชื้นเพียงพอตลอดระยะเวลาในการทดลอง แต่มีอายุการงอกเฉลี่ยนานกว่าการคลุมเหง้าด้วยวัสดุอินทรีย์ จาก Figure 1A การคลุมฟางข้าว เหง้ามีความงอกค่อนข้างสูงในระยะเวลา 60 วันหลังเพาะ ทั้งนี้เพราะการคลุมด้วยฟางข้าวจะช่วยลดการระเหยของน้ำ ทำให้ดินมีความชื้นที่เหมาะสมต่อการงอก เมื่อเหง้าได้รับน้ำอย่างเพียงพอก็จะงอกได้เร็วขึ้น นอกจากนี้การคลุมเหง้าด้วยวัสดุอินทรีย์ในการทดลองนี้ยังพบเหง้าฝ่อน้อยมาก โดยการคลุมด้วยฟางข้าวมีเหง้าฝ่อ 0 เปอร์เซ็นต์ ถ่านแกลบ 3.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการไม่คลุมวัสดุและคลุมด้วยดินใบก้ามปูหมักมีเหง้าฝ่อ 10 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของภาณุมาศ และ อรุณพร (2554) ที่เพาะ *D. membranacea* ซึ่งเป็นพืชในหมู่ (section) เดียวกัน เมื่อคลุมด้วยขุยมะพร้าว พบเหง้าฝ่อสูงถึง

54.1 – 69.3 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเหง้า *D. birmanica* มีเนื้อในเหง้าค่อนข้างแข็ง ประกอบกับวัสดุอินทรีย์ในการทดลองนี้สามารถระบายน้ำและอากาศได้ดีกว่า

2. ผลของขนาดหัวพันธุ์ต่อการงอกของเหง้า *D. birmanica* พบว่า การเพาะหัวพันธุ์ขนาดต่างๆ มีความงอกและระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) โดยหัวพันธุ์ขนาด 16-22 เซนติเมตร มีความงอกสูงสุด 83.3±15.2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือหัวพันธุ์ขนาด 23-28 เซนติเมตร 63.3±5.7 เปอร์เซ็นต์ หัวพันธุ์ที่มีขนาดมากกว่า 28 เซนติเมตร 56.6±15.2 เปอร์เซ็นต์ และหัวพันธุ์ขนาด 11-15 เซนติเมตร มีความงอกต่ำสุด 53.3±15.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของอรรัตน์ และคณะ (2550) ที่พบว่าการเพาะหัวพันธุ์มันเทศขนาดต่างๆ มีอัตราการงอกไม่แตกต่างกัน จากการทดลองนี้ พบว่า หัวพันธุ์ขนาด 16-22 เซนติเมตร เริ่มงอกเมื่ออายุ 25 วันหลังเพาะ หัวพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด (มากกว่า 28 เซนติเมตร) เริ่มงอกเมื่ออายุ 35 วันหลังเพาะ หัวพันธุ์ขนาด 23-28 เซนติเมตร เริ่มงอกเมื่ออายุ 50 วันหลังเพาะ และหัวพันธุ์ขนาดเล็กที่สุด (11-15 เซนติเมตร) จะเริ่มงอกช้าที่สุดคือ 55 วันหลังเพาะ (Figure 1B) และใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกนานที่สุด คือ 103.0±6.2 วันหลังเพาะ ส่วนหัวพันธุ์ขนาดอื่นๆมีอายุการงอกเฉลี่ย 90.3±17.1 ถึง 95.3±17.0 วันหลังเพาะ (Table 2)

สรุปผล

การเพาะเหง้า *D. birmanica* โดยใช้หัวพันธุ์ขนาดต่างๆ และการไม่คลุมหรือคลุมด้วยวัสดุอินทรีย์ เช่น ฟางข้าว ดินใบก้ามปูหมัก และถ่านแกลบ มีความงอกและระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

จันทรา แพรเพ็ชร์, 2547, การขยายพันธุ์มันม่วงในสภาพปลอดเชื้อ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ทิพวรรณ มาเสมอ และ เทวิน พร้อมพวก, 2544, ศึกษาการขยายพันธุ์ของกลอยโดยใช้หัวพันธุ์แบบต่างๆ, ปัญหาพิเศษ คณะ วิชาพืชศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี.

นทีพงศ์ เมืองแก้ว พัชรียา บุญกอแก้ว ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์ และ ประนอม ยังคำมั่น, 2553, ผลของขนาดหัวพันธุ์และวัสดุคลุมแปลงต่อการผลิตหัวพันธุ์หงส์เหิน, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาณุมาศ ฤทธิไชย อรุณพร อิฐรัตน์ สมพิศ ไม้เรียง สุรพล ตรุยานนท์ เข็มพร เพชราภรณ์ อนันต์ ชัยกิจวัฒนะ และ เดช อยู่ชา, 2551, การเจริญเติบโตและสารสำคัญของ *Dioscorea membranacea* และ *Smilax corbularia*, รายงานวิจัยประจำปี 2551, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ภาณุมาศ ฤทธิไชย และ อรุณพร อิฐรัตน์, 2554, ผลของวัสดุเพาะต่อการงอกของเหง้าข้าวเย็นใต้ (*Dioscorea membranacea*), วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3/1): 135-138.

วันทนา เหรียญมงคล อรุณพร อิฐรัตน์ และ พิศิษฐ์ บัวแก้ว, 2550, ตรวจหาฤทธิ์แก้อักเสบ ระงับปวดและลดไข้ของสารสกัดจากเหง้าหัวข้าวเย็นในหนูทดลอง, วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 29: 49-57.

สุเทวี ศุขปราการ, 2545, บทปฏิบัติการ การทดสอบเมล็ดพันธุ์พืชสวน, ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ, 146 หน้า.

อรรัตน์ วงศรี เพียงเพ็ญ ศรวัต นิลุบล ทวีกุล สมศักดิ์ อิทธิพงษ์ และ อิสระ พุทธสิมมา, 2550, ศึกษาการปลูกมันเทศด้วยวัสดุเพาะต่างๆ, รายงานวิจัยประจำปี 2550, ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น, กรมวิชาการเกษตร.

อาทิมา แซ่ตั้ง อรุณพร อิฐรัตน์ ชวบูลย์ เดชสุขุม ฉัตรชัย วัฒนาภิรมย์สกุล นิวัติ แก้วประดับ และ ปราณี รัตนสุวรรณ, 2548, การศึกษาฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งของสมุนไพรไทยที่ใช้ในการรักษาโรคมะเร็ง, วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 27: 469-478.

Craufurd, P.Q., Summerfield, R.J., Asiedu, R. and Vara Prasad, P.V., 2001, Dormancy in Yams, Experimental Agriculture, 37: 147-181.

Huber, H., 1998, Dioscoreaceae, The Families and Genera of Vascular Plants, Vol. III Flowering Plants Monocotyledons, Lilianae (except Orchidaceae), Springer, Germany, pp. 216-235.

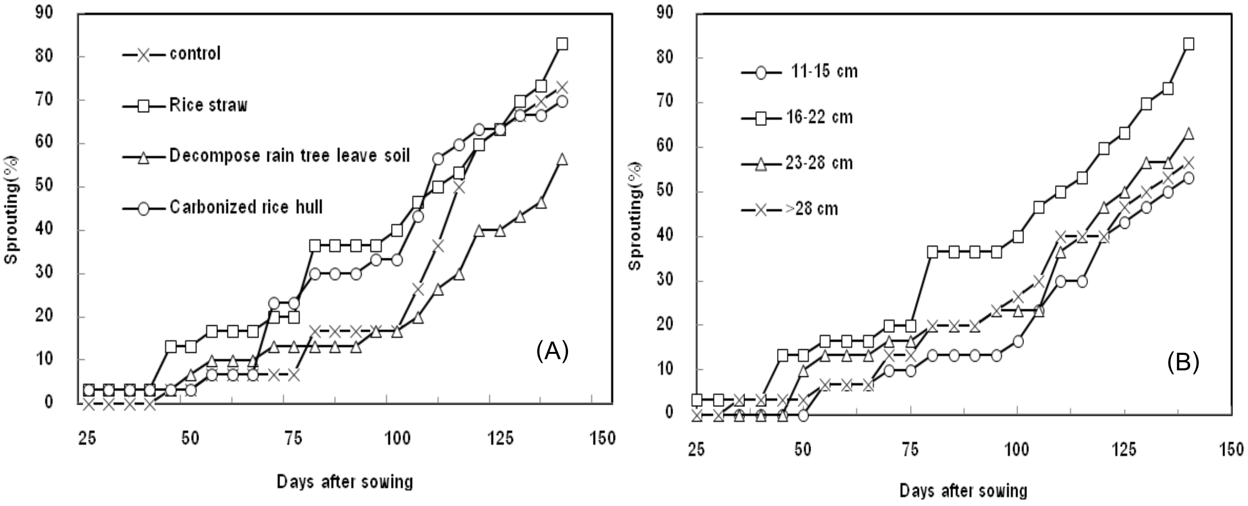


Figure 1 Cumulative sprouting percentages of *D. birmanica* rhizomes. (A) organic mulching (B) seed rhizome sizes.

Table 1 Effect of organic mulching on sprouting, dormant rhizome, degraded rhizome and mean time to sprouting (MTS) of *D. birmanica* rhizomes.

Organic mulching	Sprouting (%)	Dormant rhizome (%)	Degraded rhizome (%)	MTS (days)
Control[1]	73.3±20.8[2]	16.6±20.8	10.0±0.0	105.0±5.5
Rice straw	83.3±15.2	16.6±15.2	00.0±0.0	90.3±17.1
Decomposed rain tree leave soil	56.6±20.8	33.3±15.2	10.0±10.0	96.6±24.0
Carbonized rice hull	70.0±10.0	26.6±11.5	3.3±5.7	90.3±8.7
F-test	ns	ns	ns	ns

[1]Control : Leaving rhizome without covering with organic mulching

[2]Mean±SD ns : not-significant

Table 2 Effect of seed rhizome sizes on sprouting , dormant rhizome, degraded rhizome and mean time to sprouting (MTS) of *D. birmanica* rhizomes.

Seed rhizome sizes (cm)	Sprouting (%)	Dormant rhizome (%)	Degraded rhizome (%)	MTS (days)
11-15	53.3±15.2[1]	43.3±11.5	3.3±5.7	103.0±6.2
16-22	83.3±15.2	16.6±20.8	00.0±0.0	90.3±17.1
23-28	63.3±5.7	36.6±5.7	00.0±0.0	95.3±17.0
>28	56.6±15.2	36.6±20.8	6.6±11.5	92.0±17.3
F-test	ns	ns	ns	ns

[1] Mean±SD ns : not – significant

การเจริญเติบโตของทานตะวันกระถางที่ปลูกในวัสดุผสมตะกอนดินน้ำประปา

Growth of Potted Sunflower Planted in Media Mixed with Sediment from Water Treatment

ภาสันต์ ศารทูลทัต[1] และ ธีร์ หะวานนท์[1]
Saradhuldhat, P.[1] and Havananda, T.[1]

Abstract

Clay sediment is a by-product from water treatment process which is possibly suitable for use as soil-base growing media for potted plant. This research aimed to examine the proportion of the sediment in soil mix resulting in well growth and biomass of potted sunflower. The seedlings were transplanted into six-inch plastic pots filled with media. The media were composed of the sediment: top soil : rice charcoal : rice husk as (1) 0:2:2:2 (control) (2) 1:1:2:2 (3) 2:0:2:2 (4) 1:0:2:2 (5) 1:0:2:0 (6) 1:0:0:2 by volume. In addition, each medium was added with coco-coir and manure for 2 and1 parts. Water and fertilizer were routinely applied throughout the experiment. The experimental design was CRD with 4 replications. The plant growth, flowering, and biomass were monitored. The results revealed that plant in the medium (4) existed more plant height (29.5 cm) and canopy diameter (24.5 cm) than those in other media. The biomass of stem and root were 6.9 and 9.6 g/plant which similar to the control. Floral diameter ranged from 9.8 to 10.2 cm in all treatments. Among the media, the porosity was 37-45% similar in all treatments but different in bulk density (0.5-0.7 g/cm^3) and electrical conductivity (23-80 µS/cm). The results indicated that the potted sunflower planted in medium mixed with this sediment as 12.5% (or 1/8) was well grown as those in the control (1). The clay sediment from water treatment process might be suitable for use as soil-base media for potted plants.

Keywords: biomass, soil-base mix, potted plant, growing media

บทคัดย่อ

ตะกอนดินเป็นของเหลือที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำประปาซึ่งมีคุณสมบัติเป็นดินเหนียวจึงอาจเหมาะที่จะใช้ผสมเป็นดินผสมปลูกไม้กระถางได้ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลของสัดส่วนตะกอนดินในวัสดุผสมต่อการเจริญเติบโตและชีวมวลของต้นทานตะวันกระถาง โดยปลูกต้นกล้าลงในกระถางพลาสติกขนาด 6 นิ้ว ที่มีวัสดุผสมเป็นตะกอนดิน : หน้าดิน : ถ่านแกลบ : แกลบ ในสัดส่วนโดยปริมาตร คือ สูตร (1) 0:2:2:2 (ชุดควบคุม) (2) 1:1:2:2 (3) 2:0:2:2 (4) 1:0:2:2 (5) 1:0:2:0 (6) 1:0:0:2 ตามลำดับ ในทุกสูตรมีขุยมะพร้าวและปุ๋ยคอกอีก 2 และ 1 ส่วน ดูแลรดน้ำและให้ปุ๋ยเกล็ดสัปดาห์ละครั้งตลอดการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ดอก และชีวมวล พบว่าต้นทานตะวันในวัสดุผสมสูตร (4) มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง (29.5 ซม.) และขนาดทรงพุ่ม (24.5 ซม.) มากที่สุดต่างจากสูตรอื่นๆ มีน้ำหนักแห้งต้น (6.9 ก.) และราก (9.6 ก.) มากใกล้เคียงกับชุดควบคุม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกจากทุกวัสดุปลูกมีค่าใกล้เคียงกัน (9.8-10.2 ซม.) จากการวิเคราะห์คุณสมบัติวัสดุผสมทุกสูตรพบว่ามีช่องว่าง 37-45% ใกล้เคียงกัน แต่มีความหนาแน่นแตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.5-0.7 ก./ซม.^{3} มีค่าการนำไฟฟ้า 23-80 µS/cm จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าต้นทานตะวันที่ปลูกในดินผสมที่มีตะกอนดินอยู่ 1/8 ส่วน (12.5%) มีการเจริญเติบโตได้ดีไม่น้อยกว่าดินผสมชุดควบคุม ดังนั้นตะกอนดินจากระบบการผลิตน้ำประปาจึงอาจเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นดินผสมเพื่อปลูกไม้กระถางได้

คำสำคัญ: ชีวมวล ดินผสม ไม้กระถาง วัสดุปลูก

คำนำ

ตะกอนดินจากกระบวนการผลิตน้ำประปาเกิดจากการตกตะกอนน้ำดิบจากแม่น้ำก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง คิดเป็นวันละหลายร้อยตัน (ฌงภู, 2543) ซึ่งจำเป็นต้องกำจัดหรือขนไปทิ้ง ตะกอนดินเหล่านี้เป็น

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

อนุภาคดินเหนียวที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ จึงมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงเช่นเดียวกับหน้าดินที่อุดมสมบูรณ์และมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง (ปริศนา, 2545) จึงอาจเหมาะนำมาใช้เป็นดินสำหรับการปลูกพืช

แต่อย่างไรก็ตามคุณสมบัติทางกายภาพอาจยังไม่เหมาะสมกับการใช้เป็นดินปลูกโดยตรง จำเป็นต้องผสมกับวัสดุชนิดอื่นเพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น ได้มีรายงานการนำวัสดุเหลือใช้จากทางการเกษตร เช่น ขุยมะพร้าว เปลือกไม้ (Zorpas และ Loizidou, 2008) ตะกอนน้ำทิ้งจากชุมชน (Ostos และคณะ, 2008) ตลอดจนตะกอนจากแม่น้ำ (Di Benedetto และคณะ, 2004) มาผสมเพื่อเป็นวัสดุปลูกพืชได้เป็นอย่างดีทั้งพืชผักและไม้ดอกกระถาง (ศุภมาศ และศิริพร, 2530) และเป็นการช่วยรักษาสภาพ แวดล้อมทางหนึ่งด้วย

จึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะนำตะกอนดินนี้มาใช้ร่วมกับวัสดุอื่น เป็นดินผสมสำหรับไม้กระถางหากทราบสัดส่วนการใช้อย่างเหมาะสม ซึ่งอาจพิจารณาได้จากการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกทดสอบและคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลของสัดส่วนตะกอนดินในวัสดุผสมต่อการเจริญเติบโตและชีวมวลของต้นทานตะวันกระถาง

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเมล็ดทานตะวัน 'Picano' ในวัสดุเพาะที่มีทราย:ขุยมะพร้าว = 1:1 โดยปริมาตร วางกระบะเพาะในโรงเรือนป้องกันฝน ดูแลรดน้ำจนต้นกล้าทานตะวันมีอายุประมาณ 2 สัปดาห์ ย้ายปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 6 นิ้ว ในดินผสมแต่ละสูตรประกอบด้วย ตะกอนดิน:หน้าดิน:ถ่านแกลบ:แกลบ ในสัดส่วน สูตร (1) 0:2:2:2 (ชุดควบคุม) (2) 1:1:2:2 (3) 2:0:2:2 (4) 1:0:2:2 (5) 1:0:2:0 (6) 1:0:0:2 ตามลำดับ ทุกสูตรมีขุยมะพร้าวและปุ๋ยคอกอีก 2 และ 1 ส่วน (โดยปริมาตร) ดูแลรดน้ำและให้ปุ๋ยเกล็ดสัปดาห์ละครั้งตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูลการเจริญเติบ โตและชีวมวล ได้แก่ ความสูง ขนาดทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางดอก น้ำหนักแห้งของต้นและราก นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย นำตัวอย่างตะกอนดินส่งวิเคราะห์สัดส่วนอนุภาคดิน การแลกเปลี่ยนประจุบวก อินทรียวัตถุ และธาตุอาหารพืชที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์ วิเคราะห์คุณสมบัติของดินผสมหลังปลูก ได้แก่ ความหนาแน่น ความพรุน ค่าการนำไฟฟ้า ความเป็นกรด-ด่าง

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตด้านความสูงและความกว้างทรงพุ่มของต้นทานตะวันที่ปลูกในดินผสมแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันในช่วงสองสัปดาห์แรก (Table 1) หลังจากนั้นเริ่มเห็นความแตกต่างระหว่างสูตรดินผสม ต้นทานตะวันที่ปลูกในดินผสมสูตร 4 มีความสูงและความกว้างทรงพุ่มเป็น 10.8 และ 20.2 ซม. ในสัปดาห์ที่ 4 และเพิ่มขึ้นเป็น 29.5 และ 24.5 ซม. ในสัปดาห์ที่ 6 ซึ่งมากกว่าต้นในดินผสมสูตรอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างจากดินผสมสูตร 1 (ชุดควบคุม) เส้นผ่านศูนย์กลางดอกหลังสิ้นสุดการทดลองของต้นจากทุกสูตรดินผสมมีขนาดระหว่าง 9.8 – 10.2 ซม. ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

ชีวมวลของต้นทานตะวันที่ปลูกจากดินผสมแต่ละสูตรมีความแตกต่างกัน น้ำหนักแห้งส่วนต้นจากดินผสมสูตร 4 มีค่า 6.9 ก./ต้น ซึ่งมากกว่าต้นจากดินผสมสูตรอื่น (Table1) แต่ไม่แตกต่างจากดินผสมสูตร 1 น้ำหนักแห้งส่วนรากจากต้นที่ปลูกในดินผสมทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติวัสดุผสมทุกสูตรพบว่า ความหนาแน่นของดินผสมสูตร 6 มีค่าต่ำที่สุด (0.52 ก./ลบ.ซม.) ส่วนดินผสมสูตรอื่นมีค่าระหว่าง 0.62-0.74 ก./ลบ.ซม. (Table 2) เปอร์เซ็นต์ช่องว่างรวมในดินผสมทุกสูตรมีค่าระหว่าง 37-45% ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เปอร์เซ็นต์ช่องว่างน้ำและช่องว่างอากาศไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบแต่ละสูตรดินผสม คุณสมบัติการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ระหว่าง 23-80 μS/cm ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างสูตรดินผสมแต่ละชนิด ค่าความเป็นกรด-ด่างดินผสมทุกสูตรอยู่ระหว่าง 7.26-7.66

วิจารณ์ผล

จากผลการเจริญเติบโตของต้นทานตะวัน 'Picano' ในวัสดุดินผสมทั้ง 6 สูตร ตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์ เห็นได้ว่าดินผสมสูตร 4 ทำให้ต้นทานตะวันมีการเจริญเติบโตทั้งทางความสูงและขนาดทรงพุ่มมากที่สุด ซึ่งใกล้เคียงสูตร 1 (ชุดควบคุม) แม้ว่าขนาดดอกไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสูตรดินผสมทั้งหมด นอกจากนี้ยังช่วยให้มีค่าชีวมวลมากกว่าต้นทานตะวันจากดินผสมสูตรอื่น แสดงให้เห็นว่าดินผสมสูตร 4 นี้อาจมีความเหมาะสมมากที่สุดในการใช้เป็นวัสดุปลูก

สอดคล้องกับรายงานของ Michel (2009) ที่เติมดินตะกอนจากแม่น้ำเพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและธาตุอาหารในพีทมอสที่ใช้เป็นวัสดุปลูกพืชได้ดีขึ้น

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทั้งความหนาแน่น ความพรุน ค่าการนำไฟฟ้า และความเป็นกรด-ด่าง เห็นได้ว่าดินผสมสูตร 4 มีความใกล้เคียงกับดินผสมสูตร 1 ซึ่งเป็นชุดควบคุม จึงสอดคล้องกับผลการเจริญเติบโตของต้นที่ปลูกในชุดควบคุม ซึ่งมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน คุณสมบัติทางกายภาพของดินผสมเหล่านี้ช่วยให้พืชสามารถยึดเกาะต้นตั้งตรง ได้รับน้ำธาตุอาหารพืช การหมุนเวียนอากาศได้อย่างพอเพียงนั่นเอง จากสัดส่วนของตะกอนดินในดินผสมสูตร 4 ซึ่งคิดเป็น 12.5% โดยปริมาตร (1/8 ส่วน) จึงอาจเป็นสัดส่วนที่ทำให้มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับดินผสมสูตรอื่น ที่มีสัดส่วนตะกอนดินมากหรือน้อยกว่านี้

จากคุณสมบัติของตะกอนดินที่มีธาตุอาหารพืชค่อนข้างสูง มีอนุภาคดินเหนียวเป็นหลัก ความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง ซึ่งอาจไม่สามารถนำไปใช้ปลูกพืชได้โดยตรง (ข้อมูลไม่ได้แสดง) แต่เมื่อนำมาผสมกับวัสดุชนิดอื่นแล้วทำให้มีคุณสมบัติเหมาะเป็นวัสดุดินผสมสำหรับปลูกไม้กระถางมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้คุณภาพของตะกอนดินในรอบปีน่าจะมีความสม่ำเสมอได้มาก กว่าคุณภาพของหน้าดินที่นำมาจากแหล่งต่างๆ ที่ใช้ผสมเป็นวัสดุปลูก ทำให้ดินผสมจากตะกอนดินนี้มีคุณภาพสม่ำเสมอตามไปด้วย การใช้ตะกอนดินจากการผลิตน้ำประปาจึงเป็นแนวทางที่ช่วยรักษาสภาพแวดล้อม ลดการเคลื่อนย้ายหน้าดินจากแหล่งอื่น เป็นการนำของที่ต้องกำจัดมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกครั้ง ทั้งนี้หากมีการวิจัยเพิ่มเติมกับไม้กระถางชนิดอื่นๆ ก็จะช่วยให้ได้สูตรดินผสมที่เหมาะสมกับพืชมากยิ่งขึ้น

สรุปผล

ทานตะวันมีการเจริญเติบโตและให้ชีวมวลได้ดีเมื่อปลูกในดินผสมสูตร 4 (ตะกอนดิน:ถ่านแกลบ:แกลบ:ขุยมะพร้าว:ปุ๋ยคอก = 1:2:2:2:1 โดยปริมาตร) ซึ่งมีตะกอนดินอยู่ 1/8 ส่วน (12.5%) จึงอาจเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นดินผสมเพื่อปลูกไม้กระถางได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัย จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณนางสาวปิยะมาตร์ กิ่งพุ่ม สำหรับความช่วยเหลือในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ฌงฎ ออนตะเคียน, 2543, ตะกอน: การผลิตน้ำประปาม การประปานครหลวง, กรุงเทพฯ.

ปริศนา เสือแซมเสริม, 2545, สมบัติบางประการของตะกอนแยกจากน้ำดิบของการประปานครหลวง วิทยานิพนธ์สาขาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา และ ศิริพร ลีละศิธร, 2530, วัสดุปลูกที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลี และเทียนสี, วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์, 21: 271-277.

Di Benedetto, A.H., Klasman, R. and Boschi, C., 2004, Use of River Waste in Growing Media for Ornamental Herbaceous Perennials, Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79: 119-124.

Michel, J.C., 2009, Influence of Clay Addition on Physical Properties and Wettability of Peat-growing Media. HortScience, 44: 1694-1697.

Ostos, J.C., López-Garrido, R., Murillo, J.M. and López, R., 2008, Substitution of Peat for Municipal Solid Waste- and Sewage Sludge-based Composts in Nursery Growing Media: Effects on Growth and Nutrition of the Native Shrub *Pistacia lentiscus* L, Bioresource Technology, 99: 1793-1800.

Zorpas, A.A. and Loizidou, M., 2008, Sawdust and Natural Zeolite as a Bulking Agent for Improving Quality of a Composting Product from Anaerobically Stabilized Sewage Sludge, Bioresource Technology, 99: 7545-755.

Table 1 Plant height, canopy size, floral disc size and biomass of Sunflower grown in 6 mixed media

	Plant height (cm)			Canopy diameter (cm)			Floral size	Dry weight (g)	
Medium	WK2	WK4	WK6	WK2	WK4	WK6	(cm)	Shoot	Root
1	5.6	10.7 a*	27.9 ab	7.9	17.4 b	24.2 a	10.2	7.4 a	8.6
2	5.0	9.6 ab	27.4 ab	7.7	17.0 b	21.8 ab	9.9	6.7 ab	10.9
3	4.5	7.7 b	24.0 b	7.1	14.4 c	21.0 b	10.8	5.0 bc	5.5
4	5.2	10.8 a	29.5 a	8.8	20.2 a	24.5 a	10.1	6.9 ab	9.6
5	4.5	7.9 b	25.1 b	7.4	15.4 bc	23.3 ab	10.1	5.8 abc	5.9
6	5.0	8.5 ab	24.4 b	7.3	15.5 bc	20.5 b	9.8	4.6 c	4.2
F-test	ns	*	*	ns	**	*	ns	*	ns
C.V.(%)	14.3	17.5	9.3	12.5	8.1	8.6	13.2	20.4	50.0

*,** Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)

M1 Sediment : top soil : rice charcoal : rice husk : coco coir : manure = 0:2:2:2:2:1 (control)

M2 Sediment : top soil : rice charcoal : rice husk : coco coir : manure = 1:1:2:2:2:1

M3 Sediment : top soil : rice charcoal : rice husk : coco coir : manure = 2:0:2:2:2:1

M4 Sediment : top soil : rice charcoal : rice husk : coco coir : manure = 1:0:2:2:2:1

M5 Sediment : top soil : rice charcoal : rice husk : coco coir : manure = 1:0:2:0:2:1

M6 Sediment : top soil : rice charcoal : rice husk : coco coir : manure = 1:0:0:2:2:1

Table 2 Medium properties of 6 growing media at the end of experiment

Medium	Bulk density (g/cm^3)	Total porosity (%)	Water-filled pore (%)	Air-filled pore (%)	EC ($\mu S/cm$)	pH
1	0.67 abc	39.0 ab	21.8	17.3	35.0 cd	7.26
2	0.74 a	36.8 b	18.3	18.5	45.0 bc	7.66
3	0.69 ab	41.0 a	23.0	18.0	60.0 b	7.55
4	0.62 bc	44.8 a	26.5	18.3	22.5 d	7.38
5	0.68 abc	38.3 b	22.3	16.0	80.0 a	7.27
6	0.52 c	43.3 a	25.5	17.8	47.5 bc	7.55
F-test	*	*	ns	ns	**	
C.V.(%)	9.2	14.4	23.7	16.2	27.2	

*,** Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)

M1 Sediment : top soil : rice charcoal : rice husk : coco coir : manure = 0:2:2:2:2:1 (control)

M2 Sediment : top soil : rice charcoal : rice husk : coco coir : manure = 1:1:2:2:2:1

M3 Sediment : top soil : rice charcoal : rice husk : coco coir : manure = 2:0:2:2:2:1

M4 Sediment : top soil : rice charcoal : rice husk : coco coir : manure = 1:0:2:2:2:1

M5 Sediment : top soil : rice charcoal : rice husk : coco coir : manure = 1:0:2:0:2:1

M6 Sediment : top soil : rice charcoal : rice husk : coco coir : manure = 1:0:0:2:2:1

การศึกษาลักษณะสัณฐานและพันธุกรรมของถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มที่เก็บรวบรวมพันธุ์จากภาคใต้ของประเทศไทย

Morphological and Molecular Characterization of Yardlong Bean and Cowpea Collected from Southern Thailand

ดูซาน มิโลเซวิค[1] จิตรา จันโสด[1] มณีรัตน์ คูหาพิทักษ์ธรรม[1] และ จรัสศรี นวลศรี[1]
Milosevic, D.[1], jansod, J.[1], Koohapitaktam, M.[1] and Nualsri, C.[1]

Abstract

In order to assess the genetic diversity of *Vigna unguiculata*: yardlong bean and cowpea in southern Thailand, 49 accessions were evaluated for 16 morphological characters. Random Amplified Polymorphic DNA markers were further evaluated for relatedness among accessions. One genotype of french bean (Phaseolus vulgaris) was included in this study as an out group. The experiment was conducted at the Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat yai, Songkhla. Results showed highly significant differences in 7 quantitative traits among accessions. Based on banding pattern from 8 RAPD primers used, the RAPD markers have separated 49 accessions into 4 different clusters. Pairwise similarity index value ranged from 0.62-0.98.

Keywords: yardlong bean, cowpea, genetic diversity, RAPD

บทคัดย่อ

ศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของ *Vigna unguiculata* ได้แก่ถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม ที่เก็บรวบรวมจากพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยจานวน 49 ตัวอย่าง โดยประเมินจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา 16 ลักษณะ หลังจากนั้นจึงประเมินโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลอาร์เอพีดี (Random Amplified Polymorphic DNA) โดยมีถั่ว French bean (*Phaseolus vulgaris*) พืชกลุ่มอื่นเป็นตัวเปรียบเทียบ ทาการปลูกทดสอบที่ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จากผลการทดลอง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในลักษณะสัณฐานวิทยาที่เป็นลักษณะทางปริมาณ 7 ลักษณะที่ศึกษา และผลจากรูปแบบของแถบดีเอ็นเอจากเครื่องหมายโมเลกุลเมื่อใช้ไพรเมอร์ 8 ไพรเมอร์ สามารถแบ่งกลุ่มพืชที่ศึกษาได้เป็น 4 กลุ่ม โดยมีค่าความใกล้ชิดทางพันธุกรรม 0.62- 0.98

คำสำคัญ: ถั่วฝักยาว ถั่วพุ่ม ความหลากหลายทางพันธุกรรม RAPD

Introduction

Yardlong bean and cowpea are cultivar groups (cv-gr) of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *unguiculata*, cv-gr. Sesquipedalis and cv-gr. Unguiculata, respectively (Pasquet, 1996). It is believed that cowpea was domesticated from wild cowpea in Africa, in Asia a vegetable form of cowpea, yardlong bean, subsequently evolved from cowpea (Kongjaimun *et al*., 2012). Yardlong bean is an intensely cultured, vegetable crop that is grown widely in southeast Asia and is considered to be one of the most important vegetable crops in parts of Indonesia, Thailand, Philippines, Taiwan, and China. Rubatzky and Yamaguchi (1997) estimated that yardlong bean production in China alone exceeds 250,000 ha annually. Even though cowpea is not an economic crop in Asia, it is one of the most important food grain legumes grown in the semi-arid tropics, particular in Africa. Because of high protein content in dry grain (23-29%), cowpea is served as a cheap source of protein for the poor (Diouf and Hilu, 2005). In Thailand, production area of yardlong bean was

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อาเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112
[1] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112
[2] ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อาเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112
[2] Department of Pest Management, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112

estimated at 18,560 – 20,160 ha annually. Yardlong bean suffers from a wide range of production constraints including insect pest such as cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch.). But the most damaging effect of *A. craccivora* may be through transmission of viral diseases. Breeding for resistance to CAMBV is an ongoing activity in various laboratories, however, the availability of resistant germplasm is still limited. The collection of local varieties is one of an important source to incorporate interested traits into cultivated variety. Some of these local varieties have distinctive morphological characters but some of them, morphological characters alone can not be used for varietal identification. The objectives of the present study are 1) collect the different local accessions of yardlong bean and cowpea seed in the southern part of Thailand 2) evaluate morphological characters and using RAPD to assess the genetic diversity of accessions.

Materials and Methods

Survey of yardlong bean and cowpea grown in southern part of Thailand was carried out and seed samples from those plants were collected. Seed samples of 49 accessions were germinated and grown in the field at the department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University (french bean: Phaseolus vulgaris was included as an outgroup for molecular analysis). The experimental design was arranged in RCBD with 3 replications. The fourteen following characters were recorded: days to flowering, flower color, terminal leaflet shape, terminal leaflet length and width, pod length, podweight, pod curvature, immature pod pigmetation, mature pod color, seed length, seed shape, eye color and 100 g seed weight. Statistical analysis of the obtained data was carried out for analysis of variance using computer statistical program SPSS. Means were compared by the L.S.D. values.

Leaf samples of each accession were collected, DNA was isolated and subsequently quantified by agarose gel electrophoresis. A total of 8 random primers were selected from the polymorphism survey and PCR amplification was performed. The amplified products were size-separated by gel electrophoresis in 1.5% agarose gel electrophoresis and stained with ethidium bromide. Coefficient of similarity among accessions was calculated and a dendrogram based on these similarity coefficients was constructed by using Unweighted Pair Group Method of Arithmetic means (UPGMA) in NTSYS-pc 2.01.

Results

Fourteen morphological characters were observed in 49 yardlong bean and cowpea accessions collected from southern part of Thailand. The obtained results showed that yardlong bean and cowpea collection varied in morphological traits. Most of plants exhibit indeterminate and semi indeterminate growth habit. Variation in pod color was observed as green or no pigment (55%), purple or uniform pigmented (18%), pigmented valves (12%), splash of pigment (8%), pigmented tip (4%) and pigmented sutures (2%). The color of flower can be grouped into 3 followings; purple (80%), white/purple splash (12%) and white (8%). Variation was also found in seed color as well (Figure 1). Quantitative characters of some accessions are presented in Table 1. Data indicated significant differences among yardlong bean and cowpea genotypes for all seven quantitative characters. High variation was found in flowering date, pod length and pod weight.

Molecular characterization of the 49 yardlong bean and cowpea genotypes was done by RAPD markers. From 8 primer used (OPC06, OPT12, OPR04, OPR09, OPR12, OPZ03, OPZ08 and OPZ13), a total of 80 fragments were obtained. The number of fragments per primer ranged between 9 to12 with a mean of 10. The primers OPT12 produced the highest number of polymorphic fragments (100%). The RAPD data were analyzed using NTSYS-PC (version 2.02) (Rolf, 1998). Cluster analysis by the unweighted pair group method of arithmetic means (UPGMA) showed that 49 accessions could be divided into four groups with genetic distance varied from 0.62-0.980. The most similarity coefficient was found in 2 pairs; accession no.32 and 34,

both are yardlong bean from amphur Si-chon Nakorn-Sitammarat province and another pair were accession no. 43 from amphur promkiri, Nakorn-Sitammarat and accession no.45 from amphur Klonghoi-khong, Songkhla province.

Discussion

The information of plant collection will be useful to crop improvement activities. Without some basic information of the accessions, breeder will not be able to use a proper materials for their works. The first approach in the description and classification of germplasms is morphological characterization. By morphological comparison among yardlong bean and cowpea, variations in both qualitative and quantitative characters were detected. However, there are several disadvantages of using morphology as genetic markers such as morphological markers are difficult to analyze in breeding populations, particular for closed related species and they are affected by environmental conditions (Dijkhuizen *et al*., 1996). In this study, accession no. 32 and 34, 43 and 45 were considered identical by morphological characters, however based on RAPD profiles, they can be classified as genetically dissimilar. Results indicate that RAPDs can be used as a reliable technique for genotype identification.

Summary

Morphological and molecular characterization of fourty-nine accessions of yardlong bean and cowpea grown in some areas in southern Thailand were carried out. Each accession was evaluated using 14 characters related to flower, leaf, pod and seed. Results revealed that variation was found in flower, pod and seed color and all quantitative traits in the present study had a significant contribution to the total variation. The DNA analysis was performed with 8 RAPD primers and the UPGMA dendrogram was constructed based on similarity indices. Based on dendrogram, 49 accessions can be separated into 4 groups with similarity coefficient ranged from 0.62 to 0.98.

Literature cited

Dijkhuizen, A., Kennard, W.C., Havey, M.J. and Staub, J.E., 1996, RFLP variability and genetic relationships in cultivated cucumber, Euphytica, 90:79–87.

Diouf, D. and Hilu, K.W., 2005, Microsatellites and RAPD markers to study among cowpea breeding lines and local varieties in Senegal, Genetic Resources and Crop Evoluation, 52: 1057-1067.

Kongjaimun, A., Kata, A., Tomooka, N., Somta, P., Vaughan, D.A. and Srinives, P., 2012, The genetics of domestication of yardlong bean, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. unguiculata cv.-gr. Sesquipedalis, Ann Bot. 109:1185-2000.

Pasquet, R.S., 1996, Wild cowpea (*Vigna unguiculata*) evolution. In Advances in Legume Systematics 8: Legumes of Economic Importance, (eds. B. Pickersgill and J.M. Lock), pp. 95-100, Royal Botanic Gardens, Kew, UK.

Rohlf, F.J., 1998, NTSYS-pc numerical taxonomy and multivariate analysis system, Version 2.02, Exeter Publications Setauket, New York.

Rubatzky, V.E. and Yamaguchi, M., 1997, World vegetables: Principles, production, and nutritive values 2nd ed. Chapman & Hall, New York.

Table 1 Comparison of seven quantitative characteristics of some yardlong bean and cowpea accessions collected from southern Thailand

Sample code	Days to first flowering	Terminal leaflet length (cm)	Terminal leaflet width (cm)	Pod length (cm)	Pod weight (gm)	Seed length (mm)	Seed width (mm)
1	46	137.3	67.0	63.2	29.2	7.08	5.87
2	42	152.0	74.0	37.8	12.2	11.45	5.87
3	43	127.6	68.3	50.6	18.8	11.21	5.56
4	39	99.0	69.0	25.0	8.0	9.37	4.70
5	43	134.0	44.6	20.6	8.0	8.37	6.99
6	44	115.0	23.0	19.0	7.2	7.02	6.29
7	48	132.6	99.6	26.2	12.4	8.35	5.21
8	47	133.0	59.6	51.2	20.6	12.25	6.01
9	39	117.3	69.2	28.0	11.4	12.42	5.23
10	46	101.6	68.0	18.0	6.4	6.78	5.61
F-test	**	**	**	**	**	**	**
L.S.D	5.95	26.51	18.09	5.60	3.52	0.67	0.41
C.V.(%)	5.25	10.19	12.48	9.77	16.84	5.58	6.19

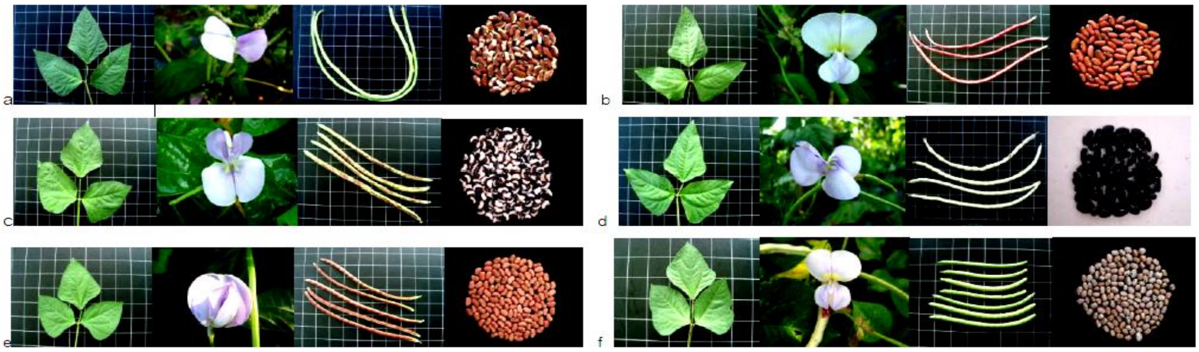


Figure 1 Morphological characters of four yardlong bean and cowpea accessions collected from southern Thailand

a) accession no.1 b) no.2 c) no. 29 d) no.37 e) no. 18 f) no. 10

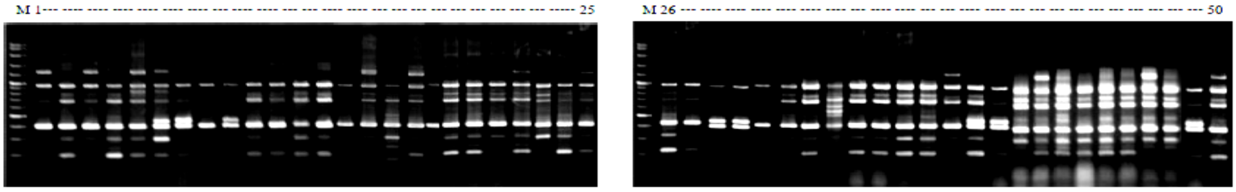


Figure 2 RAPD profiles of the primer OPZ 08. Lane 1–50 are yardlong bean and cowpea accessions collected from southern Thailand and M are 100 bp Ladder DNA.

การเจริญเติบโตของสร้อยไก่ ‘Kimono Yellow’ ที่ปลูกในวัสดุผสมใยหิน

Growth of Celosia Plumosa ‘Kimono Yellow’ Planted in Rock Wool-mixed Growing Media

ภาสันต์ ศารทูลทัต[1] กาญจนา มาล้อม[1] และ ธีร์ หะวานนท์[1]
Saradhuldhat, P.[1], Malom, K.[1] and Havananda, T.[1]

Abstract

Used rock wool from industrial insulator could be suitable as a medium in plant growing mixture. The research aimed to investigate effects of rock wool proportion in soil-base mix on growth and biomass of *Celosia plumosa* ‘Kimono Yellow’. The seedlings were transplanted into six-inch plastic pots filled with soil-base mix (top soil: coconut coir: rice charcoal: manure = 1:1:1:1 by volume) combined with rock wool at 0, 10, 20 or 30% (by volume). Water and fertilizer were routinely applied throughout the experiment designed as CRD with 4 replications. The plant growth, flowering, and biomass were examined. The results revealed that increase in plant height in every treatment was similar, reaching 15 cm in week 5. The plants grown in 10% rock wool had the highest leaf number (26.7 leaves per plant) and stem width (79 mm). In addition, 10% rock wool treatment yielded maximum biomass of the flower (3.30 g), stem (1.68 g), and root (0.33 g), significantly higher than other treatments. The results indicated that Celosia plumosa ‘Kimono Yellow’ can be well grown with high biomass in 10% rock wool soil mix. Discarded rock wool might possibly be reused as a growing medium for potted plants.

Keywords: biomass, soilbase mix, potted plant, growing media

บทคัดย่อ

ใยหินเป็นฉนวนกันความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมที่เมื่อเลิกใช้แล้วยังอาจมีคุณสมบัติเหมาะใช้ผสมเป็นวัสดุปลูกไม้ดอกกระถางได้ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลของสัดส่วนใยหินที่ผสมกับดินปลูกพืชสวนต่อการเจริญเติบโตและ ชีวมวลของต้นสร้อยไก่ ‘Kimono Yellow’ โดยปลูกต้นกล้าลงในกระถางพลาสติกขนาด 6 นิ้ว ที่มีดินผสมพืชสวน (หน้าดิน:ขุยมะพร้าว:ถ่านแกลบ:ปุ๋ยคอก = 1:1:1:1 โดยปริมาตร) ร่วมกับใยหินสัดส่วน 0 10 20 และ 30% ดูแลรดน้ำและให้ปุ๋ยเกล็ดสัปดาห์ละครั้งตลอดการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ดอกและชีวมวล พบว่าต้นสร้อยไก่ที่ปลูกในทุกสูตรของดินผสมทุกดินผสมสูงเพิ่มขึ้นไม่ต่างกัน และสูง 12 ซม. ในสัปดาห์ที่ 5 แต่ต้นที่ปลูกในดินผสมใยหิน 10% มีจำนวนใบ (26.7 ใบ) ความกว้างลำต้น (79 มม.) มากที่สุด มีชีวมวลแห้งส่วนดอก (3.30 ก.) ลำต้น (1.68 ก.) และราก (0.33 ก.) มากกว่าต้นจากดินผสมสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าต้นสร้อยไก่มีการเจริญเติบโตและมีชีวมวลเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกในดินผสมใยหิน 10% เมื่อเทียบกับต้นที่ปลูกในดินผสมใยหินสัดส่วนอื่น ดังนั้นใยหินที่เลิกใช้แล้วจึงอาจเหมาะสมที่จะนำมาใช้ร่วมกับดินผสมเพื่อปลูกไม้กระถางได้

คำสำคัญ: ชีวมวล ดินผสม ไม้กระถาง วัสดุปลูก

คำนำ

ใยหิน (rock wool) เป็นวัสดุที่นิยมใช้เป็นฉนวนกันความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดเนื่องจากมีความพรุนมากและคงทนเนื่องจากสลายตัวยาก การกำจัดหลังการเปลี่ยนใหม่หรือเลิกใช้งานแล้วจึงทำได้ลำบาก แต่จากคุณสมบัติการอุ้มน้ำ ระบายอากาศได้ดีและสะอาด ใยหินจึงเหมาะที่นำมาทำวัสดุปลูกพืช (อิทธิสุนทร, 2554) มีการผลิตขึ้นรูปให้เหมาะที่จะใช้เป็นวัสดุปลูกโดยไม่ต้องใช้ดินเช่นเดียวกับพีทมอสด้วย (Hazan และคณะ, 1994) หรือใช้ในระบบ hydroponics (รัฐภัทร์ และคณะ, 2553) อย่างไรก็ตามการใช้เป็นวัสดุปลูกโดยตรงต้องระมัดระวังเนื่องจากมีผลเสียต่อระบบทางเดินหายใจหากสูดเข้าไป การใช้ใยหินผสมกับวัสดุชนิดอื่นในสัดส่วนที่ลดลงอาจช่วยลดความเป็นอันตรายลงได้ และเป็นการนำใยหินไปใช้ให้เกิดประโยชน์อีกครั้งก่อนกำจัดหรือฝังทิ้ง

---

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140**
[1] Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

วัสดุปลูกไม้กระถางที่เป็นดินผสมหรือมีดินเป็นองค์ประกอบ (soil based media) ยังคงได้รับความนิยมอยู่แม้ว่าหน้าดินที่อุดมสมบูรณ์เริ่มหาได้ยากขึ้นก็ตาม ดินผสมแต่ละสูตรจำเป็นต้องผสมกับวัสดุอื่นๆ เพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชได้ดี ได้แก่ ความพรุนช่วยระบายอากาศ สามารถเก็บอุ้มน้ำไว้ให้กับพืช มีน้ำหนักเบาขนย้ายสะดวก และมีธาตุอาหารพืชพอเพียงหรือดูดซับไว้ได้ดี (De Swaef และคณะ, 2012)

จากคุณสมบัติที่เหมาะสมบางประการของใยหิน จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำใยหินที่เลิกใช้งานแล้วนำมาผสมร่วมกับดินผสมพืชสวนเพื่อใช้เป็นวัสดุปลูกไม้กระถาง ความเหมาะสมของสัดส่วนใยหินอาจพิจารณาได้จากการเจริญเติบโตและชีวมวลของพืชทดสอบ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลการเจริญเติบโตของต้นสร้อยไก่ ‘กิโมโน’ สีเหลืองปลูกในดินผสมพืชสวนที่มีใยหินสัดส่วนต่างๆ เป็นส่วนประกอบ

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเมล็ดสร้อยไก่ ‘กิโมโน’ สีเหลือง บนพีทมอส วางในโรงเรือนกันฝน รดน้ำและใส่ปุ๋ยเกล็ดสูตร 20-20-20 เข้มข้น 100 ppm สัปดาห์ละครั้ง เมื่อต้นกล้าอายุสองสัปดาห์ย้ายลงปลูกต้นละหนึ่งกระถางขนาด 6 นิ้ว ที่มีดินผสมพืชสวน (หน้าดิน:ขุยมะพร้าว:ถ่านแกลบ:ปุ๋ยคอก = 1:1:1:1 โดยปริมาตร) ร่วมกับใยหินที่เลิกใช้แล้วแต่ยังอยู่ในสภาพดีในสัดส่วน 0 10 20 และ 30% (โดยปริมาตร) ดูแลรดน้ำและให้ปุ๋ยเกล็ดสูตร 30-20-10 เข้มข้น 400 ppm 200 มล. สัปดาห์ละครั้งตลอดการทดลอง จัดวางกระถางต้นสร้อยไก่ไว้ในโรงเรือนที่ป้องกันน้ำฝนแต่ได้รับแสงอาทิตย์เต็มที่ ให้น้ำด้วยสายยางวันเว้นวัน วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและการออกดอก ได้แก่ความสูงต้น จำนวนใบ ชีวมวลของต้น ราก และดอก เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น หลังสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 5 สัปดาห์หลังย้ายปลูกในกระถางพลาสติก

วิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดินผสม ได้แก่ ความหนาแน่น ค่าการนำไฟฟ้า และความเป็นกรด-ด่าง ทั้งก่อนและหลังการปลูก นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นสร้อยไก่เพิ่มขึ้นตลอด 5 สัปดาห์ พบว่าต้นสร้อยไก่ที่ปลูกในดินผสมทุกสูตรมีความสูงในแต่ละสัปดาห์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table1) โดยในสัปดาห์สุดท้ายต้นมีความสูงระหว่าง 11.8-12.2 ซม. ต้นที่ปลูกในดินผสมร่วมกับใยหิน 10-20% มีแนวโน้มความสูงมากกว่าดินผสมสูตรอื่น แต่การเจริญเติบโตด้านจำนวนใบ มีความแตกต่างตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนสิ้นสุดการทดลอง พบว่าต้นสร้อยไก่ที่ปลูกในดินผสมที่มีใยหิน 10% มีจำนวนใบมากที่สุด เมื่อสิ้นสุดการทดลองมี 26.7 ใบ ซึ่งใกล้เคียงกับดินผสมที่ไม่มีใยหิน (26.1 ใบ) แต่มากกว่าดินผสมที่มีใยหิน 20-30% ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ปลูกในดินผสมร่วมกับใยหิน 10% มีขนาด 7.9 มม. ซึ่งมากกว่าต้นที่ปลูกในดินผสมอื่นๆ (Table2)

ชีวมวลของต้นสร้อยไก่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการเจริญเติบโต กล่าวคือต้นสร้อยไก่ที่ปลูกในดินผสมร่วมกับใยหิน 10% มีน้ำหนักแห้งของต้น รากและดอกเป็น 1.68, 0.33 และ 3.30 ก.ต่อต้น (Table 2) ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับดินผสมอื่นๆ และมากกว่าต้นที่ปลูกในดินผสมชุดควบคุมเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าต้นสร้อยไก่ที่ปลูกในดินผสมร่วมกับใยหิน 10% มีการเจริญเติบโตได้ดีและมีชีวมวลมากกว่าต้นที่ปลูกในดินผสมอื่นๆ

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดินผสมใยหินในสัดส่วนต่างๆ พบว่าใยหินที่ผสมมากขึ้นทำให้ความหนาแน่นของดินผสมลดลงจาก 0.55 เป็น 0.46 ก./ซม.^{3} (Table 3) ดินผสมทุกสูตรหลังการใช้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มสัดส่วนใยหินมากขึ้น แต่หลังการใช้พบว่าค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมากในดินผสมที่มีเปอร์เซ็นต์ใยหินมากขึ้น ความเป็นกรด-ด่างของดินผสมทุกชนิดใกล้เคียงกัน ก่อนใช้มีค่าระหว่าง 6.97-7.16 หลังใช้มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในทุกสูตรดินผสม

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองเห็นได้ว่าต้นสร้อยไก่ที่ปลูกในดินผสมร่วมกับใยหิน 10% มีการเจริญเติบโตและมีชีวมวลมากกว่าต้นที่ปลูกในดินผสมชุดควบคุมเล็กน้อย และมากกว่าต้นที่ปลูกในดินผสมที่มีใยหิน 20-30% แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนใยหิน 10% เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมในการผสมร่วมกับดินผสมสำหรับการปลูกสร้อยไก่เป็นไม้กระถางโดยไม่แสดงผลเสียหรือเป็นพิษกับพืช การผสมใยหิน 10% ในดินผสมทำให้มีความหนาแน่นไม่แตกต่างจากที่ไม่ได้ผสม แต่มีค่าการนำไฟฟ้าก่อนใช้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากความสามารถในการอุ้มน้ำของใยหินทำให้สะสมสารละลายธาตุอาหารพืชได้มาก

ขึ้นตามไปด้วย แม้ว่าใยหินมีคุณสมบัติเป็นด่างเล็กน้อย แต่จากการทดลองพบว่าดินผสมทุกชนิดมีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกัน อาจเนื่องจากปริมาณใยหินที่ใช้ในดินผสมคิดเป็นสัดส่วนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นจึงไม่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของดินผสม

เห็นได้ว่าดินผสมร่วมกับใยหิน 10% มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุปลูกพืชโดยเฉพาะต้นสร้อยไก่ได้ดี อย่างไรก็ตามถ้ามีการศึกษากับไม้กระถางชนิดอื่นเพิ่มเติมจะช่วยให้ได้ข้อมูลมากยิ่งขึ้น ซึ่งการตอบสนองของพืชแต่ละชนิดอาจต่างกัน หากสามารถนำใยหินมาใช้ร่วมกับดินผสมได้แล้วอาจเป็นการนำกลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้ง (reuse) ก่อนที่จะนำไปกำจัดในขั้นสุดท้าย แม้ว่าเป็นการนำมาผสมในสัดส่วนเพียงเล็กน้อยร่วมกับดินปลูกก็ควรคำนึงความปลอดภัยในการใช้งานด้วยเสมอ

สรุปผล

จากผลการทดลองต้นสร้อยไก่ที่ปลูกในดินผสมใยหิน 10% มีการเจริญเติบโตและมีชีวมวลมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าใยหินที่เลิกใช้งานแล้วอาจเหมาะสมในการนำกลับมาใช้ร่วมกับดินผสมเพื่อปลูกไม้กระถางได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัย จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณการปิโตร-เลียมแห่งประเทศไทย สำหรับความอนุเคราะห์ตัวอย่างใยหินในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์ กาญจนรี พงษ์ฉวี และ วรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย, 2553, การศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนแดง *Echinodorus Osiris* Rataj ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน [สืบค้น] http://www.fisheries.go.th/ aquaorna/web2/images/download/ab-osirismaterial.pdf [14/ July /12].

อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2554, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในวัสดุปลูก [สืบค้น], http://www.kmitl.ac.th/hydro/Substrate1.pdf [14/ July /12].

De Swaef, T., Vervist, K., Comelis, W. and Steppe, K., 2012, Tomato Sap Flow, Stem and Fruit Growth in Relation to Water Availability in Rock Wool Growing Medium, Plant and Soil, 350: 237-252.

Hazan, A., Zacks, M., Mezuman, A., Berg, Z. and Alkayim, A., 1994, Fertilizing Roses Grown on Rock Wool, International Water and Irrigation, 14: 5-6.

Table 1 Plant height and number of leaves of *Celosia plumosa* 'Kimono Yellow' grown in soil based media mixed with rock wool

Rock wool (%)	Plant height (cm)			Number of leaves		
	WK2	WK4	WK5	WK2	WK4	WK5
0	5.13	11.31	11.78	16.7 a	24.1 ab	26.1 a
10	5.46	11.51	12.18	18.3 a	25.2 a	26.7 a
20	5.49	11.62	12.18	14.1 b	21.1 b	22.8 b
30	5.63	11.93	12.08	14.3 b	22.6 ab	24.6 ab
F-test	ns	ns	ns	**	*	*
C.V.(%)	12.7	10.8	12.2	24.1	20.0	18.9

*,** Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$, 0.01)

Table 2 Stem diameter and biomass of *Celosia plumosa* 'Kimono Yellow' grown in soil based media mixed with rock wool at week6 after transplanting

Rock wool (%)	Stem diameter (mm)	Dry weight (g/plant)		
		Shoot	Root	Flower
0	7.5 ab	1.56 ab	0.28 ab	2.91 bc
10	7.9 a	1.68 a	0.33 a	3.30 a
20	6.9 b	1.35 b	0.24 b	2.66 c
30	7.2 ab	1.57 ab	0.26 b	3.07 ba
F-test	**	**	*	**
C.V.(%)	9.48	19.4	25.0	14.4

*,** Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$, 0.01)

Table 3 The properties of soil based media mixed with rock wool befor and after planted with *Celosia plumosa* 'Kimono Yellow'

Rock wool (%)	Density (g/cm^3)		EC (μS/cm)		pH	
	Before	After	Before	After	Before	After
0	0.55 a	0.59 a	59.8 b	59.3 b	7.16	6.32
10	0.53 a	0.54 ab	75.2 a	63.9 ab	7.11	6.34
20	0.52 ab	0.51 b	43.9 c	81.2 a	7.07	6.25
30	0.46 b	0.48 b	32.0 d	71.8 ab	6.97	6.24
F-test	*	*	**	*		
C.V.(%)	4.5	3.9	3.4	9.9		

*,** Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$, 0.01)

การใช้พาโคลบิวทราโซลเพื่อชะลอพัฒนาการช่อดอกกล้วยไม้หวาย

Paclobutrazol Application for Delay of *Dendrobium* Floral Development

ศุภธิดา อับดุลลาภาซิม[1] ภัทรา ปักษา[1] และ ภาสันต์ ศารทูลทัต[1]
Abdullakasim, S.[1], Paksa, P.[1] and Saradhuldhat, P.[1]

Abstract

Paclobutrazol (PBZ) is a common growth retardant that might be used to delay flower harvest periods. This research aimed to investigate the effects of PBZ concentrations and pseudo-bulb stages on the development of current shoot and inflorescence in *Dendrobium* Sonia 'Ear-Sakul'. The orchid plants were sprayed with PBZ at 0, 200, 400 or 600 ppm twice with 30 day intervals. The young current shoots (5-10 cm) and mature current shoots (30-40 cm) were monitored weekly. The experiment was designed as a factorial in CRD with 9 replications. The results revealed that the diameters of current shoot were unchanged when applied with PBZ. The shoot lengths at floral initiation were 45 and 51 cm for the young and mature current shoots. The mature shoots delayed flower harvest for 7-12 days when sprayed at 200-600 ppm PBZ but had shorter peduncles compared to the control. The young shoots delayed the harvest up to 9-16 days. The plants applied with PBZ at 0, 200, 400 and 600 ppm took 64, 81, 76 and 74 days, respectively, to emerge to floral stage and took 98, 115, 113 and 110 days to harvest. The higher PBZ concentration resulted in a smaller flower size, but did not influence on peduncle size. This indicated that PBZ might be applied at an appropriate concentration of 200 ppm to extend floral emergence and delay the harvesting period. The higher concentration may result in floral malformation.

Keywords: growth retardant, pseudo-bulb, *Dendrobium*, current shoot

บทคัดย่อ

พาโคลบิวทราโซล (PBZ) เป็นสารชะลอการเจริญเติบโตทางลำต้นพืช ซึ่งอาจนำมาใช้เพื่อเลื่อนหรือชะลอช่วงการเก็บเกี่ยวช่อดอกกล้วยไม้หวาย การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลของการให้ PBZ ต่อช่วงเวลาการพัฒนาลำลูกกล้วยและช่อดอกกล้วยไม้หวายโซเนีย 'เอียสกุล' โดยพ่น PBZ ที่ 0 200 400 และ 600 ppm ให้กับลำอ่อน (ขนาดลำหน้า 5-10 ซม.) และลำแก่ (ขนาดลำหน้า 30-40 ซม.) พ่นสองครั้งห่างกัน 30 วัน วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จำนวน 9 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าเส้นผ่าศูนย์กลางลำหน้ามีขนาดไม่แตกต่างกัน ลำอ่อนมีความยาวลำลูกกล้วยขณะแทงช่อดอกเฉลี่ย 45 ซม. ส่วนลำแก่มีความยาวลำเฉลี่ย 51 ซม. การให้สารกับลำแก่สามารถชะลอวันเก็บได้ 7-12 วัน เมื่อได้รับ PBZ 200-600 ppm แต่มีผลทำให้ก้านช่อดอกสั้นกว่าปกติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม การพ่นสารกับลำอ่อนสามารถชะลอวันเก็บได้ 9-16 วัน โดยใช้เวลาเริ่มแทงช่อดอกหลังจากได้รับสาร 0 200 400 และ 600 ppm ที่ 64, 81, 76 และ 74 วัน และใช้ระยะเวลาจากให้สารถึงเก็บเกี่ยวนาน 98, 115, 113 และ 110 วัน ตามลำดับ ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ดอกมีขนาดเล็กลงแต่ไม่มีผลต่อความยาวก้านช่อดอกและเส้นผ่าศูนย์กลางก้านช่อดอก จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า PBZ ที่ 200 ppm อาจช่วยชะลอยืดระยะ เวลาแทงช่อดอก ทำให้เลื่อนช่วงเวลาเก็บเกี่ยวช่อดอกกล้วยไม้ออกไปได้ ความเข้มข้นสูงเกินไปทำให้ดอกผิดปกติ

คำสำคัญ: สารชะลอการเจริญเติบโต ลำลูกกล้วย *Dendrobium* ลำหน้า

คำนำ

กล้วยไม้หวายโซเนียของไทยมีการเจริญเติบโตและออกดอกมากในช่วงฤดูฝน (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ทำให้มีปริมาณดอกกล้วยไม้มากเกินความต้องการและราคาตกต่ำ โดยธรรมชาติกล้วยไม้หวายมีการสร้างช่อดอกบนลำลูกกล้วยที่เกิดล่าสุด (current shoot) โดยอาศัยอาหารที่อยู่ในลำนั้นๆ และลำหลังหรือลำเกิดก่อนแล้ว (back shoots)

---

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

(Wadasinghe และ Hew, 1995) ตาดอกถูกสร้างจากตาที่ซอกใบตำแหน่งปลายยอดลำหรือถัดลงมาเล็กน้อย ช่อดอกเกิดขึ้นเมื่อการเจริญเติบโตทางใบและลำสิ้นสุดลง (Hew และ Yong, 2004) การสร้างตาดอกถูกชักนำจากสภาพแวดล้อมและฮอร์โมนในพืชเอง (Huang และคณะ, 2004) โดยทั่วไปกล้วยไม้หวายโซเนียลำใหม่ใช้เวลาในการพัฒนาจนสุดลำประมาณ 4 เดือน และอีก 6 สัปดาห์สำหรับการพัฒนาของช่อดอก (ศรายุธ และภาสันต์, 2553) การจัดการควบคุมการสร้างช่อดอกหรือชะลอการเจริญทางกิ่งใบ (vegetative growth) อาจเป็นแนวทางช่วยทำให้ออกดอกช้าลงช่วยควบคุมปริมาณช่อดอกได้ระดับหนึ่ง

พาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol, PBZ) เป็นสารชะลอการเจริญเติบโตอยู่ในกลุ่ม triazole มีคุณสมบัติยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลินและทำให้สะสมคาร์โบไฮเดรทในพืชมากขึ้น (Jiao และคณะ, 1986) มีรายงานในสับปะรดพบว่าการใช้ PBZ สามารถยืดระยะเวลาการออกดอกของสับปะรดออกไป แต่ทำให้ขนาดผลสับปะรดลดลง (Antunes และคณะ, 2008) การทดลอง PBZ ใน moth orchid ทำให้ได้ดอกมีขนาดเล็กลงแต่ไม่มีผลต่อการชักนำดอก (Newton และ Runkle, 2010)

จากข้อมูลเบื้องต้นจึงเป็นไปได้ว่า PBZ อาจช่วยชะลอการพัฒนาลำลูกกล้วยให้ช้าลง ทำให้เลื่อนระยะเวลาการแทงช่อดอกและการเก็บเกี่ยวออกไปด้วย การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลของการใช้ PBZ ต่อระยะเวลาการพัฒนาลำลูกกล้วยและช่อดอกกล้วยไม้หวาย และคุณภาพช่อดอกหลังการให้สาร

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองกับต้นกล้วยไม้หวายโซเนีย 'เอียสกุล' ที่มีอายุประมาณ 2 ปี โดยฉีดพ่น PBZ ความเข้มข้น 0 200 400 และ 600 ppm สองครั้งห่างกัน 30 วัน ให้กับลำลูกกล้วย (current pseudo-bulb) ที่ระยะลำอ่อน (ลำหน้ายาวประมาณ 5-10 ซม.) และลำแก่ (ลำหน้ายาวประมาณ 30-40 ซม.) วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design ทำ 9 ซ้ำ รดน้ำและให้ปุ๋ยละลายน้ำตามวิธีการของสวน บันทึกลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางสีรีรวิทยา ของลำลูกกล้วยและช่อดอก ได้แก่ ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางลำลูกกล้วย ความยาวก้านช่อดอก ขนาดดอก และจำนวนดอกต่อช่อ จำนวนวันถึงระยะแทงช่อดอกและเก็บเกี่ยวช่อดอก

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตทางกิ่งใบก่อนแทงช่อดอก พบว่าการให้สาร PBZ ความเข้มข้น 0-600 ppm กับลำหน้าระยะลำอ่อนทำให้มีความยาวลำก่อนแทงช่อดอก (สิ้นสุดการเจริญทางกิ่งใบ) ระหว่าง 44.4 – 47.0 ซม. (Table 1) และมีค่าเป็น 47.7 – 52.5 ซม.ในลำแก่ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ แต่การให้ PBZ ในระยะลำอ่อนมีผลทำให้ลำสั้นกว่าให้กับระยะลำแก่ประมาณ 6 ซม. การได้รับ PBZ ในระยะลำอ่อนทำให้ใช้เวลาจากเริ่มให้สารจนถึงเริ่มแทงช่อดอกเพิ่มขึ้นชัดเจน (Table 3) โดยการใช้ PBZ 200 ppm ทำให้ใช้เวลาก่อนแทงช่อดอกนานถึง 81 วัน ในขณะลำที่ไม่ได้รับสารใช้เวลา 64 วัน แต่การให้สาร PBZ กับลำแก่ไม่มีผลทำให้ระยะเวลาแทงช่อดอกแตกต่างจากลำไม่ได้รับสาร (0 ppm)

การพัฒนาตาดอกเป็นช่อดอก ความยาวช่อดอกมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของ PBZ สูงขึ้น (Table 2) การให้ PBZ กับระยะลำอ่อนทำให้ความยาวช่อดอกไม่แตกต่างสถิติ ส่วนการให้ PBZ กับลำแก่พบว่าช่อดอกมีความยาวลดลงอย่างชัดเจนจาก 51 เป็น 42 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางก้านช่อดอกไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อได้รับ PBZ ที่ระยะลำต่างกันหรือความเข้มข้นต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.9 – 5.5 มม. (Table 2) ขนาดของดอกบานในลำแก่ที่ได้รับ PBZ ระยะลำแก่มีขนาด 7.6-7.8 ซม. ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) ลำอ่อนที่ได้รับ PBZ ระยะลำอ่อนมีขนาดดอกไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ยกเว้นที่ความเข้มข้น 600 ppm มีขนาดดอก 6.8 ซม. ซึ่งเล็กลงอย่างชัดเจน

การพัฒนาจากระยะแทงตาดอกจนถึงเก็บช่อดอกใช้ระยะเวลาไม่แตกต่างกัน ซึ่งอยู่ระหว่าง 29-37 วัน (Table 3) แต่ทำให้ระยะเวลาจากเริ่มให้สารจนถึงเก็บช่อดอกแตกต่างกัน PBZ ในระยะลำอ่อน การให้สารเก็บเกี่ยวนานวัน และความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยการใช้ความเข้มข้น PBZ 200 ppm ทำให้ใช้ระยะเวลา 115 วัน ซึ่งนานกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร PBZ 16 วัน

วิจารณ์ผล

การเจริญเติบโตทางกิ่งใบของลำหน้ากล้วยไม้หวายได้รับผลจากความเข้มข้นของ PBZ เล็กน้อย ความยาวลำก่อนแทงช่อดอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยโดยเฉพาะการให้สารระยะลำอ่อน (Table 1) ส่วนการ

ขยายขนาดด้านกว้างของลำไม่ได้รับผลจาก PBZ อาจเนื่องจาก PBZ มีผลยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลินทำให้ลดการยืดเซลล์และการเจริญล่าลงช้า เห็นได้ชัดในการให้สารกับลำอ่อนซึ่งมีระยะเวลาก่อนเข้าสู่ระยะแทงช่อดอกนานกว่าลำแก่ที่ปล้องยืดตัวไปมากกว่าและเข้าใกล้ระยะแทงช่อดอก (Hew และ Yong, 2004) พืชใบเลี้ยงเดี่ยวมักมีการขยายขนาดเฉพาะปล้องเท่านั้น จึงทำให้ขนาดความกว้างของลำไม่แตกต่างกันในทุกความเข้มข้น

จากระยะเวลาที่ใช้จนถึงเริ่มแทงช่อดอกที่นานขึ้นในลำอ่อน แสดงให้เห็นว่า PBZ มีผลทำให้อัตราการเติบโตช้าลง ลำจึงใช้เวลาเพื่อถึงระยะแทงช่อดอกมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองในสับปะรด (Antunes และคณะ, 2008) ที่สามารถยืดระยะเวลาออกดอกได้ และอาจมีอาหารจากการสังเคราะห์แสงสะสมเพิ่มขึ้นด้วย

PBZ มีผลตกค้างต่อการพัฒนาช่อดอก ดังเห็นได้ชัดเจนจากการให้สารกับลำแก่ที่ใกล้แทงช่อดอก มีผลทำให้ก้านช่อดอกมีขนาดสั้นลงถึง 8 ซม. (Table 2) แต่การให้สารกับลำอ่อนซึ่งมีช่วงเวลาก่อนถึงระยะแทงช่อดอกนานขึ้น PBZ อาจสลายตัวไปบ้างแล้ว ความยาวช่อดอกจึงไม่แตกต่างจากที่ไม่ได้รับสารมากนัก นอกจากนั้นยังมีผลต่อขนาดดอกโดยเฉพาะที่ความเข้มข้นสูงถึง 600 ppm ทำให้ดอกมีขนาดเล็กลง แต่ที่ความเข้มข้นต่ำขนาดดอกไม่แตกต่างจากต้นที่ไม่ได้รับสาร อย่างไรก็ตามโดยรวมเห็นได้ว่า PBZ ความเข้มข้น 200 ppm อาจสามารถช่วยชะลอการเติบโตของลำหน้าทำให้ชะลอการออกดอกและเก็บเกี่ยวช่อดอกให้นานขึ้นได้

สรุปผล

การให้ PBZ เข้มข้น 200 ppm สามารถชะลอระยะเวลาการแทงช่อดอก และเลื่อนระยะเวลาการเก็บเกี่ยวได้ดีที่สุด การฉีดพ่นสารในระยะลำอ่อน (ลำหน้าสั้นกว่า 10 ซม). ได้ผลดีกว่าระยะลำแก่

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และขอขอบคุณสวนกล้วยไม้จิตรกาญจน์ ออร์คิด สำหรับการสนับสนุนพื้นที่และต้นกล้วยไม้ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2547, เอกสารวิชาการกล้วยไม้. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ, 152 หน้า.

ศรายุธ กิติภัทร์ภาวร และ ภาสันต์ ศารทูลทัต, 2553, ผลของปัจจัยภูมิอากาศต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นของกล้วยไม้หวาย`เอียสกุล', การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7, นครปฐม. 4 หน้า.

Antunes, A.M., Ono, E.O., Sampaio, A.C. and Rodrigues, J.D., 2008, Physico-chemical and Harvest Time Alterations in Pineapple Fruits 'Smooth Cayenne' Caused by Paclobutrazol, Brazilian Archives of Biology and Technology, 51(1): 19-26.

Hew, C.S. and Yong, J.W.H., 2004, The Physiology of Tropical Orchids in Relation to the Industry, World Scientific Pub., River Edge, NJ.

Huang, C.K., Chen, W.S. and Chen, Y.A., 2004, Daylength Affects Both Free and Conjugated Indole-3-acetic Acid Levels in Leaves and Flowering in *Doritis pulcherrima* (orchid), Canadian Journal of Plant Science, 84: 881-883.

Jiao, J., Tsujita, M.J. and Murr, D.P., 1986, Effects of Paclobutrazol and A-Rest on Growth, Flowering, Leaf Carbohydrate and Leaf Senescence in 'Nellie White' Easter Lily (Lilium longiflorum Thunb.), Scientia Horticulturae, 30: 135-141.

Newton, A.L. and Runkle, S.E., 2010, Effects of Paclobutrazol Sprays on Inflorescences of Three Potted Moth Orchid Clones, HortTechnology, 20: 892-895.

Wadasinghe, G. and Hew, C.S., 1995, The Importance of Back Shoots as a Source of Photoassimilates for Growth and Flower Production in *Dendrobium* cv. Jashika Pink (Orchidaceae), Journal of Horticultural Science, 70: 207-214.

Table 1 Height and diameter of current shoot at vegetative end of *Dendrobium* Sonia 'Ear Sakul' applied with PBZ on young and mature shoots

PBZ (ppm)	Current shoot height (cm)		Current shoot diameter (cm)	
	Young	Mature	Young	Mature
0	47.0	47.7	1.69	1.77
200	47.0	50.9	1.91	1.94
400	43.7	52.5	2.03	1.80
600	44.4	52.3	2.00	1.90
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	17.7	12.7	16.3	11.4

ns Mean in the same column are not significantly different

Table 2 Inflorescence stem length, stem diameter and floret width of *Dendrobium* Sonia 'Ear Sakul' applied with PBZ on young and mature shoots

PBZ (ppm)	Infl stem length (cm)		Infl stem diameter (mm)		Floret width (cm)	
	Young	Mature	Young	Mature	Young	Mature
0	46.3	50.7 a	5.2	5.1	7.8 a	7.8
200	45.7	42.1 b	5.4	4.9	7.6 a	7.4
400	44.3	42.2 b	5.4	5.2	7.6 a	7.4
600	41.5	44.6 ab	5.5	5.3	6.8 b	7.6
F-test	ns	*	ns	ns	*	ns
C.V.(%)	15.7	0.0	14.2	11.6	9.9	0.0

ns Mean in the same column are not significantly different

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

Table 3 Duration (days) from PBZ application to inflorescence bud emergence or to harvest of *Dendrobium* Sonia 'Ear Sakul' applied with PBZ on young and mature shoots

PBZ (ppm)	PBZ application to bud emergence (days)		Bud emergence to harvest (days)		PBZ application to harvest (days)	
	Young	Mature	Young	Mature	Young	Mature
0	64.4 b	41.5	29.0	34.6	98.4 b	77.7
200	81.3 a	44.8	31.7	32.5	114.6 a	75.4
400	77.5 a	43.1	37.8	36.8	113.0 a	77.8
600	73.8 ab	49.2	35.3	30.9	109.9 a	80.0
F-test	*	ns	ns	ns	*	ns
C.V.(%)	16.2	33.2	26.4	35.4	10.5	19.8

ns Mean in the same column are not significantly different

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

องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งถั่วพื้นเมืองชนิดต่าง ๆ

Chemical Composition and Functional Property of Native Pulse Flours

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 is to investigate chemical composition and functional property of flour from 5 varieties of pulses: sword bean, kidney bean (Doi Mu Ser), cowpea, Chickpea 333 and Chickpea 952. Functional properties (pasting property, bulk density, water absorption index, water solubility index, least gelation concentration and foaming capacity) of all flour samples were determined. Significant differences among chemical compositions of the flour samples, including fat, protein, ash, dietary fiber, starch, resistant starch content were observed. Pasting property of all pulse flour samples exhibited significant difference in pasting temperature, peak viscosity, pasting time, final viscosity and setback. Other functional properties, including bulk density, water absorption index, water solubility index, least gelation concentration and foaming capacity also differed significantly among flour samples.

Keywords: flour, pulse, chemical composition, functional properties

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งถั่วพื้นเมือง 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วพร้า ถั่วแดงดอยมูเซอ ถั่วพุ่ม ถั่วหัวช้าง 333 และถั่วหัวช้าง 952 สมบัติเชิงหน้าที่ที่ตรวจสอบได้แก่ สมบัติทางความหนืด ความหนาแน่น ความสามารถในการดูดซึมน้ำ ดัชนีการละลายน้ำ ความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถเกิดเจล และความสามารถในการเกิดโฟม จากการตรวจสอบพบว่า แป้งถั่วทั้ง 5 ชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งปริมาณไขมัน โปรตีน เถ้า ใยอาหาร สตาร์ช และปริมาณสตาร์ชที่ทนทานต่อการย่อย สมบัติด้านความหนืดของถั่วทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ อุณหภูมิในการเกิดเจล ความหนืดสูงสุด ระยะเวลาที่ความหนืดมีค่าสูงสุด ความหนืดสุดท้าย และค่าการคืนตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สมบัติเชิงหน้าที่อื่นๆ ได้แก่ ความหนาแน่น ความสามารถในการดูดซึมน้ำ ดัชนีการละลายน้ำ และความสามารถในการเกิดโฟมของแป้งถั่วทั้ง 5 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

คำสำคัญ: แป้ง ถั่ว องค์ประกอบทางเคมี สมบัติเชิงหน้าที่

คำนำ

ถั่วจัดเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงในการฟื้นฟูและสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน เนื่องจากมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนในขณะปลูก ทำให้ปริมาณไนโตรเจน ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในดินเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อไถกลบจะทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ยพืชสดที่ช่วยเพิ่มช่องว่างให้กับดิน ถั่วที่นิยมปลูกเพื่อปรับปรุงดินโดยเฉพาะมีหลายชนิด เช่น ถั่วพร้า ถั่วมะแฮะ ถั่วขาว และถั่วหัวช้าง ฯลฯ เนื่องจากเจริญเติบโตเร็ว และทนแล้ง จึงเป็นพืชทางเลือกสำหรับการปลูกสลับกับข้าวช่วงหน้าแล้ง ในแง่ของโภชนาการ โดยเฉพาะกลุ่มถั่วที่มีปริมาณไขมันต่ำ (ร้อยละ 4-6 น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่มีโปรตีนสูง (ร้อยละ 18-24 น้ำหนักแห้ง มากกว่าธัญพืช 2-3 เท่า) โดยโปรตีนในถั่วประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด ได้แก่ อาจินีน ซิสติอีน ไลซีน และทริปโตเฟน ในขณะที่มักมีปริมาณเมทไธโอนีนต่ำ (limiting amino acid) ซึ่งเมื่อบริโภคร่วมกับธัญพืช ที่มีเมทไธโอนีนแต่ขาดไลซีนแล้วจึงทำให้ร่างกายได้รับกรดอะมิโนที่จำเป็นในระดับที่เพียงพอและไม่แตกต่างจากการได้รับโปรตีนจากแหล่งเนื้อสัตว์ ในขณะที่มีราคาถูกกว่ามาก นอกจากนี้ถั่วยังนับเป็นแหล่งสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานกับร่างกาย คือ ร้อยละ 39-63 (น้ำหนักแห้ง) การนำถั่วมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ จึงนับเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพชนิดใหม่ๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีศักยภาพทางการตลาดทั้งในและต่างประเทศ โดยเฉพาะการนำถั่วผ่านกระบวนการทำให้เป็นแป้ง จะ

[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

สามารถช่วยเพิ่มความหลากหลายของการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความต้องการด้านสมบัติเชิงหน้าที่และคุณค่าทางโภชนาการที่เฉพาะเจาะจง อย่างไรก็ตามถั่วพื้นเมืองหลายชนิดของประเทศไทยที่ผลิตเพื่อการปรับปรุงคุณภาพดิน เช่น ถั่วมะแฮะ ถั่วพร้า ถั่วหัวช้าง และถั่วขาว พบว่ายังไม่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหาร ส่วนใหญ่จะทำการไถกลบทิ้งให้เป็นปุ๋ยในดิน ในการวิจัยนี้จึงทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของถั่วพื้นเมืองชนิดต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

ตัวอย่างถั่วที่ใช้ในการศึกษานี้มี 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วพร้า (sword bean) (*Canavalia gladiata*)ถั่วแดงดอยมูเซอ (kidney bean) (*Phaseculus vulgaris*) ถั่วพุ่ม (cowpea, southern pea) (*Vigna unguiculat*) ถั่วหัวช้าง 333 (chickpea) (*Cicer arietinum*, Kabuli type) และถั่วหัวช้าง (chickpea) 952 (*Cicer arietinum*, Desi type) จากสถานีวิจัยลำตะคอง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) เตรียมตัวอย่างแป้งโดยการแยกเปลือกออก และบดให้ละเอียดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมซ ด้วยเครื่องบด (Udy cyclone mill, USA) เก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนนำมาตรวจองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งถั่วที่ได้

การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี

นำตัวอย่างแป้งถั่วทั้ง 5 ชนิดมาตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่ว ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ตามวิธี AACC (2000) ปริมาณใยอาหารทั้งหมดตามวิธีของ Prosky และคณะ (1988) ปริมาณสตาร์ชทั้งหมด (Total starch content) ปริมาณสตาร์ชทนทานต่อการย่อย (Resistant starch) ตามวิธีของ AACC (2000)

การตรวจสอบสมบัติเชิงหน้าที่ (Functional property)

นำแป้งถั่วทั้ง 5 ชนิดมาตรวจสอบสมบัติเชิงหน้าที่ด้านต่างๆ ได้แก่ (1) สมบัติด้านความหนืด (pasting property) ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) (Newport Scientific Co., Ltd., Australia) ตามวิธีมาตรฐาน ICC Standard No. 162 (Method 2) (2) ความหนาแน่น (bulk density) (3) ความสามารถในการดูดซึมน้ำ (water absorption index หรือ WAI) และ ดัชนีการละลายน้ำ (water solubility index) (4) ความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถเกิดเจล (least gel concentration หรือ LGC) และ (5) ความสามารถในการเกิดโฟม (foaming capacity) ตามวิธีของ Kaur และ Singh (2005) ข้อมูลจากการทดลองได้จากการทำซ้ำ 3 ครั้ง วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย analysis of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ Duncan' s multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของแป้งจากถั่วทั้ง 5 ชนิดแสดงไว้ใน Table 1 ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหารของแป้งถั่ว 5 ชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยแป้งถั่วพร้ามีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (38.88 เปอร์เซ็นต์) และแป้งถั่วหัวช้าง 952 มีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุด (18.10 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่แป้งถั่วแดงมีปริมาณไขมันต่ำที่สุด และ แป้งถั่วหัวช้าง 952 มีปริมาณไขมันสูงสุด เถ้าในแป้งถั่วมีปริมาณในช่วง 3.09-4.91เปอร์เซ็นต์ แป้งถั่วพุ่มมีปริมาณใยอาหารสูงที่สุด (43.43 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่แป้งถั่วแดงมีปริมาณใยอาหารต่ำที่สุด ปริมาณสตาร์ชในแป้งถั่วอยู่ในช่วง 34.35-41.43 เปอร์เซ็นต์) โดยแป้งถั่วพร้ามีปริมาณสตาร์ชน้อยกว่าแป้งถั่วชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ยกเว้นแป้งถั่วแดง ส่วนปริมาณสตาร์ชที่ทนทานต่อการย่อยพบว่า แป้งจากถั่วแดงมีมากกว่าถั่วชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ยกเว้น ถั่วหัวช้าง 952 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วหัวช้างสอดคล้องกับผลการทดลองของ Singh และคณะ (2004), Kaur และ Singh (2005) จากการตรวจสอบสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งถั่ว 5 ชนิด พบว่า ความหนาแน่นของแป้งถั่วบางชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) (Table 1) โดยแป้งถั่วพร้าและแป้งถั่วพุ่มมีความหนาแน่นสูงกว่าแป้งชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) รองลงมาได้แก่ แป้งถั่วแดง และแป้งถั่วหัวช้างทั้งสองพันธุ์ตามลำดับ แป้งที่มีความหนาแน่นสูงกว่าต้องใช้ปริมาตรในการบรรจุน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบต่อน้ำหนักแป้งที่เท่ากัน ค่าที่ได้จากการทดลองสอดคล้องกับค่าที่ได้จากรายงานของ Wang และ Kiinsella (1976) สำหรับความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณโมเลกุลของสารที่ละลายน้ำได้พบว่า แป้งถั่วหัวช้างทั้งสองตัวอย่างมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำกว่าแป้งชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) รองลงมาได้แก่ แป้งถั่วพร้า แป้งถั่วพุ่ม และแป้งถั่วแดงตามลำดับ ส่วนค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำ (WAI) พบว่า แป้งถั่วชนิดต่างๆ มีค่าในช่วง 4.29-5.25 โดยแป้งถั่วแดงและแป้งถั่วพุ่มมีค่า WAI ต่ำกว่าแป้งจาก

ถั่วชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถเกิดเจล (LGC) พบว่า แป้งถั่วแดงเป็นแป้งที่ต้องใช้ความเข้มข้นสูงกว่าแป้งชนิดอื่นในการเกิดเจลอย่างมีนัยสำคัญ (18 เปอร์เซ็นต์) ($p \leq 0.05$) รองลงมาได้แก่ แป้งถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ถั่วหัวช้าง 953 และ แป้งถั่วหัวช้าง 333 ตามลำดับ สำหรับสมบัติทางความหนืดที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA (Fiugre 1) พบว่า แป้งถั่วมีอุณหภูมิในการเกิดเจลในช่วง 73.03-83.22°ซ แป้งถั่วพุ่มมีค่าความหนืดสูงกว่าแป้งชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) ทั้งในระหว่างการให้ความร้อนและการเกิดเจล โดยมีค่าความหนืดสุดท้ายสูงกว่าแป้งชนิดอื่นๆ และสูงกว่าค่าความหนืดสูงสุด จึงทำให้ค่า setback มีค่าเป็นบวก สำหรับแป้งถั่วหัวช้างทั้งสองพันธุ์พบว่า ในช่วงการให้ความร้อน แป้งถั่วหัวช้าง 333 มีค่าความหนืดสูงสุดสูงกว่าแป้งถั่วหัวช้าง 953 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และมีค่า breakdown ต่ำกว่าแป้งชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และมีค่าความหนืดสุดท้ายสูงกว่าความหนืดสูงสุด ทำให้มีค่า setback เป็นบวกเช่นกัน ส่วนแป้งถั่วแดงและถั่วพร้า พบว่า มีค่าความหนืดสูงสุดต่ำมาก และเมื่อให้ความร้อนความหนืดลดลงอย่างมากและความหนืดไม่สูงขึ้นอีกเลย แม้ว่าผ่านการลดอุณหภูมิลงแล้วก็ตาม ทำให้ค่า setback เป็นลบ เมื่อพิจารณาสมบัติด้านความหนืดจะเห็นได้ว่า แป้งถั่วหัวช้างทั้งสองพันธุ์ และแป้งถั่วพุ่มมีความสามารถในการสร้างความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ และสามารถเกิดเจลได้ ในขณะที่แป้งถั่วแดงและถั่วพร้าไม่สร้างความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ในกรณีในระบบที่ให้ความร้อนมีน้ำในผลิตภัณฑ์สูงกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับค่า LGC ของแป้งถั่วแดงและถั่วพร้าที่ต้องใช้ความเข้มข้นอย่างน้อย 18 และ 16 เปอร์เซ็นต์ในการเกิดเจลตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak time และ ค่า LGC พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ ($r = -0.905$, $p \leq 0.05$) สำหรับค่าความสามารถในการเกิดโฟม พบว่า แป้งถั่วแดงมีความสามารถในการเกิดโฟมสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แป้งถั่วพร้าและแป้งถั่วพุ่ม แป้งถั่วหัวช้างตามลำดับ การเกิดโฟมมีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนในแป้ง ($r = 0.88$, $p \leq 0.05$) เมื่อมีการตีปั่น (whip) จะเกิดเป็นฟองอากาศขนาดเล็กที่กระจายอยู่ในเฟสของของเหลว โดยโปรตีนที่มีอยู่ในน้ำแป้งจะทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิว ช่วยในการเกิดและรักษาความคงตัวของโฟม เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งถั่ว พบว่า ปริมาณใยอาหารมีความสัมพันธ์กับค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดสุดท้าย และค่า setback อย่างมีนัยสำคัญ ($r = 0.910$, 0.924 และ 0.944, ตามลำดับ, $p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า สำหรับแป้งถั่วแล้วค่าความหนืดสูงสุด และความหนืดสุดท้ายของแป้งถั่วแปรผันโดยตรงกับปริมาณใยอาหารเป็นหลัก เนื่องจากในถั่วมีองค์ประกอบของใยอาหารหลายชนิด ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส (Emami และ Tabil, 2002) และกลุ่มโอลิโกแซคคาร์ไรด์ ได้แก่ raffinose, starchyose, verbascose (Han และ Biak, 2006) ซึ่งอาจมีส่วนช่วยสนับสนุนในการสร้างความหนืดของเม็ดสตาร์ชที่เป็นองค์ประกอบของแป้งถั่ว ส่วนอุณหภูมิในการเกิดเจล (pasting temperature) พบว่าแปรผันโดยตรงกับปริมาณโปรตีน ($r = 0.972$, $p \leq 0.01$) และแปรผกผันกับปริมาณแป้ง ($r = -0.896$, $p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าโปรตีนขัดขวางการเกิดเจลาทิไนเซชันของเม็ดสตาร์ช

สรุปผล

แป้งถั่วแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันไป ซึ่งทำให้สมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งถั่วมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในด้านสมบัติทางความหนืด ความหนาแน่น ความสามารถในการดูดซึมน้ำ ดัชนีการละลายน้ำ ความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถเกิดเจล และความสามารถในการเกิดโฟม โดยผลการตรวจสอบสมบัติเชิงหน้าที่ทำให้สามารถประยุกต์ใช้แป้งถั่วแต่ละชนิดให้ตรงตามสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้ง

เอกสารอ้างอิง

AACC, 2000, Approved Methods (10th ed), American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minnesota, USA.

Emami, S. and Tabil, L.G., 2002, Processing of Starch-Rich and Protein-Rich Fractions from Chickpeas – A Review, Proc. Of ASAE/ CSAE North-Central Intersectional Meeting. September, 27-28, 2002, Saskatchewan, Canada, Paper No. MBSK 02-212.

Han, I.H. and Biak, B.K., 2006, Oligosaccharide Content and Composition of Legumes and Their Reduction by Soaking, Cooking, Ultrasound, and High Hidrostatic Pressure, Cereal Chemistry, 83(4): 428-433.

International Association of Cereal Science and Technology, Standard Method No. 162: Rapid Pasting Method using the Newport Rapid Visco Analyser.

Kaur, M. and Singh, N., 2005, Studies on Functional, Thermal and Pasting Properties of Flours from Different Chickpea (*Cicer arietium* L.) Cultivars, Food Chemistry, 91: 403-411.

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.

Singh, N., Sandhu, K.S. and Kaur, M., 2004, Characterization of Starches Separated from Indian Chickpea (*Cicer arietium* L.) Cultivars, Journal of Food Engineering, 63: 441-449.

Wang, J.C. and Kinsella, J.E., 1976, Functional Properties of Novel Proteins: Alfalfa Leaf Protein, Journal of Food Science, 41: 286-289.

Table 1 Chemical composition and functional properties of flours from different variety of pulses

Pulse	sword bean	red kidney bean	cowpea	Chickpea 333	Chickpea 952
Chemical composition					
(% dry weight)					
Protein	38.88±0.84[a]	33.21±0.45[b]	32.03±0.31[c]	20.28±0.20[d]	18.10±0.31[e]
Fat	1.30±0.02[a]	0.49±0.04[b]	2.00±0.00[c]	3.94±0.11[d]	5.90±0.07[e]
Ash	4.28±0.02[a]	3.50±0.06[b]	4.91±0.06[c]	3.31±0.04[d]	3.09±0.00[e]
Dietary fiber	32.03±1.08[a]	24.14±4.38[b]	43.43±1.71[c]	36.05±1.18[d]	35.71±1.59[a]
Total starch	34.42±2.74[a]	36.14±1.55[ab]	34.35±0.80[b]	41.43±1.86[b]	39.46±2.59[b]
Resistant starch	4.03±0.58[a]	5.29±1.03[b]	3.28±1.12[a]	4.05±0.32[a]	4.28±0.45[ab]
Functional property					
Bulk density (g/cm^3)	0.65±0.01[a]	0.58±0.02[b]	0.68±0.05[a]	0.47±0.02[c]	0.48±0.01[c]
WAI	5.00±0.13[a]	4.29±0.48[b]	4.37±0.25[b]	4.84±0.27[c]	5.25±0.21[c]
WSI (%)	17.25±0.27[a]	24.05±2.04[b]	22.46±0.32[b]	9.69±0.73[c]	10.85±0.45[c]
LGC (%)	16±0.00[a]	18±0.00[b]	12±0.00[c]	8±0.00[d]	10±0.00[e]
Foaming capacity (%)	240[a]	260[b]	240[c]	200[d]	160[d]

All data are the mean of three replicates. Mean followed by different letters in the same row differs significantly ($p \leq 0.05$)

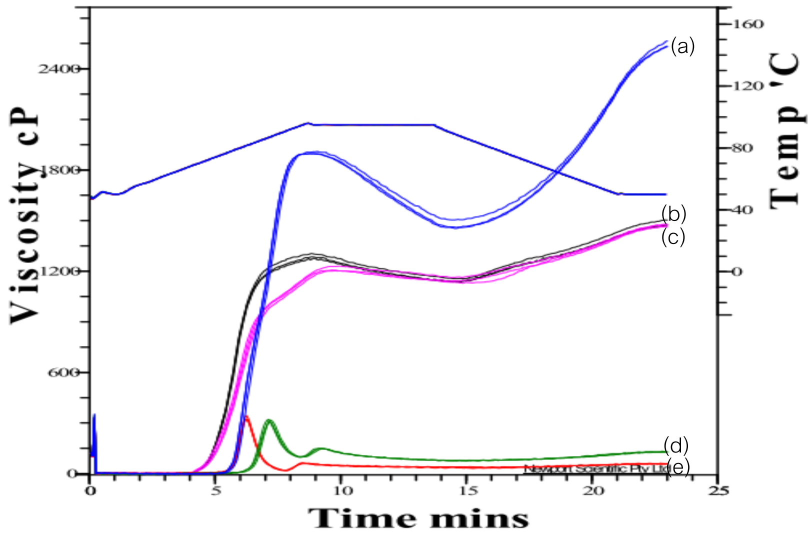


Figure 1 RVA profiles of flours from different pulse varieties: (a) cowpea (b) chickpea 333 (c) chickpea 953 (d) sword pea and (e) red kidney bean

ผลของการแทนที่มันหมูด้วยน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อคุณภาพของไส้กรอกเปรี้ยว
Effect of Pork Backfat Replacement with Virgin Coconut Oil on Quality of Fermented Sausages

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] สิริมา ชินสาร[1] นิสานารถ กระแสร์ชล[1] และ ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล[2]
Yuenyongputtakal, W.[1], Chinnasarn, S.[1], Krasaechol, N.[1] and Itthisoponkul, T.[2]

Abstract

This research aimed to study the effect pork backfat replacement with virgin coconut oil (VCO) on quality of fermented sausages. VCO were varied as 5 10 15 และ 20% adding in fermented sausage with out using pork backfat. The sensory test of the cooked fermented sausage showed that all samples were not significantly difference in liking score in terms of appearance and taste ($p \geq 0.05$). Fermented sausage with 5% VCO had the highest liking score for odor flavor and overall liking ($p<0.05$). VCO level affected the cooking losses, L* and firmness ($p<0.05$). The developed fermented sausage without pork backfat and the control fermented sausage with pork backfat were compared. The results showed that the liking scores of control sample were higher than the fermented sausage added VCO.
Keywords: fermented sausage, virgin coconut oil, pork backfat

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแทนที่มันหมูด้วยน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อคุณภาพของไส้กรอกเปรี้ยว แปรปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่เติมในไส้กรอกเปรี้ยวปริมาณ 5 10 15 และ 20% โดยไม่ใช้มันหมู ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ปรุงสุก พบว่า ทุกตัวอย่างได้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านกลิ่น และความชอบโดยรวม พบว่า ไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นส่วนประกอบ 5% ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด ($p<0.05$) การใช้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่างกันมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุก ค่า L* และความแน่นเนื้อ ($p<0.05$) เมื่อนำไส้กรอกเปรี้ยวที่พัฒนาได้ที่ไม่ได้ใช้มันหมูมาทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับไส้กรอกเปรี้ยวสูตรควบคุมที่ใช้มันหมูเพียงอย่างเดียวพบว่า ไส้กรอกเปรี้ยวสูตรควบคุมได้รับคะแนนความชอบทุกด้านสูงกว่าไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์
คำสำคัญ: ไส้กรอกเปรี้ยว น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มันหมู

คำนำ

ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารที่มีไขมันต่ำเพื่อลดน้ำหนักและลดโอกาสเกิดโรคต่างๆ ผลิตภัณฑ์เนื้อประเภทไส้กรอกเปรี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ต้องใช้ไขมันเป็นส่วนประกอบ ในสูตรปกติมักใช้มันหมู ซึ่งมีหน้าที่ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความฉ่ำน้ำ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสอื่นๆ ที่พึงประสงค์ ดังนั้นหากมีการลดปริมาณไขมันในส่วนผสมไส้กรอกอาจมีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคได้ (Huffman และ Egbert, 1990) น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์หรือน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการสกัดแบบบีบเย็น คือ น้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวโดยไม่มีสารเคมีและไม่ใช้ความร้อนสูง จะได้น้ำมันที่ใส ไม่มีสี มีกลิ่นหอมของมะพร้าว น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพสูง อุดมด้วยวิตามิน เกลือแร่และสารต้านอนุมูลอิสระ น้ำมันมะพร้าวบริสทุธิ์นี้กำลังได้รับความสนใจจากผู้บริโภคมากขึ้น แต่การนำไปใช้ประโยชน์ในการปรุงอาหารยังมีอยู่จำกัด ดังนั้นเพื่อเป็นการเสริมสร้างศักยภาพการนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด งานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่มีการใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นส่วนประกอบโดยใช้แทนมันหมู อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ใช้ให้มีความเหมาะสมจึงเป็นสิ่งที่ควร

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, Tambon Saensuk, Amphor Muang, Chonburi 20131
[2] คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 วัฒนา กรุงเทพฯ 10110
[2] Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, 114 Sukhumvit 23 Wattana Bangkok 10110

ศึกษา งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแทนที่มันหมูด้วยน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อคุณภาพของไส้กรอกเปรี้ยว

อุปกรณ์และวิธีการ

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เตรียมได้ด้วยการใช้วิธีทางชีวภาพ ทำได้โดยนำน้ำกะทิใส่ภาชนะ เติมเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ความเข้มข้น 10^6 cfu/g ใน MRS broth ปริมาณร้อยละ 3 ของปริมาณน้ำกะทิทั้งหมด คนให้เข้ากัน ปิดภาชนะให้สนิทและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นแยกน้ำมันและน้ำออก นำน้ำมันมากรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ ที่ใช้กระดาษกรอง membrane filter ขนาด 3 ไมครอน ผลิตไส้กรอกเปรี้ยวสูตรพื้นฐานโดยใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นส่วนผสมแทนการใช้มันหมู ส่วนผสมที่ใช้ ได้แก่ เนื้อหมูบดหยาบ 50% ข้าวสุก 42.85% กระเทียม 5% ลูกผักชีป่น 0.35% พริกไทยป่น 0.05% เกลือป่น 1.5% น้ำตาลทราย 0.25% โดยแปรปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่เติมในไส้กรอกเปรี้ยวปริมาณ 5 10 15 และ 20% โดยไม่ใช้มันหมู นำส่วนผสมทั้งหมดมาคลุกผสมกัน นวดผสมให้เข้ากัน ประมาณ 15 นาที หมักทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง แล้วกรอกส่วนผสมใส่ไส้เทียม ใช้เชือกผูกเป็นข้อ ระยะยาวประมาณ 3 นิ้ว นำไส้กรอกเปรี้ยวที่ได้ไปทำให้สุกโดยใช้ไมโครเวฟแล้วประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติและ ความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน นอกจากนี้วิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุก ค่าสี L* a* b* ของเนื้อส่วนในของไส้กรอกเปรี้ยว ค่าความแน่นเนื้อของเนื้อส่วนในของไส้กรอกเปรี้ยว โดยการใช้เครื่อง texture analyser ใช้แรงกดจากหัววัดทรงกระบอก และนำไส้กรอกเปรี้ยวที่พัฒนาได้มาประเมินความชอบเปรียบเทียบกับไส้กรอกเปรี้ยวสูตรควบคุมที่ใช้มันหมูปริมาณ 5% วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพทุกด้าน ยกเว้นการประเมินด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองใน Table 1 แสดงผลการประเมินความชอบของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่อบให้สุกโดยใช้ไมโครเวฟแล้วนำมาทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า ทุกตัวอย่างได้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยความชอบด้านลักษณะปรากฏมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.93 – 7.09 แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวม พบว่า ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่เติมในไส้กรอกเปรี้ยวมีผลให้ความชอบด้านต่างๆดังกล่าวมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นส่วนประกอบ 5% ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่น และความชอบโดยรวมสูงที่สุดได้คะแนนเท่ากับ 6.86 เท่ากัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำมันมะพร้าวมีกลิ่นเฉพาะตัวลักษณะกลิ่นหอมหวาน ผู้บริโภคบางส่วนให้ความเห็นว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นส่วนประกอบกับอาหารหวานมากกว่าอาหารคาว จึงมีแนวโน้มให้ตัวอย่างไส้กรอกเปรี้ยวที่มีการเติมน้ำมันมะพร้าวน้อยที่สุดจึงได้รับการยอมรับมากที่สุด ในขณะที่ไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นส่วนประกอบ 20% ได้รับคะแนนความชอบด้านสีสูงที่สุดส่วนตัวอย่างอื่นได้รับคะแนนความชอบด้านสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ดังนั้นไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นส่วนประกอบ 5% จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด

เมื่อนำไส้กรอกที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพพบว่า การใช้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่างกันมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุก ค่าสี L* และความแน่นเนื้อ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าสี a* และ b* รายละเอียดแสดงดัง Table 2 พบแนวโน้มว่าการเพิ่มปริมาณน้ำมันมะพร้าวมีผลให้การสูญเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุกน้อยลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้น้ำมันมากขึ้นช่วยให้ส่วนผสมมีความเข้ากันได้ดีมากขึ้น มีผลให้โครงสร้างของไส้กรอกมีลักษณะยึดกันแน่นขึ้นจึงอุ้มน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ได้มากลดโอกาสการสูญเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุกได้จึงมีแนวโน้มให้เนื้อสัมผัสของไส้กรอกมีความแน่นแข็งน้อยลงด้วย ส่วนค่าสี L* ซึ่งแสดงถึงความสว่างของไส้กรอกซึ่งพบว่ามีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อเติมน้ำมันมะพร้าวมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อปริมาณน้ำมันมากขึ้นเพิ่มโอกาสการกระจายตัวของส่วนผสมได้ดีขึ้นและเพิ่มการสะท้อนแสงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมากขึ้นนั่นเอง ทั้งนี้ผลการทดลองมีแนวโน้มสอดคล้องกับงานวิจัยของ Muguerza และคณะ (2002) ที่รายงานไว้ว่า การใช้น้ำมันมะกอกแทนที่มันหมูในไส้กรอกหมักแบบแห้งในประมาณมากขึ้นมีผลให้ไส้กรอกมีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหมักน้อยลง และปริมาณน้ำมันมะกอกที่ใช้มีผลต่อความสว่างและความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ด้วย

Table 1 Liking score in terms of appearance, color, odor, taste and overall liking of fermented sausages with different amount of VCO

VCO (%)	Mean ± SD				
	appearance ^{ns}	color	odor	taste ^{ns}	overall liking
5%	7.07±0.73	6.21±0.70^{b}	6.86±0.95^{a}	6.71±0.47	6.86±0.77^{a}
10%	7.00±0.88	6.43±0.85^{b}	6.29±0.91^{ab}	6.50±0.76	6.24±0.84^{b}
15%	6.93±0.92	6.50 ±0.65^{b}	5.64±0.93^{b}	6.86±0.86	6.11±0.91^{b}
20%	7.29±0.83	6.92±0.47^{a}	5.86±0.86^{b}	6.64±.92	5.29±0.99^{c}

^{a,b,c} Difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).

Table 2 Cooking loss (%), color value (L* a* and b*) and firmness (N) of fermented sausages with different amount of VCO

VCO (%)	Mean ± SD				
	cooking loss(%)	L*	a* ^{ns}	b* ^{ns}	firmness(N)
5%	12.07±0.44^{a}	63.86±0.70^{a}	-2.81±0.35	18.34±0.44	4.86±0.77^{a}
10%	11.65±0.48^{b}	62.63±0.98^{b}	-2.99±0.12	19.81±0.90	4.43±0.71^{a}
15%	10.93±0.32^{c}	62.18±0.56^{b}	-2.46±0.57	18.23±0.48	3.35±0.44^{b}
20%	10.29±0.32^{c}	60.12±0.34^{c}	-2.74±0.88	19.24±0.35	3.21±0.43^{b}

^{a,b,c} Difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).

จาก Table 3 เมื่อนำไส้กรอกเปรี้ยวที่พัฒนาได้ซึ่งไม่ได้ใช้มันหมู คือไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นส่วนประกอบ 5% มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมเปรียบเทียบกับไส้กรอกเปรี้ยวสูตรควบคุมที่ใช้มันหมูเพียงอย่างเดียว พบว่า ไส้กรอกเปรี้ยวสูตรควบคุมได้รับคะแนนความชอบทุกด้านสูงกว่าไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ($p<0.05$) โดยคะแนนความชอบของไส้กรอกเปรี้ยวสูตรควบคุมอยู่ในช่วง 8.11-8.31 ซึ่งหมายถึง ความชอบระดับชอบมาก ในขณะที่คะแนนความชอบของไส้กรอกเปรี้ยวที่พัฒนาได้อยู่ในช่วง 6.21-7.07 ซึ่งหมายถึง ความชอบระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง แสดงให้เห็นว่า แม้การใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ในไส้กรอกจะได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคแต่ยังเติมได้ในปริมาณเพียง 5% และยังคงได้รับความชอบน้อยกว่าไส้กรอกเปรี้ยวสูตรควบคุมที่ใช้มันหมู

Table 3 Liking score in terms of appearance, color, odor, taste and overall liking of developed fermented sausage and control fermented sausage

sausage	Mean ± SD				
	appearance	color	odor	taste	overall liking
developed	7.07±0.73^{b}	6.21±0.70^{b}	6.86±0.95^{b}	6.71±0.47^{b}	6.86±0.77^{b}
control	8.11±0.33^{a}	8.12±0.43^{a}	8.13±0.56^{a}	8.31±0.41^{a}	8.12±0.56^{a}

^{a,b} Difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).

สรุปผล

การใช้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่างกันมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุก ค่า L* ความแน่นเนื้อ และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ($p<0.05$) โดยไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เป็นส่วนประกอบ 5% ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด ($p<0.05$) แต่ยังได้คะแนนความชอบต่ำกว่าไส้กรอกเปรี้ยวสูตรควบคุมที่ใช้มันหมูเพียงอย่างเดียว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยบูรพาและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

Huffman, D.L. and Egbert, W.R., 1990, Chemical Analysis and Sensory Evaluation of the Developed Lean Ground Beef Products. Alabama, USA.

Muguerza, E., Fista, G., Ansorena, D., Astiasaran, I. and Bloukas, J.G., 2002, Effect of Fat Level and Partial Replacement of Pork Backfat with Olive Oil on Processing and Quality Characteristics of Fermented Sausages, Meat Science, 61: 397-404.

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ด

Formulation Development of Longan Tablet Product

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] **และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์**[1]

Yuenyongputtakal, W.[1] and Limroongreungrat, K.[1]

Abstract

This research aimed to study the optimum contents of longan tablet ingredients. The experiments were carried out by using the mixture design under constraint as follows: 45-75% longan powder, 4–60% icing sugar, 2-10% corn starch and 0.5% silicon dioxide. The result showed that it was possible to produce longan tablet. The optimum ingredients content were 75% longan powder, 23% icing sugar, 2% corn starch and 0.5% silicon dioxide. The product maintained good shape and sensory scores in terms of appearance and texture presented neither like nor dislike. While the scores of color, taste and overall acceptability ranged from “like slightly” to “like very much”.

Keywords: tablet product, longan powder, formulation development

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของส่วนผสมลำไยอัดเม็ด ดำเนินการโดยการแปรส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดโดยจัดสิ่งทดลองแบบ Mixture Design ภายใต้ข้อจำกัด คือ ลำไยผงร้อยละ 45 - 75 น้ำตาล ไอซิ่งร้อยละ 4 - 60 แป้งข้าวโพดร้อยละ 2 - 10 และซิลิคอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักส่วนผสม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการผลิตลำไยอัดเม็ด โดยสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ คือ ใช้ลำไยผงร้อยละ 75 น้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 23 แป้งข้าวโพดร้อยละ 2 และซิลิคอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.5 โดยได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเม็ดที่สมบูรณ์ดี ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัส อยู่ในระดับเฉยๆ แต่ได้รับคะแนนความชอบด้านสีรสชาติและความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์อัดเม็ด ลำไยผง การพัฒนาสูตร

คำนำ

การนำลำไยผงมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบลำไยได้ จากการทำการทดลองเบื้องต้นพบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำลำไยผงมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์อัดเม็ดได้ ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดแห้งที่อยู่ในรูปของแข็ง น้ำหนักเบา เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภครับประทานได้สะดวกโดยการอมหรือเคี้ยวให้ละลายในปาก (อัจฉรา, 2536) อย่างไรก็ตามการได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ปัจจัยที่สำคัญได้แก่ปริมาณที่เหมาะสมของส่วนผสม โดยผลิตภัณฑ์อัดเม็ดส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารที่มีสมบัติเป็นสารเจือจาง (diluent) สารยึดเกาะ (binder) และสารหล่อลื่น (lubricant) (McCarty, 2010) การศึกษาและพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากลำไยผงจึงเป็นแนวทางสำคัญที่ใช้พิจารณาความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่รูปแบบใหม่จากลำไยผงได้ โดยการหาปริมาณที่เหมาะสมของลำไยผง แป้งข้าวโพดซึ่งมีสมบัติเป็นสารเพิ่มเนื้อ และน้ำตาลไอซิ่งซึ่งมีสมบัติเป็นสารยึดเกาะ ที่ทำให้ได้สูตรที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ด

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการหาปริมาณที่เหมาะสมของส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากลำไยผง ลำไยผงผลิตได้โดย การนำลำไยกึ่งแห้งมาอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที จนได้ความชื้นร้อยละ 9.80 ± 0.05 แล้วนำมาบดให้เป็นผงโดยใช้เครื่องบด นำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อน ขนาด 100 mesh จะได้ลำไยผงที่มี

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

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

ลักษณะเป็นผงละเอียด แล้วนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ดร่วมกับส่วนผสมต่างๆ ดังนี้ ลำไยผงร้อยละ 45 - 75 น้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 4 - 60 แป้งข้าวโพดร้อยละ 2 - 10 และซิลิคอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักส่วนผสม จัดสิ่งทดลองแบบ Mixture design ทำให้ได้ขอบเขตการใช้ส่วนผสมดังกล่าวที่สามารถดำเนินการได้ กำหนดสูตรของผลิตภัณฑ์อัดเม็ด จำนวน 5 สูตร ดัง Table 1 ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามที่กำหนดแล้วผสมให้เข้ากัน เพื่อทำให้การอัดเม็ดได้ง่ายขึ้น เติมน้ำกลั่นลงไปในส่วนผสมทุกสูตรปริมาณ 10% (v/w) กำหนดน้ำหนักเท่ากับ 0.53 ± 0.01 กรัมต่อ 1 เม็ด และนำไปอัดเม็ดโดยใช้เครื่องตอกเม็ด แล้ววิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2005) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาโดยใช้ไมโครมิเตอร์ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทดสอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพทุกด้าน ยกเว้นการประเมินด้านประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

Table 1 Ingredients composition of the conducted longan tablet product

Formulation	Quantity (%)			
	longan powder	icing sugar	corn starch	silicon dioxide
1	75	23	2	0.5
2	75	15	10	0.5
3	45	45	10	0.5
4	45	53	2	0.5
5	60	34	6	0.5

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ส่วนผสมที่ใช้ในการอัดเม็ดมีสมบัติเฉพาะดังนี้ แป้งข้าวโพด มีสมบัติเป็นสารเจือจาง หรือสารเพิ่มเนื้อ (filler) นอกจากนี้ สามารถใช้เป็นสารช่วยแตกกระจาย น้ำตาลไอซิ่ง มีสมบัติเป็นสารยึดเกาะ ซิลิคอนไดออกไซด์มีสมบัติเป็นสารหล่อลื่น ช่วยป้องกันการจับตัวกันเป็นก้อน หรือเกาะติดกับเครื่องตอกเม็ด จากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อัดเม็ดพบว่า ปริมาณของส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ดมีช่วงดังนี้ ใช้วัตถุดิบหลักร้อยละ 25-76 สารเจือจางร้อยละ 0.4 – 25 สารยึดเกาะร้อยละ 4 – 60 และสารหล่อลื่นร้อยละ 0.4 – 2.2

จาก Table 2 พบว่าผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดทั้ง 5 สูตร มีปริมาณความชื้น เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนา และน้ำหนักต่อเม็ด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดทั้ง 5 สูตร มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 6.35 – 6.50 สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาถูกควบคุมด้วยขนาดของแม่พิมพ์และใช้แรงในการอัดเม็ดเท่าๆ กัน มีค่าอยู่ในช่วง 1.27-1.32 และ 0.31-0.32 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีการควบคุมน้ำหนักของส่วนผสมให้มีน้ำหนักต่อเม็ดเท่ากับ 0.53 ± 0.01 กรัมต่อ 1 เม็ด ส่วนค่าการสึกกร่อน พบว่าผลิตภัณฑ์อัดเม็ดทั้ง 5 สูตร มีค่าการสึกกร่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผลิตภัณฑ์อัดเม็ดสูตรที่ 4 มีค่าการสึกกร่อนต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 0.01 และผลิตภัณฑ์อัดเม็ดสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าการสึกกร่อนมากที่สุด คือ ร้อยละ 0.06 และ 0.07 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสูตรที่ 4 มีการใช้น้ำตาลไอซิ่งปริมาณมาก มีผลทำให้ส่วนผสมต่างๆ สามารถยึดเกาะได้ดีขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดมีลักษณะเป็นเม็ดสมบูรณ์ดี และมีความสึกกร่อนน้อยนั่นเอง ในทางตรงกันข้ามผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าการสึกกร่อนต่ำที่สุด เนื่องจากในสูตรดังกล่าวมีการใช้น้ำตาลไอซิ่งปริมาณน้อยและใช้ลำไยผงปริมาณมาก อย่างไรก็ตามทุกสูตรมีค่าการสึกกร่อนน้อยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.01 - 0.07 เท่านั้น จัดได้ว่ามีลักษณะเม็ดสมบูรณ์ดีมีการสึกกร่อนน้อย

Table 2 Moisture content, diameters, thickness, weight per tablet and corrosive value of longan tablet product

Formulation	Moisture content [ns] (%)	Diameters [ns] (cm)	Thickness[ns] (cm)	Weight per tablet [ns] (g)	Corrosive value (%)
1	6.50 ± 0.01	1.27 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.53 ± 0.02	0.06[a] ± 0.01
2	6.45 ± 0.01	1.30 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.53 ± 0.01	0.07[a] ± 0.01
3	6.50 ± 0.01	1.30 ± 0.01	0.31 ± 0.01	0.53 ± 0.02	0.03[b] ± 0.01
4	6.35 ± 0.01	1.32 ± 0.01	0.31 ± 0.01	0.53 ± 0.01	0.01[c] ± 0.01
5	6.45 ± 0.00	1.30 ± 0.01	0.31 ± 0.01	0.53 ± 0.01	0.05[b] ± 0.01

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).

[ns] not significant difference ($p \geq 0.05$)

จาก Table 3 แสดงค่าสี L* a* และ b* พบว่า ค่าสีของผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดทั้ง 5 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสูตรที่ 1 มีค่าสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงกว่าผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดสูตรอื่น ในขณะที่มีค่าความสว่าง (L*) น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดสูตรอื่น ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดสูตรดังกล่าว มีการเติมลำไยผงซึ่งมีสีออกแดงและเหลืองในปริมาณมาก และมีการใช้แป้งข้าวโพด ซึ่งมีสีขาวในปริมาณน้อย

จาก Table 4 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แต่คะแนนความชอบด้านสี รสชาติและความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ดทุกสูตรได้รับคะแนนความชอบด้านดังกล่าวอยู่ในช่วง 5.10-5.50 ซึ่งอยู่ในระดับเฉยๆ สำหรับคะแนนความชอบด้านสี รสชาติและความชอบโดยรวม พบว่า สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบด้านดังกล่าวสูงที่สุด โดยได้คะแนนเท่ากับ 7.10 6.90 และ 6.50 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก

Table 3 L* a* and b* color value of longan tablet product

Formulation	Means ± SD		
	L*	a*	b*
1	50.75[c] ± 0.99	11.88[a] ± 0.12	28.13[a] ± 0.41
2	57.49[a] ± 0.53	9.83[c] ± 0.08	25.76[b] ± 0.21
3	58.08[a] ± 0.86	8.97[d] ± 0.12	24.59[b] ± 0.22
4	53.19[b] ± 0.30	10.68[b] ± 0.09	26.67[b] ± 0.14
5	52.84[b] ± 0.26	10.64[b] ± 0.09	27.03[b] ± 0.11

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).

Table 4 Liking score in terms of appearance, color, taste, texture and overall liking of longan tablet product

Formulation	Means ± SD				
	appearance[ns]	color	taste	texture[ns]	overall liking
1	5.25 ± 0.03	7.10[a] ± 0.03	6.90[a] ± 0.02	5.40 ± 0.01	6.50[a] ± 0.02
2	5.23 ± 0.02	6.00[ab] ± 0.05	6.90[a] ± 0.03	5.50 ± 0.02	5.90[b] ± 0.03
3	5.24 ± 0.02	5.20[b] ± 0.03	6.10[b] ± 0.02	5.00 ± 0.02	5.60[b] ± 0.03
4	5.30 ± 0.03	5.60[ab] ± 0.03	6.05[b] ± 0.03	5.10 ± 0.02	5.80[b] ± 0.02
5	5.29 ± 0.01	6.10[ab] ± 0.02	6.10[b] ± 0.03	5.30 ± 0.03	6.00[b] ± 0.03

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).
[ns] not significant difference ($p \geq 0.05$)

สรุปผล

สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ลำไยอัดเม็ด คือ ใช้ลำไยผง ร้อยละ 75 น้ำตาลไอซิ่ง ร้อยละ 23 แป้งข้าวโพดร้อยละ 2 และซิลิคอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.5 โดยได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเม็ดที่สมบูรณ์ดี ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัส อยู่ในระดับเฉยๆ ได้รับคะแนนความชอบด้านสี รสชาติและความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2005, Official Method of Analysis, Arlington, Viyginia, USA.

McCarty, J.A., 2010, Direct Powder Blends for Encapsulation and Tablet Compression Part II: Materials [Retrived], http://americanpharmaceuticalreview.com/ViewArticle.aspx?ContentID=14[30/Nov/10]

ผลของไคโตแซนและน้ำตาลซูโครสต่อสมบัติทางกล-กายภาพของฟิล์มแป้ง

Effect of Chitosan and Sucrose on Mechanical-Physical Properties of Starch Film

ขนิดา ญานถวิล[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Yanthawil, K.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

This study was aimed to evaluate the effect of chitosan (0, 0.1, 0.5 and 1.0% v/w) and sucrose (0, 10, 20, 30 and 50% w/w) on mechanical-physical properties of edible film from two starches; cassava and rice. The addition of 1.0% v/w chitosan in cassava starch film and rice starch film resulted in the lowest water vapor transmission rate at 8.81x10^{-4} g/cm^2/day and 5.19x10^{-4} g/cm^2/day, respectively. Although, oxygen transmission rate of chitosan-cassava starch film was decreases, it was increased in chitosan-rice starch film. In this study, water vapor transmission rate and tensile strength of sucrose-starch films decreased, but elongation at break of cassava and rice starch films mixed with 50% sucrose was the highest at 19.79 and 29.92, respectively.
Keywords: chitosan, sucrose, cassava starch, rice starch

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของไคโตแซน (ความเข้มข้น 0, 0.1, 0.5 และ 1.0 % v/w) และน้ำตาลซูโครส (ความเข้มข้น 0, 10, 20, 30 และ 50% w/w) ต่อคุณสมบัติทางกล-กายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้ง 2 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า ผลการศึกษา พบว่าการเติมไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 %w/v ในฟิล์มแป้งมันปะหลังและแป้งข้าวเจ้า ทำให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มต่ำที่สุดเท่ากับ 8.81x10^{-4} g/cm^2/day และ 5.19x10^{-4} g/cm^2/day ตามลำดับ และการเติมไคโตแซนในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังทำให้ฟิล์มมีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนลดลง แต่ทำให้ฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีอัตราการซึมผ่านออกซิเจนเพิ่มขึ้น ส่วนการเติมน้ำตาลซูโครสส่งผลให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ และการต้านทานแรงดึงขาดลดลง โดยฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าที่เติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 50% มีค่าการยืดตัวสูงสุด เท่ากับ 19.79 และ 29.92 เท่า ตามลำดับ
คำสำคัญ: ไคโตแซน น้ำตาลซูโครส แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า

คำนำ

การศึกษาฟิล์มที่บริโภคได้ (edible films) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร กำลังเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากฟิล์มที่บริโภคได้สามารถควบคุมการซึมผ่านของก๊าซและความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหาร วัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ผลิตฟิล์ม ได้แก่ ลิปิด โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้งมันสำปะหลัง (cassava starch) และแป้งข้าวเจ้า (rice starch) ซึ่งแป้งเหล่านี้ประกอบด้วยพอลิเมอร์ 2 ประเภท คือ อะมิโลส (amylose) และอะมิโลเพกติน (amylopectin) โดยมีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 17 และ 30 (Bangyekan และคณะ, 2006; Laohakunjit และ Noomhorm, 2004) ตามลำดับ และสามารถนำมาขึ้นรูปฟิล์มเพื่อใช้ประโยชน์ในการเคลือบผลไม้พร้อมบริโภคสำหรับการส่งออก อย่างไรก็ตามฟิล์มแป้งทั้ง 2 ชนิด มีข้อจำกัดเมื่อใช้แป้งเพียงลำพังทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เปราะ และเกิดปัญหาในการใช้งาน จึงต้องปรับปรุงข้อด้อยโดยเติมวัตถุเจือปนอาหาร (Coupland และคณะ, 2000) เช่น น้ำตาลซูโครส (sucrose) เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพ (Arvanitoyannis และคณะ,1996) การเติมน้ำตาลซูโครสลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังช่วยเพิ่มความยืดตัวของฟิล์มแป้งผสมแซนแทนกัม (Veiga-Santos และคณะ, 2005) และฟิล์มเจลลาติน (Veiga-Santos และคณะ, 2007) สำหรับไคโตแซน (chitosan) เป็นพอลิแซคคาไรด์ได้มาจากไคติน (chitin) มีโครงสร้างที่ประกอบด้วย 2-amino-2-deoxy-β-D-glucopyranose เรียงตัวหลายโมเลกุล และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านจุลินทรีย์และสามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ (Khan และคณะ, 2000; No และคณะ, 2007) รวมทั้งมีสมบัติในการซึมผ่านไอน้ำที่ต่ำ (Butler และคณะ, 1996) ดังนั้นการศึกษานี้มี

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

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของไคโตแซน และ/หรือน้ำตาลซูโครสต่อสมบัติทางกล-กายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารละลายแป้งมันสำปะหลัง และ/หรือแป้งข้าวเจ้า เข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ต้มจนแป้งสุก ให้มีลักษณะเหนียว ข้น หนืด ทิ้งไว้ให้เย็น เติมพลาสติไซเซอร์ (ซอร์บิทอล) ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ตามวิธีของ Laohakunjit และ Noomhorm (2004) ผสมไคโตแซนความเข้มข้น 0, 0.1, 0.5 และ 1% w/v ที่ละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 1%w/v ในอัตราส่วนแป้งต่อไคโตแซน 1:1 หรือน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 0, 10, 20, 30 และ 50% ของน้ำหนักแป้ง กวนให้เข้ากันจะได้สารละลายแป้งมันสำปะหลัง นำไปเทลงบนแท่นพิมพ์พลาสติกชนิด polyethylene วางบน water bath ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง ศึกษาสมบัติทางกลและทางกายภาพของฟิล์มแป้ง ดังนี้ สีของฟิล์ม (ค่า L) (โดยใช้ HunterLab รุ่น MiniScanEZ) ความหนา, การต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัว (ASTM, 1997 โดยใช้ Texturometer, Fisher Scientific, Pittsburg, PA) อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (โดยใช้ dish method, ASTM, 1996) อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (ASTM, 1992) การละลายตามวิธีของ Laohakunjit และ Noomhorm (2004) และความชื้น โดยใช้เครื่อง moisture analyzer

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าลักษณะปรากฏของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซน มีลักษณะใส โปร่งแสง เป็นมันวาว เรียบทั้งสองด้าน เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังมีการพองตัวเพียงขั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูง เมื่อผ่านการเจลาไนซ์ทำให้มีความใส แต่มีสีเหลืองจากสีของไคโตซานมากกว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง ส่วนลักษณะปรากฏของฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตซานมีความขุ่น โปร่งแสง และมีด้านหนึ่งเรียบมันวาว ส่วนอีกด้านหนึ่งมีลักษณะด้านไม่มันวาว เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้าที่มีการพองตัว 2 ขั้น ซึ่งฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซนมีความขุ่นน้อยกว่าแต่โปร่งแสงมากกว่าฟิล์มแป้งข้าวเจ้า และมีสีเหลืองมากกว่าฟิล์มแป้งข้าวเจ้า การเติมไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 % w/v ทำให้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า มีการต้านแรงดึงขาดและการยืดของฟิล์มสูงสุด เท่ากับ 15.63 MPa, 11.58% และ 10.55 MPa, 8.29% มีค่าการละลายน้ำสูงสุด ร้อยละ 9.38 และ 11.42 มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มต่ำที่สุดเท่ากับ 8.81×10^{-4} $g/cm^2/day$ และ 5.19×10^{-4} $g/cm^2/day$ ตามลำดับ เนื่องจากไคโตแซนมีสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี และปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของแป้งและไคโตแซนมีผลทำให้ฟิล์มมีการซึมผ่านไอน้ำลดลง (Butler และคณะ, 1996) และการเติมไคโตแซนในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังทำให้ฟิล์มมีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนลดลง แต่ทำให้ฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีอัตราการซึมผ่านออกซิเจนเพิ่มขึ้น (Figure 1) ส่วนลักษณะปรากฏของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลซูโครส มีความใส โปร่งแสง เป็นมันวาว เรียบเป็นเนื้อเดียวกัน มีความยืดหยุ่น และลักษณะปรากฏของฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมน้ำตาลซูโครสมีความขุ่น โปร่งแสง และมีด้านหนึ่งเรียบมันวาว ส่วนอีกด้านหนึ่งมีลักษณะด้านไม่มันวาว การเติมน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 50% ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้ามีการต้านแรงดึงขาดต่ำที่สุด และการยืดสูงสุดเท่ากับ 19.79 และ 29.92 เท่า ตามลำดับ เนื่องจากน้ำตาลซูโครสทำหน้าที่เป็นสารพลาสติไซเซอร์ลดแรงยึดเกาะภายในโมเลกุล และเพิ่มการเปลี่ยนแปลงสายโพลิเมอร์ ส่งผลให้ฟิล์มยืดหยุ่นและโค้งงอได้ (Veiga-Santos และคณะ, 2007) ส่วนอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ พบว่าฟิล์มแป้งที่เติมน้ำตาลซูโครสจะมีอัตราการซึมผ่านน้อยกว่าฟิล์ม control สอดคล้องกับ Olivas และ Barbosa-Canovas (2008) ที่เติมน้ำตาล fructose ลงในฟิล์มบริโภคได้ ปรากฏว่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำต่ำกว่าฟิล์มที่ไม่เติมน้ำตาล fructose เป็นผลมาจากพลาสติไซเซอร์ที่เติมลงในฟิล์มช่วยเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของฟิล์ม โดยลดและเปลี่ยนแปลงพันธะภายในโมเลกุลระหว่างสายพอลิเมอร์ ที่เป็นสาเหตุทำให้การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้น (Guilbert และ Biquet, 1996) และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำสุดเมื่อเติมน้ำตาลซูโครส 50% ในฟิล์มแป้งมัน (Figure 2)

สรุปผล

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเติมไคโตแซนและน้ำตาลซูโครส เป็นผลทำให้ฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า มีสมบัติทางกล-กายภาพที่ดีขึ้น การเติมไคโตแซนมีการต้านแรงดึงขาดและการยืดของฟิล์มเพิ่มขึ้น และมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มลดลง ส่วนการเติมน้ำตาลซูโครสมีการต้านแรงดึงขาดลดลง และการยืดตัวเพิ่มขึ้น ส่วนอัตราการซึมผ่านของไอน้ำลดลง และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนลดลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

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.

Bangyekan, C., Aht-Ong, D. and Srikukkit, K., 2006, Preparation and Properties Evaluation of Chitosan-Coated Cassava Starch Films, Carbohydrate Polymers, 63: 61-71.

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.

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.

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.

Laohakunjit, N. and Noomhorm, A., 2004, Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch film, Starch/Starke, 56(8): 348-356.

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.

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.

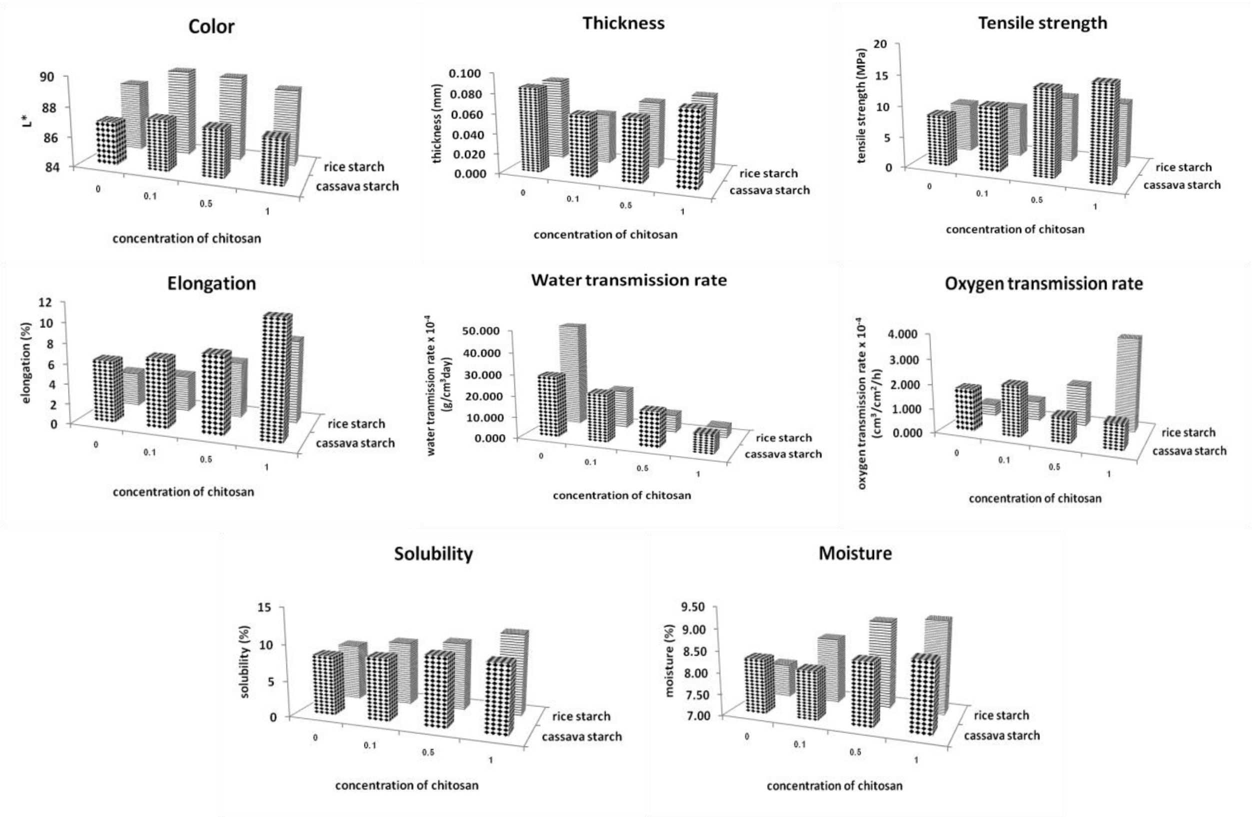


Figure 1 Physical and mechanical properties of chitosan-cassava and chitosan-rice starch films

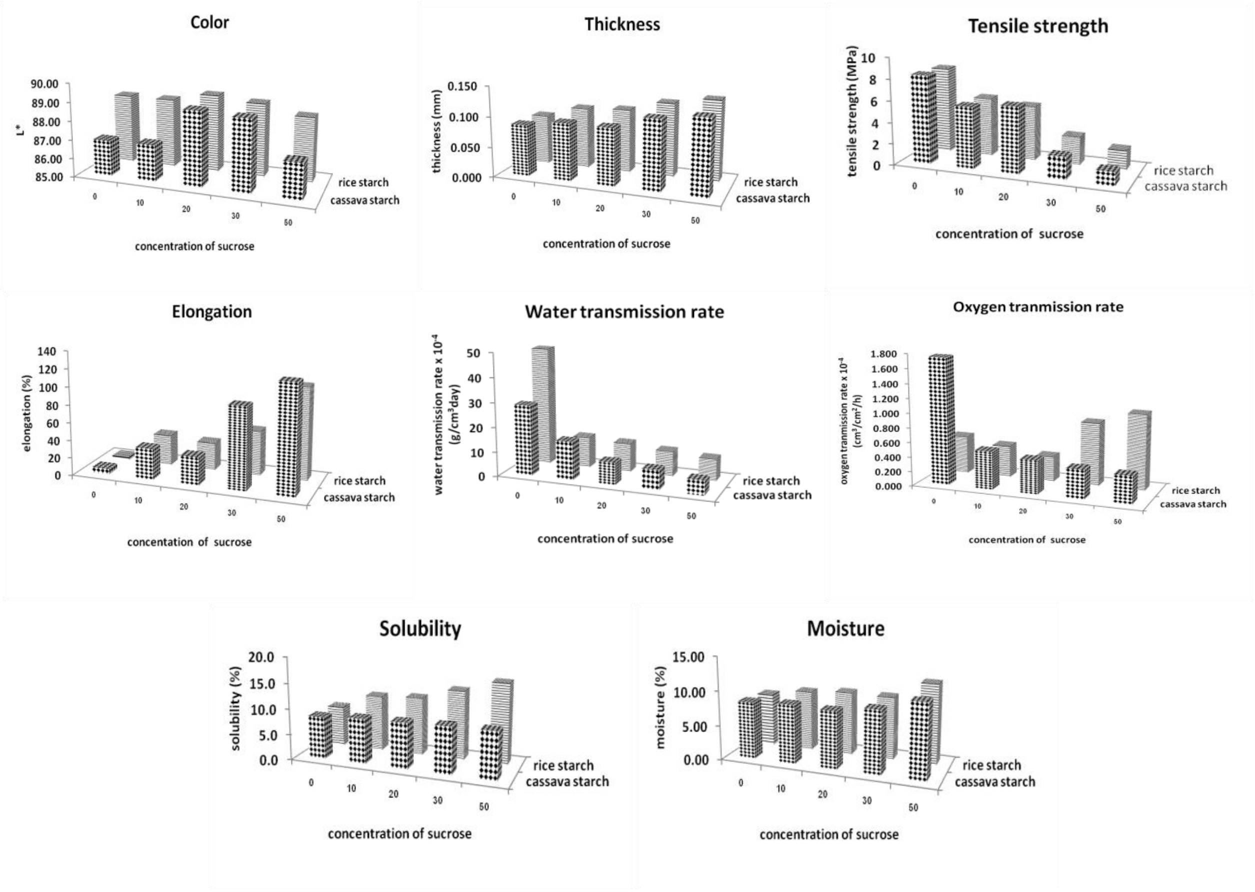


Figure 2 Physical and mechanical properties of sucrose-cassava and sucrose-rice starch films

ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพืชสมุนไพรไทยบางชนิด

Antioxidant Capacity and Total Phenolics of Some Thai Medicinal Plant Extracts

จรัสรัตน์ ปานโคก[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Pancoke, J.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

This research aimed to compare the antioxidant activity and total phenolic contents of seven plant extracts, including Ginger, Curcuma white, Curcuma, Malacca tree, Assam tea, Hom Nil rice and Common rice. Fresh and dried sample of eight plants were extracted with methanol. The result showed that plant extracts from dried malacca tree had the highest antioxidant capacity analyzed by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging activity assay and 2,2'-azinobis (3-ethlbenzothaiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) scavenging activity at 4,191.88 and 1,744.7 mg/L BHT equivalent/g DW, respectively. Similarly, total phenolic contents of dried Malacca tree extract analyzed by Folin-Ciocalteau phenol test, showed the highest value at 260.20 mg GAE/g DW.

Keywords: antioxidant activity, total phenolic content, Malacca tree extract

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากพืช 7 ชนิด ได้แก่ ขิงแก่ ขมิ้น ขมิ้นชัน มะขามป้อม ชาอัสสัม ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวเหนียวดำ ทั้งสดและแห้ง สกัดด้วยเมทานอล โดยพบว่าสารสกัดจากมะขามป้อมแห้ง มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2'-azinobis(3-ethlbenzothaiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) สูงที่สุด เท่ากับ 4,191.88 และ 1,744.7 mg/L BHT equivalent/g DW ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteau Phenol Test พบสารสกัดจากมะขามป้อมแห้ง มีสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด เท่ากับ 260.20 mg GAE/g DW

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิค สารสกัดจากมะขามป้อม

คำนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น ทั้งการออกกำลังกาย และการรับประทานอาหารเสริมต่างๆ ที่มาจากธรรมชาติ โดยเฉพาะจากพืชผัก ผลไม้ และพืชสมุนไพร ซึ่งพืชนอกจากนำมาใช้เป็นอาหารแล้ว ยังได้รับความสนใจทั่วโลก โดยนำมาใช้เป็นยา สารให้กลิ่นรส หรือใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ดังนั้นการศึกษาวิจัยเพื่อหาสารที่มีประสิทธิภาพในการสร้างเสริมสุขภาพที่ดีของร่างกายจึงได้รับความสนใจ โดยเฉพาะงานวิจัยเกี่ยวกับอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ โดยอนุมูลอิสระเกิดจากปัจจัยทั้งภายในและภายนอกร่างกาย เป็นสารที่ไม่เสถียรและมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา จึงสามารถจับกับโมเลกุลภายในร่างกายและส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อองค์ประกอบของเซลล์แล้วนำไปสู่การเสื่อมประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นสาเหตุของโรคหลายชนิดโดยเฉพาะโรคมะเร็ง (Nakabeppu และคณะ, 2006; Valko และคณะ, 2007) และทำให้ผิวหนังเกิดรอยเหี่ยวย่น (wrinkle) (Papus, 1998) อย่างไรก็ตามในภาวะปกติร่างกายของคนเราจะมีการป้องกันการสะสมสารอนุมูลอิสระอยู่แล้ว โดยเกิดจากร่างกายสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในภาวะที่สมดุล และได้จากสารต้านอนุมูลอิสระที่รับประทาน เช่น วิตามินเอ ซี อี หรือ เบต้าแคโรทีน (β-carotene) รวมทั้งสารประกอบพอลีฟีนอล ซึ่งเป็นพฤกษเคมีที่สามารถพบได้ในพืชผักและผลไม้ อีกทั้งยังพบว่าพืชผักและผลไม้ที่มีสี เช่น สีแดง ดำ หรือม่วง มีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง (Zang และคณะ, 2006) เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่อุดมไปด้วยทรัพยากรสมุนไพรที่หลากหลาย เช่น ขิงแก่ ขมิ้น ขมิ้นชัน มะขามป้อม ชาอัสสัม ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวเหนียวดำ ซึ่งพืชสมุนไพรเหล่านี้นอกจากช่วยให้เกิดความชุ่มชื่นแล้วยังช่วยลดริ้วรอยชะลอความแก่ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ (Mukherjee และคณะ, 2007) ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงสนใจศึกษาศักยภาพและ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชจากพืช 8 ชนิด ซึ่งเป็นพืชที่ปลูกและเจริญได้ทุกพื้นที่ของประเทศไทย ทั้งสดและแห้ง สกัดด้วยเมทานอลเทียบกับสารมาตรฐานที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ butylatedhydroxytoluene (BHT) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติทดแทนสารสังเคราะห์ และเพื่อนำไปประยุกต์สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอางต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารสกัด

นำตัวอย่างพืชทั้ง 7 ชนิด ได้แก่ ขิงแก่ ขมิ้น ขมิ้นชัน มะขามป้อม ชาอัสสัม ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวเหนียวดำมา นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง แบ่งเป็นตัวอย่างสด และแห้ง โดยอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง บดตัวอย่างพืชให้ละเอียด จากนั้นนำมาสกัดด้วยเมทานอล เขย่านาน 3 ชั่วโมง กรองเอากากพืชออกโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 ได้สารสกัดในตัวทำละลาย แล้วนำไปประเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator เก็บสารที่สกัดได้ไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากพืช ด้วยวิธี Folin-ciocalteau Phenol Test ตามวิธีของ Kim และ Lee (2002) ใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร โดยแสดงผลเป็นค่ามิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกในตัวอย่างน้ำหนักแห้ง 1 กรัม (mg GAE/g DW)

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2’-azinobis(3-ethlbenzothaiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) โดยวิธี DPPH ดัดแปลงจากวิธีของ Singh และคณะ (2002) ทำโดยผสมสารสกัด 10 ไมโครลิตร กับสารละลาย DPPH 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และนำมาคำนวณเทียบกับสารมาตรฐานของ BHT ส่วนวิธี ABTS ดัดแปลงจากวิธีของ Kriengsak และคณะ (2006) โดยผสมสารสกัด 10 ไมโครลิตร กับสารละลาย ABTS 4 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 6 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร และนำมาคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานของ BHT รายงานผลเป็นค่ามิลลิกรัมสมมูลของ BHT ในตัวอย่างน้ำหนักแห้ง 1 กรัม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากพืชทั้ง 7 ชนิด พบว่า ในขิงแก่แห้งมีร้อยละการผลิตน้อยกว่าขิงแก่สด (Figure 1a) แต่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า เช่นเดียวกับในขมิ้นและขมิ้นชันที่พืชแห้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพืชสด และเมื่อเปรียบเทียบสารสกัดจากพืชทั้ง 7 ชนิด พบว่า ขิงแก่สด มี %yield สูงที่สุด รองลงมาได้แก่มะขามป้อมและชาอัสสัม สำหรับสารสกัดจากตัวอย่างแห้งของข้าวเจ้ากล้องหอมนิลและข้าวเหนียวดำ มี %yield ต่ำสุดใกล้เคียงกัน ประมาณ 1-2% และจากการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก (Figure 1b) พบว่าพืชทั้ง 7 ชนิดมีปริมาณของสารฟีนอลิกต่างกัน ซึ่งสารสกัดจากมะขามป้อมมีปริมาณสารฟีนอลิคสูงเท่ากับ 260.20 mg GAE/g DW รองลงมาคือ ชาอัสสัม ขมิ้นชัน และข้าวเหนียวดำ ในการทดลองนี้สารสกัดขิงแก่สดมีปริมาณฟีนอลิคต่ำที่สุดเท่ากับ 12.69 mg GAE/ g DW และการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกให้ผลสอดคล้องกับประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (Figure 1c) ที่พบว่าสารสกัดจากมะขามป้อม และชาอัสสัมมีประสิทธิภาพสูงที่สุด เท่ากับ 4,191.88 และ 3,549.55 mg/L BHT equivalent/g DW ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารสกัดจากพืชอื่น ซึ่งการทดสอบความสามารถดักจับอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ ในสารละลายนั้นมักใช้ตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดในเบื้องต้น (Zhu และคณะ, 2002) เมื่ออนุมูล $DPPH^{\bullet}$ ในสารละลายสีม่วงเข้มได้รับอิเล็คตรอนหรือ $H^{\bullet}$ จากสารทดสอบจะกลายเป็นสารประกอบ DPPH ที่เสถียรขึ้น ทำให้ตรวจวัดความสามารถของสารสกัดได้จากค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย $DPPH^{\bullet}$ ที่ลดลง (Bran-Williams และคณะ, 1995) เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี ABTS (Figure 1d) ที่พบว่า สารสกัดจากมะขามป้อมและชาอัสสัม มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 1,744.7 และ 841 mg/L BHT equivalent/g DW ตามลำดับ ซึ่งค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีนี้อาศัยหลักการคือ ABTS จะถูก oxidize เกิดเป็น $ABTS^{\bullet+}$ และมีสี ดังนั้นถ้ามีการเติมสาร

antioxidant ลงไปจะทำให้มีสีลดลง อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบผลการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Figure 1c และ 1d) กับปริมาณพอลีฟีนอล (Figure 1b) เห็นได้ว่าความสามารถดักจับอนุมูล DPPH และ ABTS กับปริมาณพอลีฟีนอล ในสารสกัดมีความสัมพันธ์กัน แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดขึ้นกับปริมาณพอลีฟีนอลในสารสกัดนั้นๆ อย่างไรก็ตามความสามารถให้อิเล็คตรอนของพอลีฟีนอล มิได้อยู่ภายใต้อิทธิพลของจำนวนหมู่ฟีนอลิกอย่างเดียวเท่านั้น แต่อาจขึ้นกับตำแหน่งของหมู่ hydroxyl ที่เป็นส่วนประกอบโครงสร้างดังกล่าวด้วย เนื่องจากมีรายงานว่าหมู่ *ortho*-dihydroxyl บนวงแหวนบี (B-ring) ของฟลาโวนอยด์ สามารถให้อิเล็คตรอนได้ดีกว่าหมู่ hydroxyl ที่ตำแหน่งอื่น ๆ บนโมเลกุลเดียวกัน (Morel และคณะ, 1998)

สรุปผล

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด พบว่าสารสกัดจากมะขามป้อมแห้ง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดรองลงมาคือ ชาอัสสัม ดังนั้นมะขามป้อมและชาอัสสัม จึงเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระและสารฟีนอลิกที่ดี ที่อาจนำไปพัฒนาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอางได้ต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (NRU) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

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

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., 1995, Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensm Wiss Technology, 28: 25-30.

Kim, D.O. and Lee, C.Y., 2002, Extraction and Isolation of Polyphenolics, Current Protocols in Food Analytical Chemistry, R.E. Wrolstad, New York.

Kriengsak, T., Unaro, J.B. and Kevin, C., 2006, Comparison of ABTS, DPPH, FRAP,and ORAC Assays for Estimating Antioxidant Activity from Guava Fruit Extracts, Journal of Food Composition and Analysis, 19: 669–675.

Morel, I., Cillard, P. and Cillard, J., 1998, Flavonoid-metal Interactions in Biological System, In C.A. Rice-Evans and *L. Packer* (eds.), Flavonoids in Health and Disease (3rd), New York, pp. 163-177.

Mukherjee, P.K., Rai, S., Kumar, V., Mukherjee, K., Hylands, P.J. and Hider, R.C., 2007, Plants of Indian Origin in Drug Discovery, Expert Opinion on Drug Discovery, 2: 633–657.

Nakabeppu, Y., Sakumi, K., Sakamoto, K., Tsuchimoto, D., Tsuzuki, T. and Nakatsu, Y., 2006, Mutagenesis and Carcinogenesis Caused by the Oxidation of Nucleic Acids, Journal of Biological Chemistry, 387: 373-382.

Papus, M.A., 1998, Antioxidants Status, Diet, Nutrition and Health U.S.A: CRC Press.

Singh, R.P., Chidambara, K.N. and Jayaprakasha, G.K., 2002, Studies on the Antioxidant Activity of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel and Seed Extracts Using in Vitro Model, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 81-86.

Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M.T.D., Mazur, M. and Telser, J., 2007, Free Radicals and Antioxidants in Normal Physiological Functions and Human Disease, International Journal of Biochemistry and Cell Biology, 39(1): 4484-4489.

Zhang, G.W., Ma, X.Q., Su, J.Y., Zhang, K., Kurihara, H., Yao, X.S. and Zeng, L.M., 2006, Two New Bioactive Sesquiterpenes from the Soft Coral *Sinularia sp*, Journal of Natural Products, 20: 659-664.

Zhu, Q.Y., Hackman, R.M. and Ensunsa, J.L., 2002, Antioxidative Activities of Oolong Tea, Journal Agricultural and Food Chemistry, 50: 6929-6934.

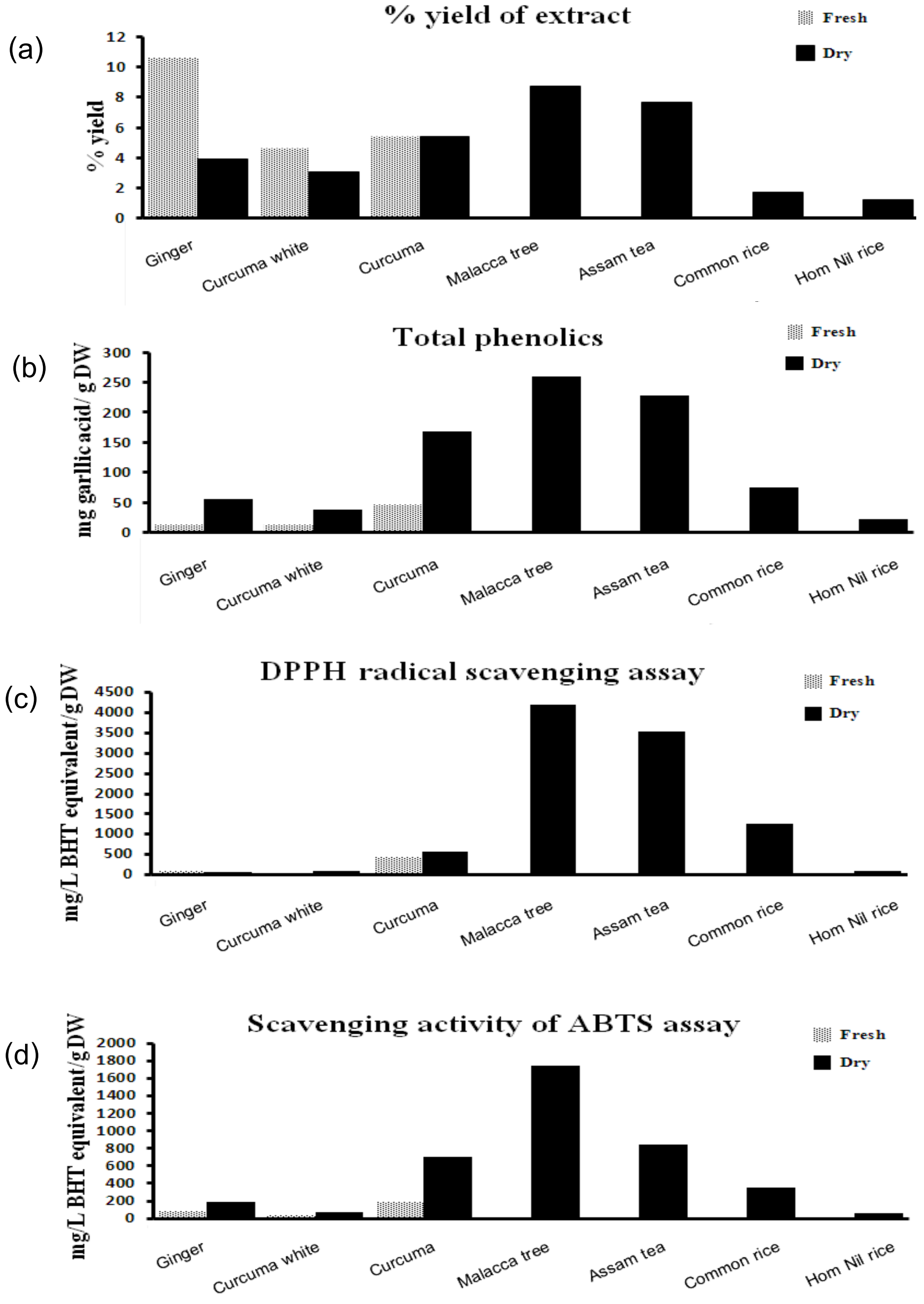


Figure 1 % yield (a), total phenolics (b), DPPH radical scavenging assay (c), Scavenging activity of ABTS assay (d) of seven plant extracts.

ผลของไคโตแซนต่อสมบัติทางกล-กายภาพและอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์มแป้ง

Effect of Chitosan on Mechanical-Physical Properties and Oxygen Transmission Rate of Starch Film

ขนิดา ญานถวิล[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

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

Abstract

The objective of this paper was to evaluate the effect of chitosan (at concentration of 0, 0.1, 0.5 and 1.0% w/v) on mechanical-physical properties and oxygen transmission rate of two edible starch films; rice starch and cassava starch. Their properties were color, thickness, tensile strength (TS), elongation (E), solubility, water vapor transmission rate (WVTR), oxygen transmission rate (OTR) and moisture. Although, lightness color and OTR of the cassava starch and rice starch film were decreased at high concentration of chitosan, thickness, TS, E, solubility, and WVTR were increased. However OTR of chitosan-cassava starch film was decreased but its value in chitosan-rice starch film was increased. The cassava starch film blended with 0.5 and 1.0% w/v chitosan resulted in the lowest OTR at 1.04x10^{-4}cm^{3}/cm^{2}/h.

Keywords: edible film, chitosan, cassava starch, rice starch

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของไคโตแซน (ความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 %w/v) ต่อสมบัติทางกล-กายภาพ และการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์มบริโภคได้จากแป้ง 2 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า ได้แก่ สีของฟิล์ม (color) ความหนา (thickness) การต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength, TS) การยืดตัว (elongation, E) การละลาย (solubility) อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate, OTR) และความชื้น (moisture) ผลการศึกษา พบว่า เมื่อความเข้มข้นของไคโตแซนเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มแป้งทั้งสองชนิดมีค่าลดลง แต่มีความหนา การต้านทานแรงดึงขาด ค่าการยืดตัว และการละลายเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมไคโตแซนลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังทำให้ฟิล์มมีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนลดลง แต่ทำให้ฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีอัตราการซึมผ่านออกซิเจนเพิ่มขึ้น โดยฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซน ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0% w/v มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุดเท่ากับ 1.04x10^{-4}cm^{3}/cm^{2}/h

คำสำคัญ: ฟิล์มบริโภคได้ ไคโตแซน แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาให้ความสนใจบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายแทนบรรจุภัณฑ์พลาสติก เช่น พอลิแอนไฮไดรด์ (polyanhydride) พอลิเอไมด์ (polyamide) พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alchohol) และพอลิแลคติค แอซิด (polylactic acid) เป็นต้น (Tharanathan, 2003) เนื่องจากพลาสติกสังเคราะห์เหล่านี้มีราคาสูงและใช้เวลาในการย่อยสลาย การเลือกใช้พอลิเมอร์ (polymer) จากธรรมชาติ เช่น แป้ง (starch) เซลลูโลส (cellulose) และไคโตแซน (chitosan) เป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อทดแทนการใช้พลาสติก (Muller และคณะ, 2007) และสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มเพื่อใช้ประโยชน์ในการเคลือบผักและผลไม้พร้อมบริโภคได้ (กนกกร, 2550) แต่การใช้วัสดุจากแป้งดังกล่าว อาจส่งผลให้ฟิล์มแตกหัก เปราะ ขาดความคงทนในการเก็บรักษา รวมทั้งฟิล์มสามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำได้ต่ำ ส่งผลต่อการใช้งานของฟิล์มแป้ง การปรับปรุงสมบัติทางกลของฟิล์ม เพื่อให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นดีขึ้น สามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำและอากาศได้ โดยเติมวัตถุเจือปนอาหาร (Coupland และคณะ, 2000) เช่น การเติมสารเติมแต่ง (additives) พลาสติไซเซอร์ (Rindlav-Westling และคณะ, 1998) การเติมโปรตีน น้ำมัน หรือคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ เช่น ไคโตแซน (chitosan) (Bangyekan และคณะ, 2006) สามารถปรับปรุงคุณภาพของฟิล์มได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา

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

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

ฟิล์มบริโภคได้ที่เติมไคโตแซนความเข้มข้นต่างๆ เพื่อให้ได้คุณสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและ/หรือแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารละลายแป้งมันสำปะหลัง และ/หรือแป้งข้าวเจ้า เข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ต้มจนแป้งสุก ให้มีลักษณะเหนียว ข้น หนืด ทิ้งไว้ให้เย็น เติมพลาสติไซเซอร์ (ซอร์บิทอล) ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ตามวิธีของ Laohakunjit และ Noomhorm (2004) ผสมไคโตแซนความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1%w/v ที่ละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% w/v ในอัตราส่วนสารละลายแป้งต่อไคโตแซน 1:1 กวนให้เข้ากัน ได้สารละลายแป้งมันสำปะหลัง และ/หรือแป้งข้าวเจ้า นำไปเทลงบนแผ่นพลาสติกชนิด polyethylene วางบน water bath ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง แล้วนำมาศึกษาสมบัติทางกลและทางกายภาพของฟิล์มแป้ง ดังนี้ สีของฟิล์ม (ค่า L) (โดยใช้ HunterLab รุ่น MiniScanEZ) ความหนา, การต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัว (ASTM, 1997 โดยใช้ Texturometer, Fisher Scientific, Pittsburg, PA) อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (โดยใช้ dish method, ASTM, 1996) อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (ASTM, 1992) การละลายตามวิธีของ Laohakunjit และ Noomhorm (2004) และความชื้น โดยใช้เครื่อง moisture analyzer

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษา (Figure 1) พบว่า การเติมไคโตแซนความเข้มข้นที่สูงขึ้นทำให้ค่า L* หรือความสว่างของฟิล์มลดลง เนื่องมาจากสีของสารละลายไคโตแซนที่มีสีเหลืองเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของไคโตแซน (Pinotti และคณะ, 2007) โดยฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซนมีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างต่ำกว่าฟิล์มแป้งข้าวเจ้าและฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน เนื่องจากฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซนมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าจึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างน้อยกว่าฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน อย่างไรก็ตามพบว่าฟิล์มแป้ง 2 ชนิดผสมไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 %w/v มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำที่สุด เนื่องจากไคโตแซนมีสมบัติในการซึมผ่านไอน้ำต่ำ (Butler และคณะ, 1996) นอกจากนี้ความหนาของฟิล์มยังมีผลต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำ โดยฟิล์มที่มีความหนามากส่งผลให้ฟิล์มมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ (Sezer และคณะ, 2007) ซึ่งในการศึกษานี้ฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีความหนามากกว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง สำหรับการต้านทานแรงดึงขาด และการยืดตัว พบว่า ฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง และฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน ความเข้มข้น 1%w/v มีการต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวสูงสุด เท่ากับ 15.63 MPa,11.58% และ 10.55 MPa, 8.29% ซึ่งการยืดตัวของฟิล์มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไคโตแซนสูงขึ้น เนื่องจากไคโตแซนมีสมบัติเป็น elastic ที่มีความยืดหยุ่นได้ดี (Pinotti และคณะ, 2007) นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมไคโตแซนลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังทำให้ฟิล์มมีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนลดลง แต่ทำให้ฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีอัตราการซึมผ่านออกซิเจนเพิ่มขึ้น โดยฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซน ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0% w/v มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุดเท่ากับ 1.04×10^{-4} $cm^3/cm^2/h$ เนื่องจากไคโตแซนมีคุณสมบัติในการต้านทานก๊าซ (Webber, 2000)

สรุปผล

จากการทดสอบสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน พบว่า ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซน มีสมบัติทางกล-กายภาพโดยรวมดีกว่าฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน ซึ่งฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตแซน ความเข้มข้น 1% w/v สามารถต้านทานการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนดีกว่าไคโตแซนความเข้มข้นอื่น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (NRU) ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

กนกกร ศรีอนันต์, 2550, การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่บริโภคได้จากแป้งผสมไคโตแซนสำหรับทุเรียนพร้อมบริโภค, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 4-37

Bangyekan, C., Aht-Ong, D. and Srikukkit, K., 2006, Preparation and Properties Evaluation of Chitosan-Coated Cassava Starch Films, Carbohydrate Polymers, 63: 61-71.

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.

Coupland, J.N., Show, 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: 25-30.

Muller, C.M.O., Yamashita, F. and Laurindo, J.B., 2007, Evaluation of the Effect of Glycerol and Sorbitol Concentration and Water Activity on the Water Barrier Properties of Cassava Starch Films Through a Solubility Approach, Carbohydrate Polymers, 72: 82-87.

Pinotti, A., Garcia, M.A., Martino, M.N. and Zaritzky, N.E., 2007, Study on Microstructure and Physical Properties of Composite Film Based on Chitosan and Methylcellulose, Food Hydrocolloids, 21: 66-72.

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: 217-224.

Sezer, A.D., Hatipoglu, F., Cevher, E., Ogurtan, Z., Bas, A.L. and Akbuga, J., 2007, Chitosan Film Containing Fucoidan as a Wound Dressing for Dermal Burn Healing: Preparation and In Vitro/In Vivo Evaluation, Journal of Pharmaceutical Science and Technology, 8(2).

Tharanathan, R.N., 2003, Biodegradable Films and Composite Coating: Past, Present and Future, Trends in Food Science and Technology, 14: 71-78.

Webber, C.J., 2000, Biobased Packaging Materials for the Food Industry: Status and Perspectives [online], Available: www.mlikvl.dk/foodchem/special/biopack/ [3/ June /12]

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: 185-192.

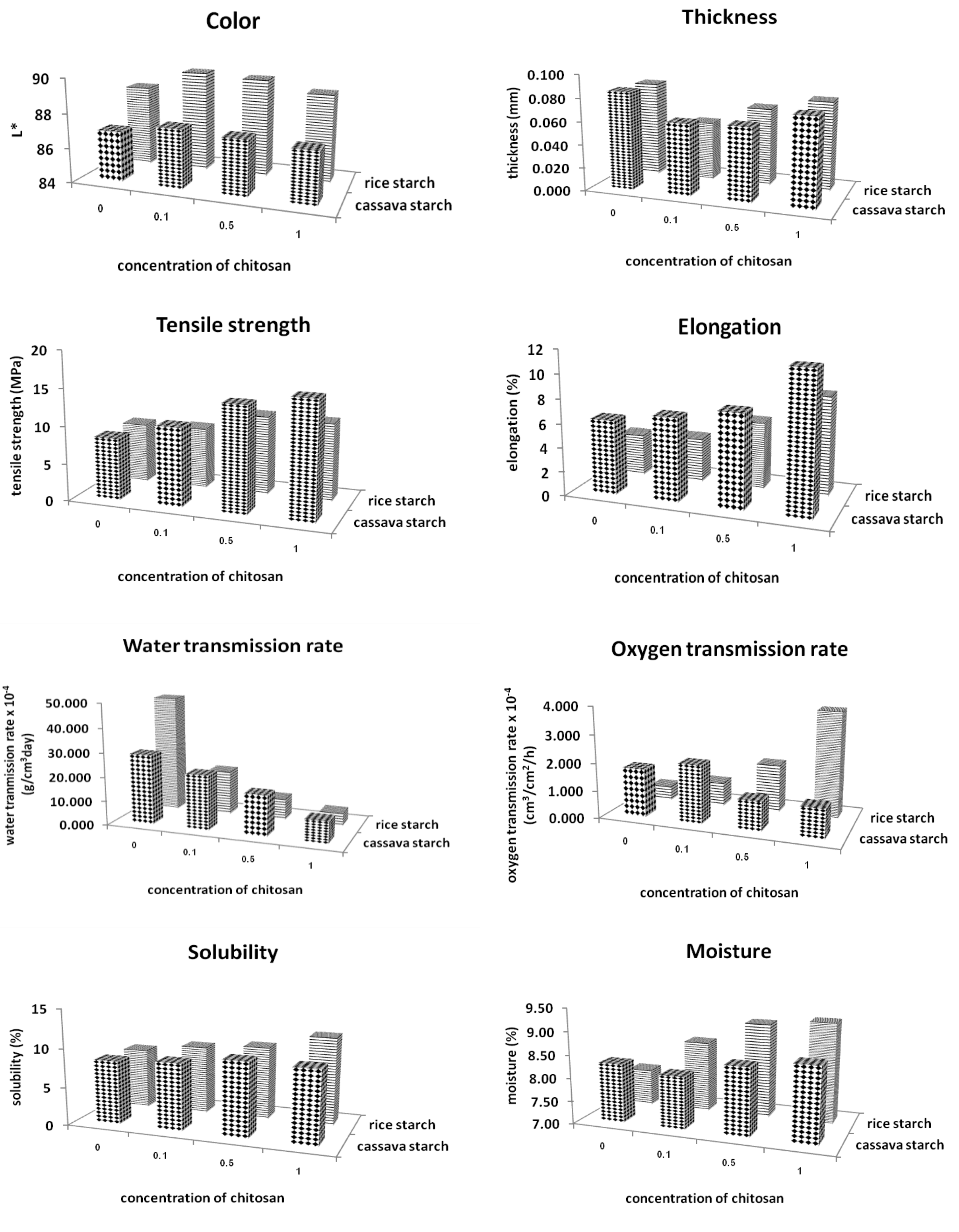


Figure 1 The physical and mechanical properties of chitosan-cassava starch and rice starch film

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 369-372 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 369-372 (2555)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโฟมแป้งมันสำปะหลังผสมโปรตีนจากพืช

Morphology of Cassava Starch Foam Blended with Plant Proteins

ณัติฐพล ไข่แสงศรี[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Kaisangsri, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

This research was aimed to study the cross section micrograph by scanning electron microscope (SEM) of cassava starch foam blended with plant proteins (zein, gluten and soy protein) at 3 concentrations; 0, 5, 10 and 15% by weight of starch. Cassava starch foam tray was produced by hot baking mold controlled temperature at 200°C for 5 min. Cross section micrograph of cassava starch foam showed sandwich type structure with dense outer surfaces containing small cells of the foam. The interior of the cassava foam consisted of large cells with thin walls. Addition zein and gluten proteins into cassava starch foam made the cassava foam compact and homogeneous structures than its control foam. When soy protein was added to cassava starch foam, the outer surface and interior cells were full of air and presented as the foamy structure. Moreover, the cross section micrograph of cassava starch foam mixed with 15% gluten protein showed a greater homogeneity than cassava starch foam with zein or soy protein or the control foam.
Keywords: scanning electron microscope, soy protein, cassava starch foam

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะทางกายภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope; SEM) ของถาดโฟมแป้งมันสำปะหลังผสมโปรตีนจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ zein, gluten และโปรตีนถั่วเหลืองความเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้ง นำมาขึ้นรูปถาดโฟมโดยใช้ hot mold bakingที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาทีผลการศึกษาภาพตัดขวางของโฟมแป้งมันสำปะหลังพบว่าขอบบนและขอบล่างของโฟมแป้งมีเซลล์โฟมขนาดเล็กและมีความหนาแน่นสูง ขณะที่ด้านในของโฟมพบเซลล์โฟมขนาดใหญ่และมีผนังบางเมื่อเติมโปรตีน zein และ gluten พบว่าเซลล์ด้านในของโฟมแป้งมีความหนาแน่นสูงกว่าโฟมแป้ง control ที่ไม่ได้ผสมโปรตีน แต่เมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองลงในโฟมแป้งมันสำปะหลัง พบว่า เซลล์ที่ผิวของโฟมและเซลล์ภายในของโฟมแป้งมีลักษณะพองตัว โดยโครงสร้างของโฟมแป้งมันสำปะหลังผสมโปรตีนที่เติมโปรตีน gluten ร้อยละ 15 ทำให้โฟมแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะที่เม็ดแป้งเป็นเนื้อเดียวกันกับโปรตีนมากกว่าโฟมแป้งที่ผสมโปรตีน zein โปรตีนถั่วเหลือง และโฟมแป้ง control ที่ไม่ได้ผสมโปรตีน
คำสำคัญ: กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โปรตีนถั่วเหลือง โฟมแป้งมันสำปะหลัง

Introduction

Currently, most of raw materials used for packaging are petroleum-based such as polyethylene and polystyrene. Disposal of used packaging products has been an ecological problem owing to their non-degradability. Interest in environmentally friendly materials has stimulated development of starch foams as replacements for expanded polystyrene foam in food packaging application.The use of starch as a biodegradable base material such as films, plates and foam traysfor disposable articles is desirable as an environmentally friendly.

Starch foam tray can be produced by baking process that includes two steps: starch gelatinization and water evaporation, which expands the mixture and form the foam dehydration until a final moisture content of 2-4% is obtained. Greatest expansions and lowest densities are generally achieved through the use of

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 94Tientalya Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

starches (Willett and Shogren, 2002). Previous studies have shown that heating starch/water mixture in closed mold can produce starch foambut foams made from starch are brittle and poor mechanical properties (Shogren *et al.*, 1998). Proteins possess multiple function properties, such as solubility, gelation, elasticity, emulsification and cohesion-adhesion. Proteins are amphoteric molecules and they can migrate spontaneously to an air-water interface or an oil-water interface (Cuq *et al.*, 1998). Once at the interface, proteins have an ability to interact with the neighboring molecules and from strong cohesive, visco-elastic foam that can withstand morphology and mechanical motions.Plant proteins also constitute an interesting source for economic biopolymers suitable for packaging (Zhao *et al.*, 2008). Previous works reported that combining starch with other biopolymers, such as proteins, resulted in the formation of biodegradable materials with improved properties and morphology of starch foam.

In this work, different plant proteins; zein, gluten and soy protein, were used as additive in starch foam to improve the properties. Therefore, the objective of this work were characterized the cross section micrograph by scanning electron microscope (SEM) of protein-cassava starch foam in order to better understand how the raw materials and additives (zein, gluten and soy protein) influence structure and properties.

Materials and Methods

Cassava starch gel and 3 proteins (zein, gluten and soy protein at 4 concentrations of 0, 5, 10 and 15% by weight of starch) were mixed with kitchenaid mixer until completely homogenous mixture. Starch/protein mixture was placed and heatedin hot baking moldat 200°C for 5 minute. Cassava starch foam was cut about 3 mm with razor blade and mounted on SEM stubs using double-sided tape. Samples were coated with thin layer of gold under vacuum for cross-section visualization. The morphology of cassava starch foam were investigated and compared with expanded polystyrene foam using scanning electron microscope (SEM) (JOEL, JSM 5410LV, Japan). The operating voltage used was 15 kV.

Results and Discussion

The cross-sections of polystyrene foam and cassava starch foam trays obtained by SEM are presented in Figure 1. The polystyrene foam had a great arrangement of air bubble whereas cassava starch foam had sandwich type structure with dense outer skins that containing small cells comprising the surface of the foam. Since the starch batter contact with the hot mold, it led to a rapid gelling and drying of the starch paste and prevented an extensive expansion (Shogren *et al.*, 1998; Salgado *et al.*, 2008). The interior of the cassava foam had large cells with thin walls due to amount of water venting outside the mold and consequent cell rupture (Shogren *et al.*, 1998).

Zein protein, gluten protein and soy protein were added to cassava starch foam which their micrographswere shown in Figure 2. Addition zein and gluten proteins into cassava starch foam gave homogeneous structures but not in soy protein cassava starch foam. Cassava starch foam with zein protein had more dense outer skins and interior skins of the foam than the control cassava starch foam. When zein protein was added at high amount, expansion properties were decreased. Similarly, addition gluten protein gave more dense outer skins but the interior of the foam has large cells with thin walls. This could be attributed that foam forming gave the formation of starch-protein matrix which traps gas cells (Pyler and Gorton, 2009). The micrograph of cross section of cassava starch foam mixed with 15% gluten protein showed a greater homogeneity than cassava starch foam without gluten protein (Figure 2f). Moreover, addition soy protein into cassava starch foam presented not homogeneous, this might be attributed to a protein-rich phase (Song *et al.*, 2011). When soy protein concentration was increased to 15%, the outer skin presented a foamy aspect and

the interior had smoother appearance (Figure 2i). An increase in protein concentration probably led to an interference of proteins with the establishment of a starch network. It is known that protein–polysaccharide systems are characterized by limited compatibility between their components, occasionally resulting in phase separation (Salgado *et al.*, 2008).

Summary

In this study, gluten protein cassava starch foammicrographs improved morphology properties of the foam. The cross section micrograph of cassava starch foam mixed with 15% gluten protein showed a great homogeneity and a well arrangement of air bubble.

Acknowledgments

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

Literature cited

Cuq, B., Gontard, N. and Guilbert, S., 1998, Proteins as Agricultural Polymers for Packaging Production, Cereal Chemistry, 75: 1–9.

Pyler, E.J. and Gorton, L.A., 2009, Baking Science and Technology, Sosland Publishing, Kansas City, Missouri, 614 p.

Salgado, P.R., Schmidt, V.C., Ortiz, S.E.M., Mauri, A.N. and Laurindo, J.B., 2008, Biodegradable Foams Based on Cassava Starch, Sunflower Proteins and Cellulose Fibers Obtained by a Baking Process, Journal of Food Engineering, 85(3): 435-443.

Shogren, R.L., Lawton, J.W., Doane, W.M. and Tiefenbacher, K.F., 1998, Structure and Morphology of Baked Starch Foams, Polymer, 39(25): 6649-6655.

Song, F., Tang, D.L., Wang, X.L. and Wang, Y.Z., 2011, Biodegradable Soy Protein Isolate-Based Material: A Review Biomacromolecules, 12: 3369-3380.

Willett, J.L. and Shogren, R.L., 2002, Processing and Properties of Extruded Starch/polymer Foams, Polymer, 43(22): 5935-5947.

Zhao, R., Torley, P. and Halley, P.J., 2008, Emerging Biodegradable Materials: Starch and Protein-based Bio-nanocomposites, Journal of Materials Science, 43: 3058-3071.

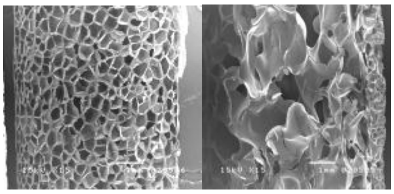


Figure 1 Scanning electron micrographs of cross-sections of the trays: (a) polystyrene foam and (b) cassava starch foam

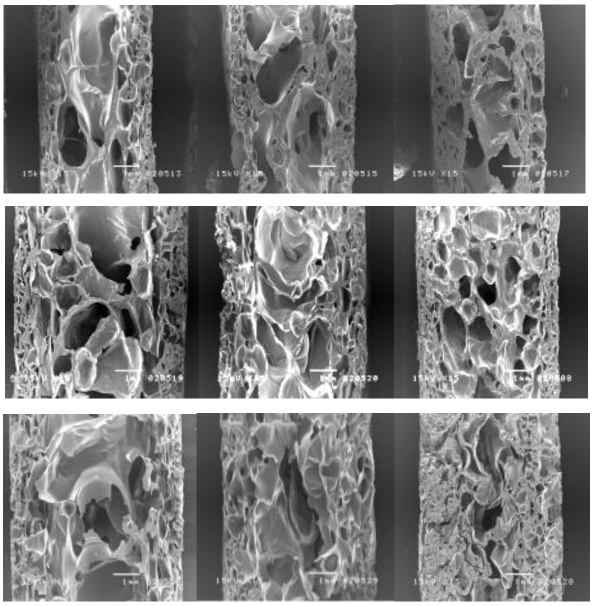


Figure 2 Scanning electron micrographs of cross-sections of the cassava starch foam trays with: (a) 5%, (b) 10%, (c) 15% zein protein, (d) 5%, (e) 10%, (f) 15% gluten protein, (g) 5%, (h) 10% and (i) 15% soy protein

บรรจุภัณฑ์โฟมย่อยสลายได้ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังผสมพอลิเมอร์ธรรมชาติ

Biodegradable Foam Packaging Made from Cassava Starch Blended with Natural Biopolymer

ณัติฐพล ไข่แสงศรี[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Kaisangsri, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Biodegradable foam packaging from cassava starch blended with four biopolymers (gluten protein, fiber, palm oil, and rubber latex) was made by baking in hot mold. The physical properties of cassava starch foams; thickness, density and morphology characteristics, were investigated. Results showed that the densitiesof cassava foams blended with biopolymers were increasedfrom 0.2 to 0.5 g/cm^3. However, the thickness of cassava starch foam blended with biopolymer was less than the control cassava starch foam. For cross section micrographs of cassava starch foams blended with biopolymers, foam cells were compacted than the control and their sizes were reduced. The foam made from cassava starch formulated with 15% palm oil showed the greatest density, corresponding with the greater compact and dense microstructure of its cross section micrographs.

Keywords: gluten protein, latex, fiber, palm oil, cassava starch foam

บทคัดย่อ

บรรจุภัณฑ์โฟมย่อยสลายได้ในธรรมชาติจากแป้งมันสำปะหลังผสมพอลิเมอร์ธรรมชาติได้แก่ โปรตีนกลูเตน ไฟเบอร์ น้ำมันปาล์ม และน้ำยาง นำมาขึ้นรูปโฟมโดยใช้แม่พิมพ์ร้อน และศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนา ความหนาแน่น และลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่า ความหนาแน่นของโฟมแป้งเพิ่มขึ้นเมื่อเติมพอลิเมอร์ธรรมชาติ โดยมีค่าความหนาแน่นเพิ่ม จาก 0.2 เป็น 0.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ในขณะที่ความหนาของโฟมแป้งที่ผสมพอลิเมอร์ธรรมชาติลดลงมากกว่าโฟม control สำหรับภาพตัดขวางของโฟมแป้งมันสำปะหลังผสมพอลิเมอร์ธรรมชาติ แสดงลักษณะของความแน่นของเซลล์โฟม และเซลล์โฟมขนาดเล็กลง โดยส่วนผสมของโฟมแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำมันปาล์มร้อยละ 15 ทำให้โฟมแป้งมีค่าความหนาแน่นมากที่สุดเช่นเดียวกันกับภาพตัดขวางที่พบว่ามีลักษณะที่อัดแน่นและหนาแน่นมากขึ้น

คำสำคัญ: โปรตีนกลูเตน น้ำยาง ไฟเบอร์ น้ำมันปาล์ม โฟมแป้งมันสำปะหลัง

Introduction

The development of biodegradable foam packaging based on starch has attracted an increasing amount of attention. However, material produced from starch results in the foam weakness including poor physical properties such as high density. Starch has been used to produce starch-based foam because of low cost, low density, non-toxic, renewability and biodegradable (Yew *et al*., 2005). Other studies have shown that it was possible to obtain starch foam tray by thermopressing or baking in a hot mold. Shogren *et al*. (2002) has reported that shaped starch foams could be produced by baking starch/water batters in heated closed mold. However foams made from starch are brittle and sensitive to water and require further treatments or ingredients to improve their strength, flexibility, and water resistance for such applications as plates and clamshells (Shogren *et al*., 2002). To overcome these weaknesses, association of starch foam with other biopolymers is a strategy to obtain low cost and compostable material.

Proteins possess multiple function properties, such as solubility, gelation, elasticity, emulsification and cohesion-adhesion. Proteins are amphoteric molecules and they can migrate spontaneously to an air-water interface or an oil-water interface (Cuq *et al*., 1998). The addition of proteins to trays made of starch led to

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

reduction in water absorption without affecting mechanical properties (Salgado *et al*., 2008).Fiber have been cited, reviewed and studied in various applications of foam trays because they have excellent specific properties, such as high strength, low weight and good barrier properties (Vercelheze *et al*., 2012). Mali *et al*. (2010) reported that fiber addition at low levels improved the water resistance, but at high levels resulted in denser and more colored foams.Palm oil is hydrophobic material that could be improved water resistance. Oil has been used to produce edible packaging. Olive oil was effective in reducing the solubility in the water of edible films (Shogren *et al*., 2002). Natural rubber latex is comprised mainly of cis-1,4-polyisoprene (Nakason *et al*., 2005), when the latex cures or dries, an elastic and hydrophobic material is produced. However, before the latex is cured, it is in an aqueous emulsion, which allows the rubber to be evenly distributed throughout the batter in the production of starch foam (Shey *et al*., 2006).

One option for the replacement of petroleum-based and synthetic polymers is natural polymer such as native starch, protein. Thus, the objective of this study is to monitor the physical properties of cassava starch foam; thickness, density and morphologyof biodegradable foam packaging produced from cassava starch blend with four biopolymers (gluten protein, fiber, palm oil, and rubber latex) by hot mold baking.

Materials and Methods

Cassava starch gel was mixed with additive agents (gluten protein, fiber, palm oil and latex) at 4 concentrations of 0, 5, 10 and 15%by weight of starch. Starch solution mixed with additive agents was heated in hot baking mold, controlled temperature at 200°C for 5 minute. The properties of foam were investigated including, color appearance, morphology by scanning electron microscope (SEM), thickness by vernier caliper and density by sand volumetric displacement method (Cinelli *et al*., 2006).

Results and Discussion

Color of cassava starch foam mixed with protein was darker with increasing concentration of protein. Moreover, color of cassava starch foams mixed with gluten protein were light brown due to the original color of the tested protein and during baking process (Figure 1a). Color of 15% fiber foam was darker than 5%fiber foam. However, color of cassava starch foam mixed with fiber was more yellowness when fiber content was increased. Palm oil blended with cassava starch foam resulted in cracking foam. Moreover, 15% palm oil cannot form foam because of palm oil was not inserted and did not make the homogenous mixture of cassava starch batter.The appearance of cassava starch foam blended with latex was bright white when increasing concentration of latex because of the original color of the latex. Adding of latex into cassava starch foam resulted in breakable foam.

The cross-section of cassava starch foam was shown in Figure 1. Starch foam had sandwich type structure with dense outer skins that containing small cells. Since the starch batter contacted with the hot mold, it led to a rapid gelling and drying of starch batter and prevented an extensive expansion.The interior of the cassava foam had large cells with thin walls due to amount of water venting outside the mold and consequent cell rupture (Cinelli *et al*., 2006). When gluten protein concentration increasing, expansion was decreased and had more dense outer skins but the interior of the foam has small cells. This could be attributed that foam formed starch-protein matrix and could trap air cells. SEM of cassava starch foam blend with fiber was displayed in Figure 2. Fiber was trapped in gelatinized starch, and became a part of the cell wall of starch foam. Cassava starch foam with higher fiber content presented, irregular structures and small air bubble. Adding 15% fiber was observed that, outer skin of starch foam had fiber accumulated, resulting in decreasing expandable. Adding palm oil into cassava starch foam resulted inthe un-uniform structure foam tray and its structure seemed to the lack of a starch network. Starch foam with latex was presented in Figure 2. Latex affect on un-compatibility with starch resulting in cracking of starch foam. In contract, latex can be added to the batter of baked starch foams to increase their flexibility and moisture resistance (Shey *et al*., 2006).

The thickness of the foams ranged from 4.10 to 5.81 mm (Table 1). When the gluten protein, fiber, palm oil and latex were increased in concentration, thickness was slightly decreased. Results were according with data obtained for SEM resulting in decreasing in density. Density of cassava starch/gluten protein foam ranged from 0.29 to 0.34 g/cm^3.Foam trays containing the greater content of protein were high density which was higher than polystyrene foam (0.05–0.09 g/cm^3) (Shey *et al*., 2006). Results were in agreement with data obtained for SEM, which reported that an increase in protein addition could decrease the expansion properties. It probably due to the high protein content increased viscosity and resistance to expansion resulted in difficult to swelling during foam forming thus the density was high than (Salgado *et al*., 2008). Fiber was added into cassava starch foam at concentration of 5, 10 and 15%. It was found that the greatest amount of fiber increased the density of foam similar with data that obtained from SEM. Density of cassava starch foam mixed with fiber ranged from 0.23 to 0.36 g/cm^3. Starch foam mixed with high content of fiber might attribute to an increase in viscosity of foam batter, which cause a less expandable material, a smaller air cell size, a thicker cell wall and led to increased density (Mali *et al*., 2010). Palm oil was added into starch foam which increasing palm oil content gave greater density of the foam (Table 1). Density of starch foam mixed with palm oil ranged from 0.57-0.72 g/cm^3. The highest density was from cassava starch foam mixed with palm oil 10% w/w of starch (0.72 g/cm^3). Foam mixed with palm oil resisted to expansion of starch foam. This is led to less volume of cassava starch foam, thus density of the foam were high. Density of starch-latex ranged from 0.33 to 0.41 g/cm^3. The foam density increased with increasing latex content in the batter. It might be due to the coagulation of latex (Shey *et al*., 2006).

Summary

Cassava starch blended with fiber and gluten protein produced well shaped biodegradable foam trays. The addition of gluten protein, fiber, palm oil and latex increased the density of starch foam. The cassava starch foam formulated with 15% palm oil showed the greatest density, corresponding with the greater compact and dense microstructure of its cross section micrographs. Results reported in this work showed that these materials represent an alternative material to produce the composites foam and replace expanded polystyrene trays.

Acknowledgments

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

Literature cited

Cinelli, P., Chiellini, E., Lawton, J.W. and Imam, S.H., 2006, Foamed Articles Based on Potato Starch, Corn Fibers and Polyvinyl Alcohol, Polymer Degradation and Stability, 91(5): 1147-1155.

Cuq, B., Gontard, N. and Guilbert, S., 1998, Proteins as agricultural polymers for packaging production, Cereal Chem. 75: 1–9.

Mali, S., Debiagi, F., Grossmann, M.V.E. and Yamashita, F., 2010, Starch, Sugarcane Bagasse Fibre, and Polyvinyl Alcohol Effects on Extruded Foam Properties: A Mixture Design Approach, Industrial Crops and Products, 32(3): 353-359.

Nakason, C., Kaesaman, A. and Eardrod, K., 2005, Cure and Mechanical Properties of Natural Rubber-g-Poly(Methyl Methacrylate)–Cassava Starch Compounds, Materials Letters, 59: 4020–4025.

Salgado, P.R., Schmidt, V.C., Ortiz, S.E.M., Mauri, A.N. and Laurindo, J.B., 2008, 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: 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.

Vercelheze, A.E.S., Fakhouri, F.M., Antônia, L.H.D., Urbano, A., Youssef, E.Y.Y., Yamashita, F. and Mali, S., 2012, Properties of Baked Foams Based on Cassava Starch, Sugarcane Bagasse Fibers and Montmorillonite, Carbohydrate Polymers, 87: 1302-1310.

Yew, G.H., Mohd, Y.A.M., Mohd, I.Z.A. and Ishiaku, U.S., 2005, Water Absorption and Enzymatic Degradation of Poly(lactic acid)/Rice Starch Composites, Polymer Degradation and Stability, 90(3): 488-500.

Table 1 Effect of cassava starch foam mixed with gluten protein, fiber, palm oil and latex at 3 concentration; 5, 10 and 15 % (w/w of starch) on thickness and density.

	thickness (mm)			density (g/cm^3)		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
CS foam + gluten	5.80 ± 0.17	5.77 ± 0.18	5.75 ± 0.19	0.29 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.34 ± 0.01
CS foam + fiber	5.42 ± 0.15	4.38 ± 0.08	4.10 ± 0.15	0.23 ± 0.01	0.31 ± 0.02	0.36 ±0.01
CS foam + palm oil	4.75 ± 0.23	4.15 ± 0.15	nd	0.57 ± 0.02	0.72 ± 0.03	nd
CS foam + latex	4.81 ± 0.32	4.75 ± 0.29	4.62 ± 0.18	0.33 ± 0.03	0.37 ± 0.02	0.41 ± 0.02

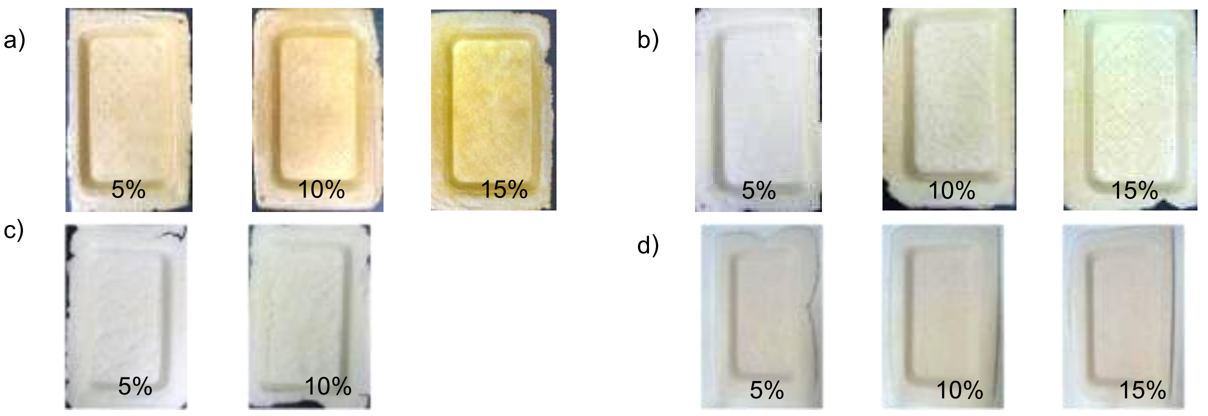


Figure 1 Appearance of cassava starch foam mixed with a) gluten protein, b) fiber, c) palm oil, d) latex at 5, 10 and 15 % w/w of starch

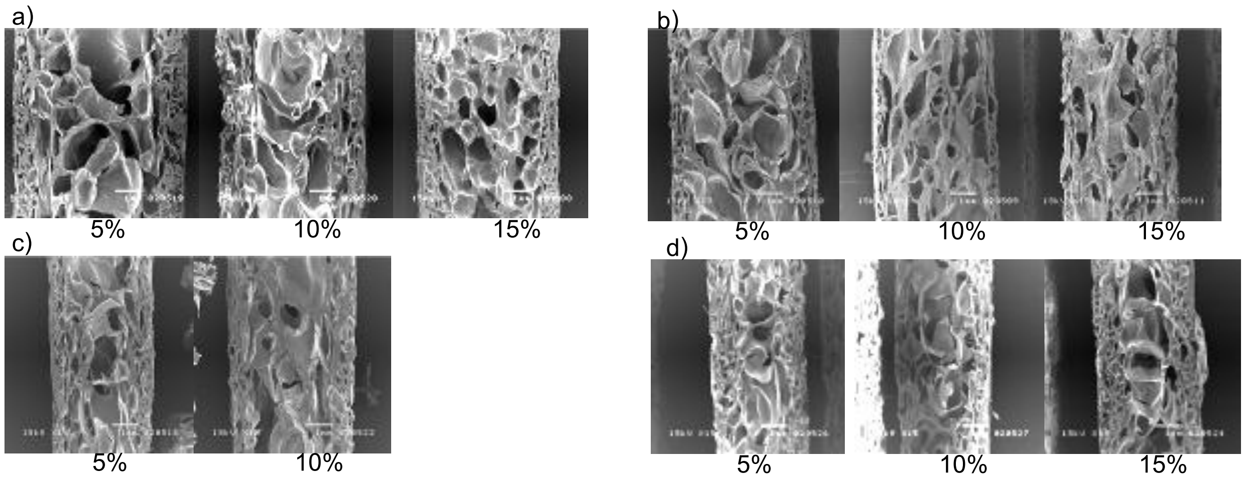


Figure 2 Scanning electron micrographs of cross-sections of the cassava starch foam trays with: (a) 5%, (b) 10%, (c) 15% natural latex

ผลของเวลาในการโซนิเคทต่อปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญของสารสกัดจากพุทราพันธุ์ซื่อมี่ (*Ziziphus jujuba* cv. *Zimi*)

Effect of Sonication Time on Bioactive Compounds Content in Jujube (*Ziziphus jujuba* cv. *Zimi*) Extract

วารินทร์ สารเขื่อนแก้ว[1] ธีรพงษ์ เทพกรณ์[1] และ นิรมล ปัญญ์บุศยกุล[1]

Sarnkhuankeaw, W.[1], Theppakorn, T.[1] and Punbusayakul, N.[1]

Abstract

This work is aimed to investigate the effect of sonication time on the bioactive compounds in the extract from jujube (*Ziziphus jujuba* cv. *Zimi*) grown in Chiang Rai Province. The edible part of the jujube was subjected to the extraction by blending with 95 % ethanol for 5 min and sonicating with various time durations (0, 5, 10, 15, 30, 45 and 60 min). The bioactive compounds, including total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC) and vitamin C content, were determined compared to the extract obtained from direct pressing method. The results showed that the sonication significantly affected the bioactive compounds content in the extracts. The TPC and TFC obviously increased, whereas the vitamin C content significantly decreased after the blending ($P<0.05$). In addition, both TPC and TFC in the extracts significantly increased with sonication ($P<0.05$), while vitamin C content in the extract was not affected by sonication. There is no significant difference in TPC in the extracts using different sonication time. Therefore, sonication affected to bioactive compounds extraction from jujube.

Keywords: bioactive compounds, jujube, sonication time

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของเวลาในการโซนิเคท (sonication) ต่อปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในพุทราพันธุ์ซื่อมี่ ที่ปลูกในเขตจังหวัดเชียงราย โดยนำส่วนที่กินได้ของพุทราไปผ่านการสกัดโดยการปั่นกับตัวทำละลาย คือ เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที จึงนำไปโซนิเคทเป็นเวลา 0, 5, 10, 15, 30, 45 และ 60 นาที และนำ สารสกัดที่ได้ไป วัดปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และปริมาณวิตามินซี โดยเปรียบเทียบกับน้ำคั้นจากพุทรา จากผลการทดลองพบว่าการใช้การโซนิเคทมีผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในสารสกัด โดยพบว่าการปั่นส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าการโซนิเคททำให้ปริมาณสารสำคัญ คือปริมาณฟีนอลิกและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในสารสกัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในขณะที่ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซีในสารสกัด โดยพบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณวิตามินซีไม่มีต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้เวลาในการโซนิเคทต่างกัน ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเวลาในการโซนิเคทเป็น 10 นาที และมีปริมาณคงที่เมื่อเวลาในการโซนิเคท เป็น 10-45 นาที จึงมีปริมาณลดลงเมื่อเวลาในการโซนิเคท เป็น 60 นาที ดังนั้นเวลาในการโซนิเคทที่ 10 นาที จึงเป็นเวลาที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารสำคัญในพุทรา ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยในสาขาที่เกี่ยวข้องต่อไป

คำสำคัญ: ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ พุทรา เวลาในการโซนิเคท

คำนำ

พุทรา (*Ziziphus jujube*) อยู่ในวงศ์ Rhamnaceae (Li และคณะ, 2007) มีการนำพุทราพันธุ์ซื่อมี่ เข้ามาปลูกที่ประเทศไทยประมาณ 8 ปีมาแล้ว (ทวีศักดิ์, 2552) โดยพื้นที่ปลูกพุทราพันธุ์ดังกล่าวส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย และปลูกมากที่สุดในจังหวัดเชียงราย โดยให้ผลผลิต 240 ตัน/ปี (สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย, 2555) มี

[1] สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง 333 หมู่ 1 ต.ท่าสุด อ.เมือง จ. เชียงราย 57100

[1] School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University Muang, Chiang Rai 57100

รายงานว่าพุทราสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ ได้หลายโรค เช่น โรคคอเลสเตอรอลในหลอดเลือด โรคความดันโลหิตสูง โรคตับ โรคเส้นเลือดแข็งตัว โรคเส้นเลือดหัวใจตีบตัน และสามารถป้องกันโรคเส้นเลือดในสมองแตกได้ (Koley และคณะ, 2011; Williams และคณะ, 2006) ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารออกฤทธิ์สำคัญที่เป็นองค์ประกอบในพุทราซึ่งมีรายงานว่ามีปริมาณสูงกว่าในผลไม้หลายชนิด สารออกฤทธิ์สำคัญหลักๆ ในพุทรา ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก รูทิน เควอซิทิน คาเทชิน ฟลาโวนอยด์ และวิตามินซี เป็นต้น (San และ Yildirim, 2010; Zhang และคณะ, 2010) อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารออกฤทธิ์-สำคัญ และฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของสารสกัดพุทรา จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่นเดียวกับพืชและผลไม้ชนิดอื่นๆ ได้แก่ พื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ สายพันธุ์ วิธีการสกัด และตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด เป็นต้น (Ohta และ Kimura, 2007; Sun และคณะ, 2011) นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าการใช้การโซนิเคท (sonication) ด้วยคลื่นความถี่สูงจะทำให้สามารถสกัดได้ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ปริมาณและฤทธิ์ของสารสำคัญดังกล่าวจะแตกต่างกันเมื่อระยะเวลาในการโซนิเคทต่างกัน (Wang และคณะ, 2011; Annegowda และคณะ, 2010; Bhat และคณะ, 2011) งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของเวลาในการโซนิเคท ต่อปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญของสารสกัดจากพุทราพันธุ์ซื่อมี่ ที่ปลูกในจังหวัดเชียงราย

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างพุทรา “พันธุ์ซื่อมี่” ได้รับความอนุเคราะห์จากไร่บุญรอด ตำบล แม่กรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย โดยใช้ผลพุทราขนาดเล็ก ระดับรองจากเกรด C หรือทางไร่บุญรอดเรียกว่า “มุก” เปลือกมีสีเขียว หรือสีเหลืองบ้างเล็กน้อย มีผลสมบูรณ์ ปราศจากบาดแผล ตำหนิจากโรคและแมลง

การเตรียมสารสกัด ทำได้โดยใช้พุทราต่อตัวทำละลาย (เอทานอล 75 เปอร์เซ็นต์) ในอัตราส่วน 1:1 นำไปปั่นเป็นเวลา 5 นาที จึงนำไปโซนิเคทด้วยคลื่นความถี่สูง (Bandelin Sonorex Digitec, DT 255H, Germany, frequenz: 35 kHz) ที่เวลาต่างๆ กัน คือ 0, 5, 10, 15, 30, 45 และ 60 นาที จากนั้นจึงกรองด้วยกระดาษกรองวัทแมน เบอร์ 4 โดยบันทึกปริมาณสารสกัดที่ได้ และเก็บสารสกัดไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกระทั่งทำการวิเคราะห์ จึงนำไปวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content; TPC) ในรูปของกรดแกลลิก (gallic acid equivalent; GAE) โดยวิธี Folin-ciocalteu (Singleton และ Rosi, 1965) และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในรูปของเควอซิทิน (quercetin equivalent; QE) โดยวิธี Aluminum chloride colorimetric (Zhishen และคณะ, 1999) และปริมาณวิตามินซีโดยวิธีไตเตรต (AOAC, 2000) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญของน้ำพุทราคั้น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Figure 1 แสดงปริมาณ TPC, TFC และวิตามินซีในสารสกัดของพุทรา จากการทดลองพบว่าการปั่นร่วมกับการโซนิเคท สามารถเพิ่มปริมาณ TPC และ TFC ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยสารสกัดที่ได้จากการปั่น และการปั่นร่วมกับโซนิเคทส่งผลให้วิตามินซีลดลงประมาณ 10 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Adekunte และคณะ (2010) ทั้งนี้เนื่องจากวิตามินซีทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอนุมูลอิสระที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการโซนิเคท (Hart และ Henglein, 1985) ในขณะที่การปั่นตัวอย่างเพียงอย่างเดียวโดยไม่โซนิเคท ทำให้ปริมาณ TPC และ TFC เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Bhat และคณะ (2011) ทั้งนี้เนื่องจากการปั่นจะช่วยในการทำลายผนังเซลล์ และทำให้สารภายในเซลล์ออกมาจากเซลล์ และตัวทำละลายยังสามารถเข้าไปในเซลล์ได้และสกัดสารสำคัญออกมาจากเซลล์ได้มากขึ้น โดยพบว่าค่า TPC ในสารสกัดจากพุทราอยู่ในช่วง 1422-1599 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม และปริมาณ TFC อยู่ในช่วง 208-256 มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิทินต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วง 20.32 – 25.21 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม หลังจากการโซนิเคท

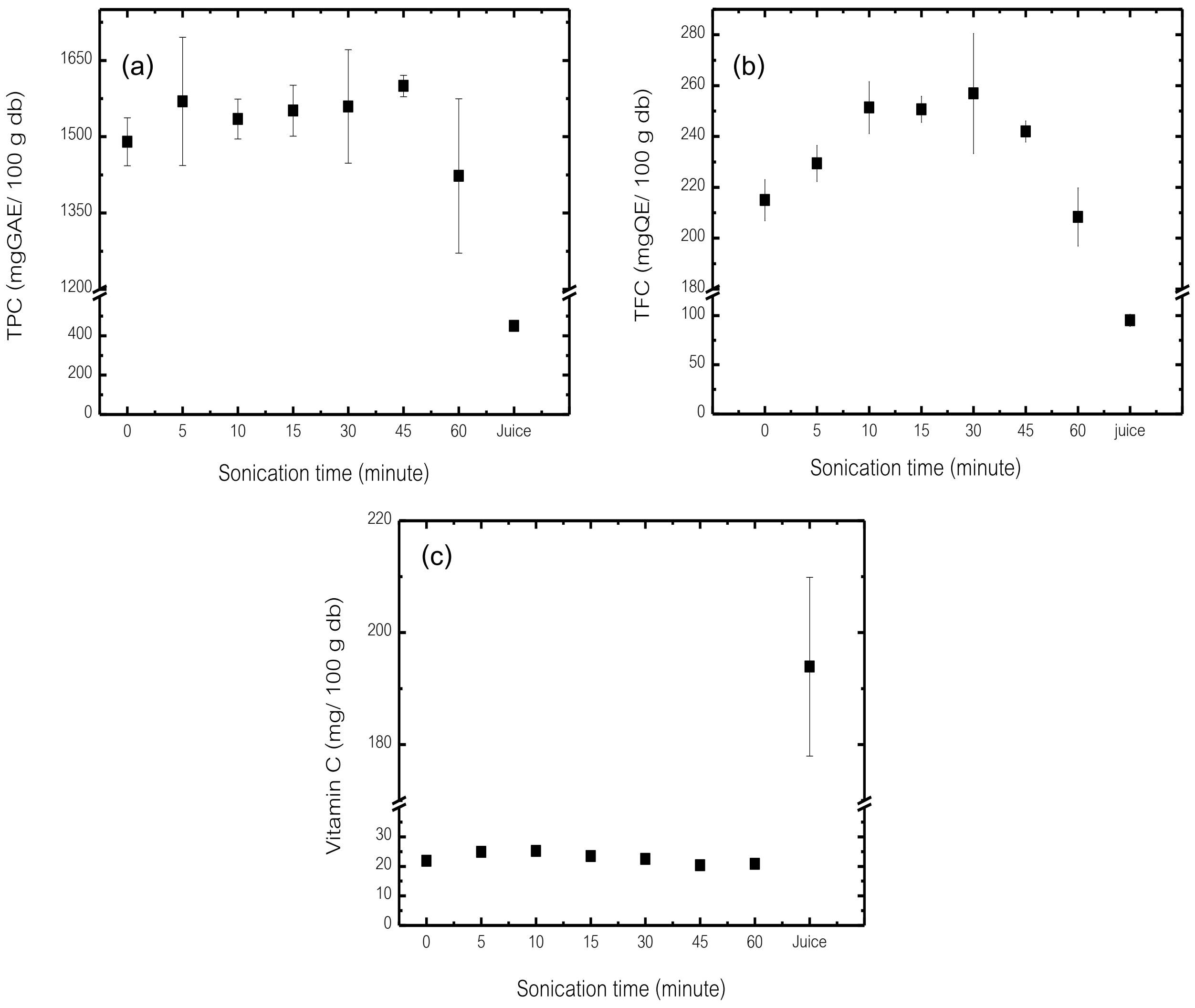


Figure 1 (a) Total phenolic content (b) Total flavonoid content (c) and Vitamin C content in the jujube extracts obtained from different sonication time

นอกจากนี้ยังพบว่าการโซนิเคทมีผลทำให้ปริมาณสารสำคัญ คือ ปริมาณ TPC และ TFC ในสารสกัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารดังกล่าวในสารสกัดที่ได้จากการปั่นอย่างเดียว (โซนิเคท 0 นาที) แต่ปริมาณวิตามินซีได้จากการปั่นร่วมกับการโซนิเคทไม่แตกต่างจากปริมาณวิตามินซีในสารสกัดที่ได้จากการปั่นอย่างเดียว โดยพบว่าการโซนิเคททำให้ TPC เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ TPC ในสารสกัดที่ได้จากการปั่นอย่างเดียว ขณะที่การโซนิเคทที่เวลาต่างๆ กันไม่มีผลต่อปริมาณ TPC ที่ได้ ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการปั่นไปทำลายผนังเซลล์ของพืชทำให้สามารถสกัดสารออกมาได้มากขึ้น นอกจากนี้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการโซนิเคทสามารถทำให้ปริมาณ TPC เพิ่มขึ้น รวมทั้งไปเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Ashokkumar, 2008) ในขณะที่ TFC ของสารสกัดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการโซนิเคทไปถึง 10 นาที และมีค่าคงที่จนเวลาในการโซนิเคทเป็น 45 นาที ทั้งนี้อาจเนื่องจากการโซนิเคทไปทำให้ผนังเซลล์แตก ซึ่งการแตกของผนังเซลล์ทำให้ปริมาณ TFC เพิ่มขึ้นในช่วงแรก แต่ TFC มีปริมาณลดลงเมื่อเวลาในการโซนิเคท เป็น 60 นาที เนื่องจากการสลายตัวของสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่อาจเกิดขึ้นได้เมื่อโซนิเคทเป็นระยะเวลานานๆ

สรุปผล

จากการทดลองจึงสามารถสรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างสารสกัดพุทรา คือ การปั่นตัวอย่าง 5 นาที ร่วมกับการโซนิเคทเป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ได้ปริมาณ TPC TFC และวิตามินซี ในปริมาณที่ยอมรับได้ สำหรับการนำไปใช้ในทดลองขั้นต่อไป

คำขอบคุณ

ทางผู้วิจัย ขอขอบคุณ ไร่บุญรอด ต.แม่กรณ์ อ.เมือง จ.เชียงราย ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างพุทรา และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ที่ให้ความสนับสนุนการด้านค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

ทวีศักดิ์ ชัยเรืองรอง, 2552, การปลูกพุทราไต้หวันในประเทศไทย, วารสารเส้นทางกสิกรรม, 169: 7-8.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย, สถิติการปลูกไม้ผลไม้ยืนต้น ปี 2552 [สืบค้น], http://www.chiangrai.doae.go.th [8/January /12].

Adekunte, A.O., Tiwari, B.K., Cullen, P.J., Scannell, A.G.M. and O'Donnell, C.P., 2010, Effect of Sonication on Color, Ascorbic Acid and Yeast Inactivation in Tomato Juice, Food Chemistry, 122: 500–507.

Annegowda, H.V., Anwar, L.N., Mordi, M.N., Ramanathan, S. and Mansor, S.M., 2010, Influence of Sonication on the Phenolic Content and Antioxidant Activity of *Terminalia catappa* L. Leaves, Pharmacognosy Research, 2: 368-73

AOAC., 2000, Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Ashokkumar, M., Sunartio, D., Kentish, S., Mawson, R., Simons, L., Vilkhu, K. and Versteeg, C., 2008, Modification of Food Ingredients by Ultrasound to Improve Functionality: a Preliminary Study on a Model System, Innovative Food Science Emerging Technology, 9: 155–160.

Bhat, R., Kamaruddin, N., Tze, L.M. and Karim, A.A., 2011, Sonication Improves Kasturi Lime (*Citrus microcarpa*) Juice Quality, Ultrasonics Sonochemistry, 18: 1295–1300.

Hart, E.J. and Henglein, A., 1985, Free Radical and Free Atom Reactions in the Sonolysis of Aqueous Iodide and Formate Solutions, Journal of Physical Chemistry, 89: 4342–4347.

Koley, T.K., Kaur, C., Nagal, S., Walia, S., Jaggi, S. and Sarika, 2011, Antioxidant Activity and Phenolic Content in Genotypes of Indian Jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk.), Arabian Journal of Chemistry, Article in Press.

Li, J.W., Fan, L.P., Ding, S.D. and Ding, X.L., 2007, Nutritional Composition of Five Cultivars of Chinese Jujube, Food Chemistry, 103: 454–460.

Ohta, S. and Kimura, A., 2007, Impacts of Climate Changes on the Temperature of Paddy Waters and Suitable Land for Rice Cultivation in Japan, Agricultural and Forest Meteorology, 147: 186–198

San, B. and Yildirim, A.N., 2010, Phenolic, Alpha-tocopherol, Beta-carotene and Fatty Acid Composition of Four Promising Jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) Selections, Journal of Food Composition and Analysis, 23: 706-710.

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

Sun, Y.F., Liang, Z.S., Shan, C.J, Viernstein, H. and Unger, F., 2011, Comprehensive Evaluation of Natural Antioxidants and Antioxidant Potentials in *Ziziphus jujuba* Mill. var. spinosa (Bunge) Hu ex H.F. Chou Fruits Based on Geographical Origin by TOPSIS method, Food Chemistry, 124: 1612-1619.

Wang, Q., Liu, H., Du, J., Cui, J., Chen, G. and Liu, Y., 2011, Optimization of Ultrasound-assisted Extraction Conditions Using Orthogonal Matrix Design to Enhance the Antimicrobial Activity of Extracts from *Cichorium intybus* Root, African Journal of Microbiology Research, 5(16): 2353-2358.

Williams, J.T., Smith, R.W., Haq, N. and Dunsiger, Z., 2006, Ber and Other Jujubes, International Centre for Underutilised Crops, Southampton, UK, 289p.

Zhang, H., Jiang, L., Ye, S., Ye, Y. and Ren, F., 2010, Systematic Evaluation of Antioxidant Capacities of the Ethanolic Extract of Different Tissues of Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) from China, Food and Chemical Toxicology, 48: 1461-1465.

Zhishen, J., Mengcheng, T. and Jianming, W., 1999, The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and Their Scavenging Effects on Superoxide Radicals, Food Chemistry, 64: 555-559.

ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืช 3 ชนิด

Antioxidant Capacity and Total Phenolics of 3 Plant Extracts

จรัสรัตน์ ปานโคก[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Pancoke, J.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

This research aimed to compare the antioxidant activity and total phenolic contents of three plants extracts, retrieved from fresh and dried materials of cucumber, tiger herbal and young ginger by methanolic extraction. The highest percent yield of crude extract was obtained from fresh cucumber (21.6 %). As analyzed by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azinobis (3-ethlbenzothaiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) methods, the extract of dried-ginger showed the highest value of antioxidant capacity (437.80 and 153.2 mg/L BHT equivalent/g DW, respectively). The highest value of total phenolic contents, analyzed by Folin-Ciocalteau phenol test, was also found in dried-ginger extract (80.89 mg GAE/g DW). Therefore, dried-ginger extract shows a potential rich source of natural antioxidant activity and phenolic content.

Keywords: antioxidant activity, total phenolic content, ginger, cucumber, tiger herbal

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ แตงกวา ใบบัวบก ขิงอ่อน ทั้งสดและแห้งที่สกัดด้วยเมทานอล โดยแตงกวาสดมี %yield สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 21.6 และวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2'-azinobis(3-ethlbenzothaiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) พบว่าสารสกัดจากขิงแห้งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด เท่ากับ 437.80 และ 153.2 mg/L BHT equivalent/g DW ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในสารสกัดจากขิงแห้งที่วิเคราะห์ด้วย Folin-ciocalteau phenol test ที่พบสูงที่สุด เท่ากับ 80.89 mg GAE/ g DW ดังนั้นขิงแห้งจึงเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคที่ดีอีกชนิดหนึ่ง

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิค ขิง แตงกวา ใบบัวบก

คำนำ

อนุมูลอิสระ (Free radicals) เป็นสารที่ไม่เสถียรทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ว่องไว ดังนั้น สามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลต่างๆ ในร่างกาย เช่น ไขมัน โปรตีน หรือสารพันธุกรรม ภาวะที่มีอนุมูลอิสระมากเกินไปจะก่ออันตรายแก่ร่างกาย เรียกภาวะนี้ว่า oxidative stress ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (arterosclerosis) เป็นสาเหตุร่วมในการเกิดโรคมะเร็ง (cancer) ทำให้ผิวหนังเกิดรอยเหี่ยวย่น (wrinkle) เป็นต้น (Papus, 1998) ประเทศไทยเป็นประเทศที่อุดมไปด้วยทรัพยากรสมุนไพรที่หลากหลาย เช่น แตงกวา บัวบก และขิง ล้วนเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ง่ายและพบได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย พืชสมุนไพรเหล่านี้นอกจากจะช่วยให้เกิดความชุ่มชื่นแล้ว ยังช่วยลดริ้วรอยชะลอความแก่และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ (Mukherjee และคณะ, 2007) ซึ่งในพืชมีสาร antioxidant หลายชนิด เช่น วิตามินอี วิตามินซี และแคโรทีนอยด์ (Block และคณะ, 1992) รวมทั้ง phenolic compounds ซึ่งใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสามารถใช้ทดแทนสารสังเคราะห์สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอางได้ ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงศึกษาศักยภาพและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชดังกล่าวเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ butylated hydroxytoluene (BHT) เพื่อนำไปประยุกต์กับในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางต่อไป

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารสกัด

เตรียมตัวอย่างพืชโดยนำพืชมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง แบ่งออกเป็นตัวอย่างสด และแห้ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง บดตัวอย่างพืชให้ละเอียด แล้วนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล เขย่านาน 3 ชั่วโมง กรองเอากากพืชออกโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 ได้สารสกัดในตัวทำละลาย แล้วนำไประเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator เก็บสารที่สกัดได้ไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากพืช ด้วยวิธี Folin-ciocalteau Phenol Test ตามวิธีของ Kim และ Lee (2002) ใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm โดยแสดงผลเป็นค่ามิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกในตัวอย่างน้ำหนักแห้ง 1 กรัม (mg GAE/ g DW)

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2'-azinobis(3-ethlbenzothaiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) โดยวิธี DPPH ดัดแปลงจากวิธีของ Singh และคณะ (2002) ทำโดยผสมสารสกัด 10 ไมโครลิตร กับสารละลาย DPPH 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 517 nm และนำมาคำนวณเทียบกับสารมาตรฐานของ BHT ส่วนวิธี ABTS ดัดแปลงจากวิธีของ Kriengsak และคณะ (2006) โดยผสมสารสกัด 10 ไมโครลิตร กับสารละลาย ABTS 4 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 6 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 734 nm และนำมาคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานของ BHT รายงานผลเป็นค่ามิลลิกรัมสมมูลของ BHT ในตัวอย่างน้ำหนักแห้ง 1 กรัม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากพืชทั้ง 3 ชนิดคือ แตงกวา ขิงอ่อน และ บัวบก ด้วยเมทานอล พบว่า แตงกวาสดมีร้อยละผลได้ของสารสกัดสูงที่สุดเท่ากับ 21.6% (Figure 1a) รองลงมาคือ บัวบก และแตงกวา ตามลำดับ เนื่องมาจากชนิดของพันธุ์หรือส่วนของพืชที่นำมาสกัด เทคนิคและสภาวะของสารสกัดทำให้ได้ % yield ของสารสกัดต่างกัน (Tapondjou และคณะ, 2005) สารสกัดจากขิงอ่อนแห้ง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ABTSสูงสุด เท่ากับ 80.89 mg GAE/ g DW 437.802 และ153.204 mg/L BHT equivalent/g DW ตามลำดับ ซึ่ง Polyphenols นั้นจัดเป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) มักพบได้ในพืชทั่วไป จากปริมาณของสาร phenolic ของพืชที่ต่างกันนั้น เนื่องจากปริมาณและตำแหน่งที่พบสารกลุ่มนี้มักจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช (Duh และ Yen, 1997) และเนื่องจาก polyphenols นั้นสามารถดักจับอนุมูลอิสระได้เพราะมีโครงสร้างเคมีที่ประกอบด้วยหมู่ phenolic ซึ่งมีสมบัติเป็นนิวคลีโอไฟล์ (nucleophile) ที่ดี (Lopes และคณะ, 1999) ดังนั้น สารสกัดจากพืชที่พบมีสารประกอบเหล่านี้อยู่มากจึงมักออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดี (Cai และคณะ, 2004) สังเกตได้จากเมื่อเปรียบเทียบผลการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Figure 2a และ 2b) กับปริมาณ polyphenols (Figure 1b) จะเห็นได้ว่า ความสามารถดักจับอนุมูล DPPH และ ABTS กับปริมาณ polyphenols ในสารสกัดมีความสัมพันธ์กัน แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดขึ้นกับปริมาณ polyphenols ในสารสกัดนั้น ๆ

สรุปผล

สารสกัดจากขิงแห้ง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับพืชที่ทำการทดสอบ ดังนั้นขิงอ่อนแห้งจึงเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคที่ดีอีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำไปพัฒนาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอางได้ดี

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (NRU) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Block, G., Patterson, B. and Subar, A., 1992, Fruits Vegetables and Cancer Preventive: a Review of the Epidemiological Evidence, Nutrition and Cancer, 18: 1-29.

Cai, Y., Luo, Q., Sun, M. and Harold, C., 2004, Antioxidant Activity and Phenolic Compounds of 112 Traditional Chinese Medicinal Plants Associated with Anticancer, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 74: 2157-2184.

Duh, P.D. and Yen, G.C., 1997, Antioxidant Activity of Three Herbal Water Extracts, Food Chemistry, 60: 639-645.

Kim, D.O. and Lee, C.Y., 2002, Extraction and Isolation of Polyphenolics, Current Protocols in Food Analytical Chemistry. R.E. Wrolstad, Wiley, New York.

Kriengsak, T., Unaro, J.B., and Kevin, C., 2006, Comparison of ABTS, DPPH, FRAP,and ORAC Assays for Estimating Antioxidant Activity from Guava Fruit Extracts, Journal of Food Composition and Analysis, 19: 669–675.

Lopes, G.B., Schulman, H.M. and Lima, M.H., 1999, Polyphenol Tannic Acid Inhibition Hydroxyl Radical Formation from Fenton Reaction by Complexing Ferrous Ions, Biochimica Biophysica Acta, 1426: 475-482.

Mukherjee, P.K., Rai, S., Kumar, V., Mukherjee, K., Hylands, P.J. and Hider, R.C., 2007, Plants of Indian Origin in Drug Discovery, Expert Opinion on Drug Discovery, 2: 633–657.

Papus, M. A., 1998, Antioxidants Status, Diet, Nutrition and Health U. S. A: CRC Press.

Singh, R.P., Chidambara, K.N. and Jayaprakasha, G.K., 2002, Studies on the Antioxidant Activity of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel and Seed Extracts Using in Vitro Model, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 81-86.

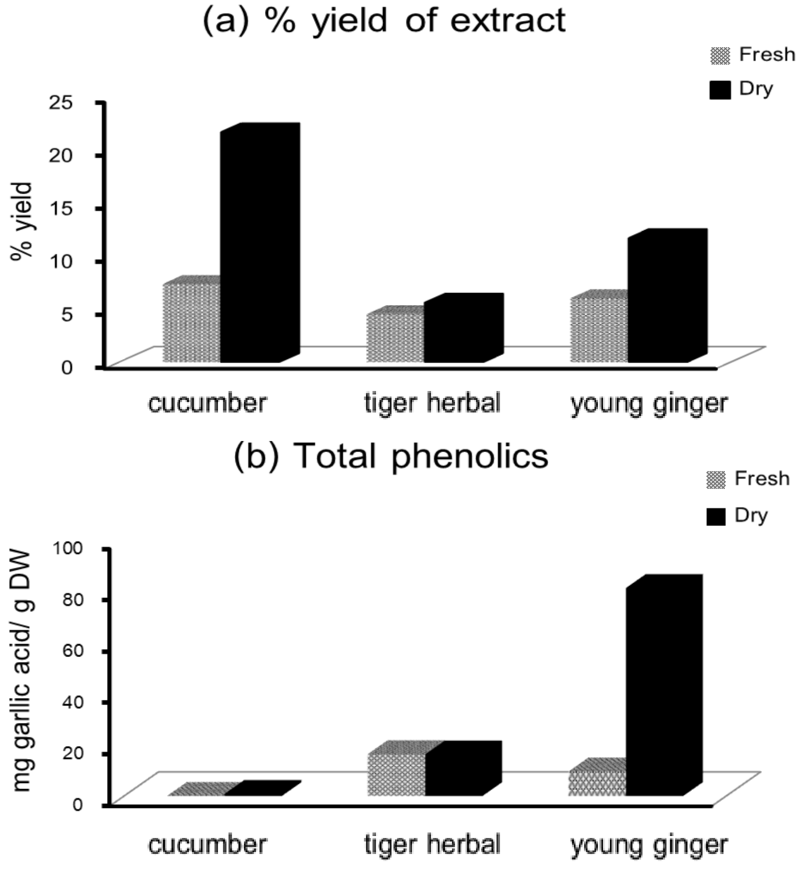


Figure 1 % yield (a), total phenolics (b)

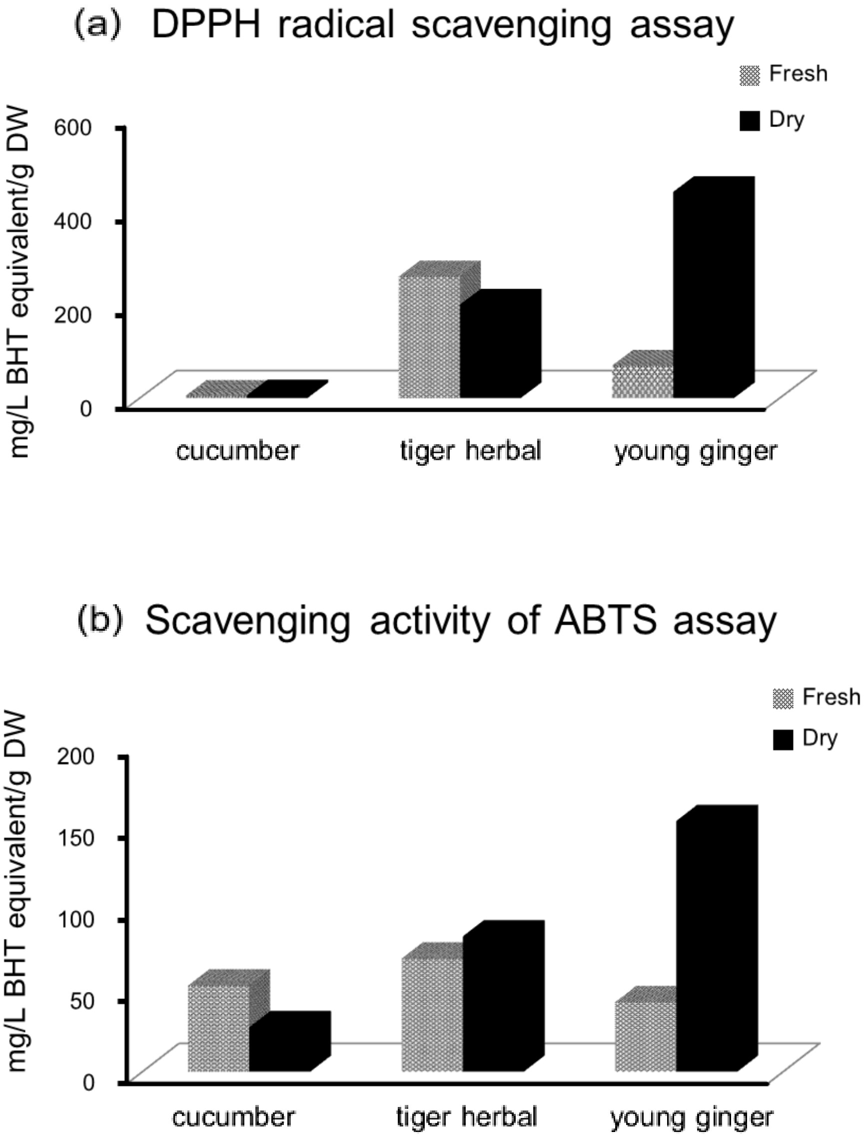


Figure 2 DPPH radical scavenging assay (a), Scavenging activity of ABTS assay (b)

ผลของความหนาแน่นของรูบนถุงพลาสติกต่ออายุการวางจำหน่ายของถั่วงอก

Effect of Density Perforation in Plastic Bags on Shelf Life of Mung Bean Sprouts

นภัสวรรณ เลี่ยมนิมิตร[1] มินตรา พจนมณี[2] และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]
Liamnimitr, N.[1], Phochanamanee, M.[2] and Photchanachai, S.[1]

Abstract

Perforation density in packaging has an important impact during storage on the quality of mung bean sprouts. Five-hundred grams of mung bean sprouts were packed in polypropylene (PP) bags (22.86×35.56 cm and 30 μm-thickness), non-perforated and perforated (Ø 0.3 cm of a hole) with 8, 12, and 16 holes per bags. Samples were kept at 10°C and 99–95% RH, and the sprouts packed in a non-perforated PP bag were stored at 13°C and served as a control. Total vitamin C and firmness were monitored. Browning score and sensory quality, in terms of off-odor and over-all preference, were intensively evaluated by 3 trained panelists. The sprouts kept in the non-perforated PP bags kept at 10 and 13°C had 4-day shelf life. However, shelf life of sprouts stored in the perforated bag with 12 holes lasted 8 days and total vitamin C was the most delayed. These sprouts also showed the lowest firmness, browning score in hypocotyls and roots and off-odor, but they had a higher overall acceptance score. Therefore, the optimal perforation density in a PP bag for mung bean sprouts is 12 holes per bags.

Keywords: mung bean sprouts, perforation density, shelf life

บทคัดย่อ

รูระบายอากาศของบรรจุภัณฑ์มีบทบาทสำคัญต่อการชะลอการเสื่อมสภาพของถั่วงอกในระหว่างการเก็บรักษา งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของรูระบายอากาศของถุงพลาสติกเพื่อใช้สำหรับการวางจำหน่ายถั่วงอก โดยบรรจุถั่วงอก 500 กรัม ในถุงพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (PP) (ขนาด 22.86x35.56 เซนติเมตร และหนา 30 ไมโครเมตร) ที่ไม่เจาะรู และเจาะรู (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตรต่อรู) จำนวน 8, 12 และ 16 รูต่อถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90—95 เปอร์เซ็นต์ และถุง PP ที่ไม่เจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส (ชุดควบคุม) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ความแน่นเนื้อ คะแนนการเกิดสีน้ำตาล และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นผิดปกติและความชอบโดยรวมให้คะแนนโดยผู้ที่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 3 คน พบว่า ถุง PP ไม่เจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 13 องศาเซลเซียส มีอายุเพียง 4 วัน ในขณะที่ถั่วงอกที่บรรจุในถุง PP เจาะรู จำนวน 12 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด 8 วัน และปริมาณวิตามินซีทั้งหมดลดลงน้อย อีกทั้งมีค่าความแน่นเนื้อ คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของลำต้นและราก และคะแนนด้านกลิ่นผิดปกติมีค่าน้อยที่สุด แต่มีคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่า ดังนั้นจำนวนรูบนถุง PP เจาะรู ที่เหมาะสมสำหรับการบรรจุถั่วงอก คือ 12 รู

คำสำคัญ: ถั่วงอก รูระบายอากาศ อายุการวางจำหน่าย

คำนำ

ถั่วงอกเป็นผักที่มีอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายสั้น เนื่องจากบอบช้ำและสูญเสียน้ำได้ง่าย และปรากฏลักษณะสีน้ำตาล จากการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase ; PPO) การใช้บรรจุภัณฑ์เป็นวิธีที่สะดวกสำหรับการจัดการและมีรายงานว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ แต่การเลือกใช้นั้นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของพลาสติกและชนิดของผลิตผล เช่น การเก็บรักษาคะน้าในถุงพอลิเอทิลีน (PE) เจาะรู เก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 6 วัน การบรรจุแครอทตัดแต่งในถุงพลาสติกชนิดพอลีโพพิลีน

---

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพฯ 10150
[1] Postharvest Technology Programme, School of Bioresources and Technology, King Mongkut`s University of Technology Thonburi, (Bangkuntein) Bangkok 10150
[2] โรงเรียนเบญจมเทพอุทิศจังหวัดเพชรบุรี อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000
[2] Benchamatheputhit Phetchaburi School, Maung Distric, Phetchaburi, 76000

(PP) สามารถคงความสดและยืดอายุการเก็บรักษาได้ การใช้ถุงชนิด PP สามารถควบคุมคุณภาพและยืด อายุการเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่งพันธุ์ภูแลได้นาน 14 วัน (จิราพร และคณะ, 2554) นอกจากนี้ นภัสวรรณ และคณะ (2554) รายงานว่าถุง PP ขนาด 20.32×30.48 เซนติเมตร เจาะรูขนาด 0.05 เซนติเมตร จำนวน 4 รู บรรจุถั่วงอกปริมาณ 200 กรัมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ชะลอการเสื่อมคุณภาพดีกว่าถุง PP ไม่เจาะรู แต่พบว่า ถั่วงอกมีกลิ่นหมักเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ทั้งนี้น่าจะมีสาเหตุจากจำนวนรูหรือความหนาแน่นของรูต่อพื้นที่ถุงไม่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาความหนาแน่นของรูเพื่อยืดอายุการวางจำหน่ายถั่วงอกถั่วเขียว

อุปกรณ์และวิธีการ

นำถั่วงอกถั่วเขียวมาคัดเลือกเอาเฉพาะต้นที่สมบูรณ์ ไม่หัก และไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ดติดที่ใบเลี้ยง จำนวน 500 กรัม บรรจุในถุงพอลิโพพิลีน (PP) ขนาด 22.86×35.56 เซนติเมตร ที่ไม่เจาะรู และเจาะรู (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร) จำนวน 8, 12 และ 16 รูต่อถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90–95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีถุง PP ที่ไม่เจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นชุดควบคุม บันทึกผลการทดลองทุก 2 วัน โดยวิเคราะห์คะแนนการเกิดสีน้ำตาลของลำต้นและรากให้คะแนนโดยผู้ที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 3 คน ซึ่งมีระดับคะแนน 0–2 ในส่วนของลำต้น (0 = ไม่เกิดสีน้ำตาล, 1 = เกิดสีน้ำตาลเล็กน้อย 1–20%, 2 = เกิดสีน้ำตาล 21–40%) และระดับคะแนน 0–2 ในส่วนของราก (0 = เกิดสีน้ำตาล 0–25%, 1 = เกิดสีน้ำตาลปานกลาง 26–50%, 2 = เกิดสีน้ำตาลรุนแรง 51–75%) วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ความแน่นเนื้อด้วย texture analyzer (รุ่น TA.XT plus) และการให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ตามวิธี hedonic 9 scale ในด้านการเกิดสีน้ำตาล และการเกิดกลิ่นผิดปกติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเก็บรักษาถั่วงอกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในถุง PP เจาะรู จำนวน 12 รู มีอายุการวางจำหน่ายนานที่สุด 8 วัน รองลงมาคือ การเก็บรักษาถั่วงอกในถุง เจาะรู 8 และ 16 รู เป็นระยะเวลา 6 วัน ในขณะที่ถุง PP ไม่เจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 13 องศาเซลเซียส มีอายุเพียง 4 วัน โดยถั่วงอกที่บรรจุในถุงพลาสติก PP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลซียส มีการเกิดสีน้ำตาลของลำต้นและรากน้อยและพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลซียส มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด (ไม่แสดงข้อมูล) และเมื่อเปรียบเทียบเฉพาะถั่วงอกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าถั่วงอกที่บรรจุในถุง PP ไม่เจาะรู มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลของลำต้นและราก (มากกว่า 10 และ 25 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าถุง PP เจาะรู จำนวน 16 8 และ 12 รู ตามลำดับ (Figure 1a และ 1b) ทั้งนี้อาจเนื่องจากถุง PP ไม่เจาะรู ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในถุงมากเกินไป จนทำให้ถั่วงอกเกิดลักษณะผิดปกติที่เรียกว่า CO_2 injury เพราะคาร์บอนไดออกไซด์ไปยับยั้งกิจกรรมของ succinic dehydrogenase ทำให้เกิดการสะสมของกรด succinic ซึ่งเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อพืช ในขณะที่การเจาะรูที่มากเกินไปอาจทำให้ถั่วงอกเกิดการสูญเสียน้ำได้ง่าย และชักนำให้ถั่วงอกเกิดสีน้ำตาลทั้งในส่วนของลำต้นและราก ซึ่งการสูญเสียน้ำเป็นสาเหตุหนึ่งของการกระตุ้นให้พืชเกิดสีน้ำตาล เช่นเดียวกับผักและผลไม้ (ตัดแต่ง) ชนิดอื่นๆ (จริงแท้, 2542) เนื่องจากถั่วงอกมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากถึง 85 เปอร์เซ็นต์ (นภัสวรรณ และคณะ, 2554) อีกทั้งอยู่ในช่วงที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง ทำให้มีการหายใจและคายน้ำมาก จึงปรากฏอาการสีน้ำตาลและอาการเหี่ยวอย่างรวดเร็ว (จริงแท้, 2542) ส่วนปริมาณกรดแอสคอร์บิกซึ่งจัดได้ว่าเป็นสารสำคัญ และยังใช้เป็นดัชนีในการบ่งชี้คุณภาพของผักและผลไม้ จากการทดลองพบว่าถั่วงอกที่เก็บรักษาในถุง PP ไม่เจาะรู และ PP เจาะรู จำนวน 12 รู สามารถชะลอการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิกได้ดีที่สุด (Figure 1f) สำหรับค่าแรงเฉือนพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาแต่ถั่วงอกที่บรรจุในถุง PP ไม่เจาะรู และ PP เจาะรู จำนวน 12 รู (Figure 1e) ทั้งนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากถั่วงอกมีการสูญเสียน้ำน้อยและถั่วงอกมีความเครียดน้อยจึงมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทำให้มีการสะสมลิกนินและใยอาหารเพิ่มมากขึ้น และเมื่อพิจารณาคะแนนด้านกลิ่นผิดปกติ พบว่าถั่วงอกที่บรรจุในถุง PP ไม่เจาะรูมีกลิ่นผิดปกติมากกว่าถุง PP เจาะรู แต่ความหนาแน่นของรูให้ผลไม่มีความแตกต่างกัน (Figure 1d) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบโดยรวมที่ถั่วงอกบรรจุในถุง PP ไม่เจาะรู มีคะแนนน้อยสุด และมากที่สุดในถุง PP เจาะรู จำนวน 8 และ 12 รู (Figure 1c) เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เจาะรูจำกัดการแลกเปลี่ยนของก๊าซทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และเกิด acetaldehyde และ alcohol ขึ้น ทำให้เซลล์พืชเสียหายมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลได้ และเกิดกลิ่นผิดปกติขึ้น (จริงแท้, 2542) อีกทั้งพบการควบแน่นของไอน้ำทำให้เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสีย (Huxsoll และ Bolon, 1989) ดังนั้นจำนวนรูบนถุง PP เจาะรู (ขนาด 22.86x35.56 เซนติเมตร และหนา 30 ไมโครเมตร) ที่เหมาะสมสำหรับการบรรจุถั่วงอก คือ 12 รู (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตรต่อรู)

สรุปผล

ถุงพลาสติกชนิด PP เจาะรู จำนวน 12 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถคงคุณภาพของถั่วงอกถั่วเขียว ทั้งการยอมรับทางประสาทสัมผัส ความกรอบ และปริมาณกรดแอสคอร์บิกทั้งหมด และเก็บได้นานที่สุด 8 วัน อีกทั้งไม่เกิดกลิ่นผิดปกติ

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2542, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม, 396 หน้า

จิราพร ไร่พุทธา สุทธิวัลย์ สีทา เสาวภา ไชยวงศ์ และ พันธ์สิริ สุทธิลักษณ์, 2554, ผลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อคุณภาพของสับปะรดตัดแต่งพันธุ์ภูแล, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3)(พิเศษ): 673-676.

นภัสวรรณ เลี่ยมนิมิตร อภิรดี อุทัยรัตนกิจ เฉลิมชัย วงษ์อารี และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, 2554, การศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์พลาสติกต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วงอกถั่วเขียว, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(3)(พิเศษ): 637-640.

Huxsoll, C.C. and Bolin, R.H, 1989. Processing and Distribution Alternatives for Minimally Processed Fruits and Vegetables, Food Technology, 43(2): 124-128.

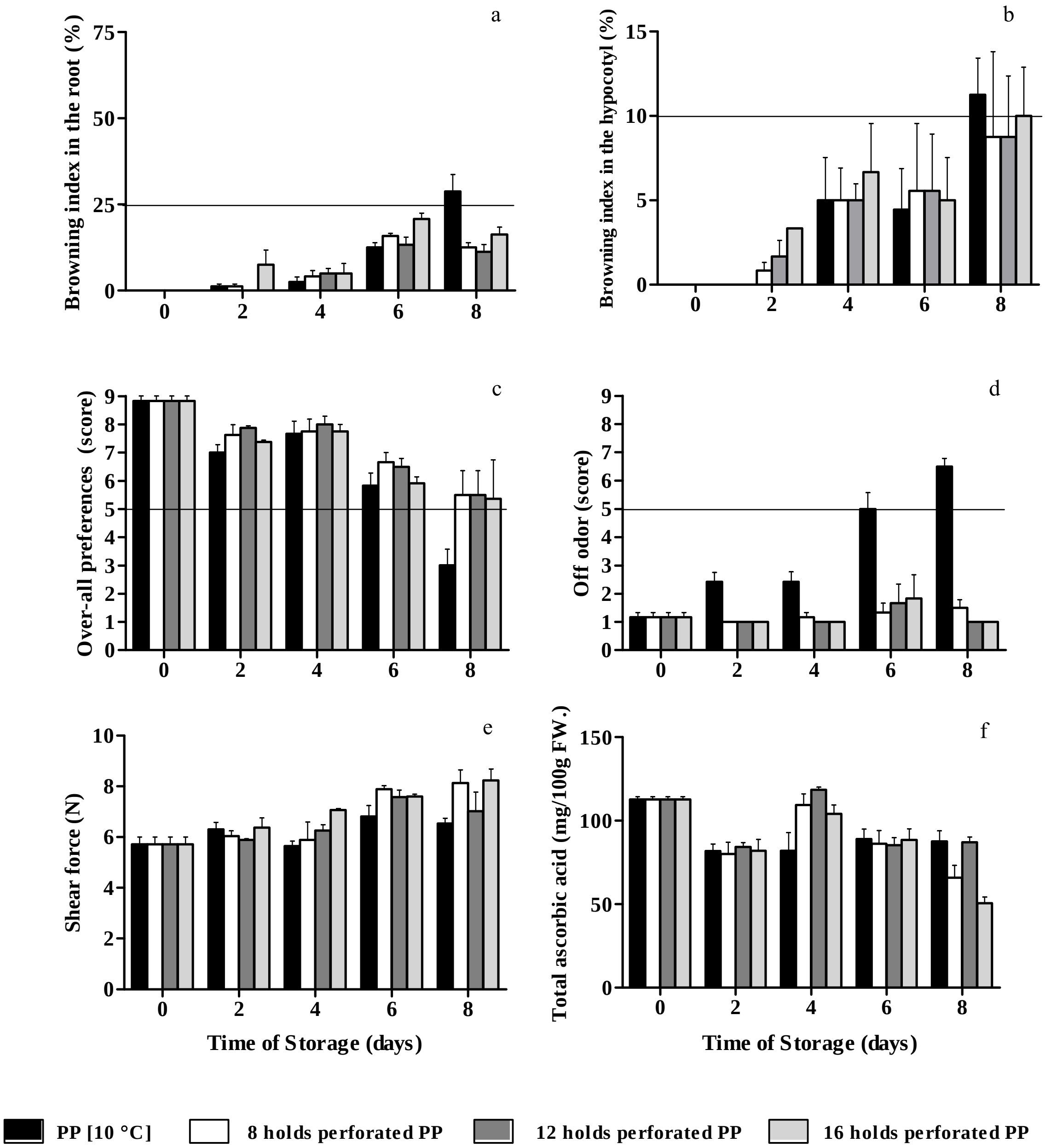


Figure 1 Effect of plastic packages on browning score in root (a) and hypocotyl (b), sensory quality (c and d),texture (e) and total ascorbic acid (f) of mung bean sprouts at 13°C

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพพริกแห้งภายหลังการล้างและการอบแห้งซ้ำด้วยอุณหภูมิต่ำ
Quality Changes of Dried Chili After Washing and Re-drying at Low Temperature

สิริรัตน์ นันทพันธ์[1] และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]
Nanthaphan, S.[1] and Photchanachai, S.[1]

Abstract
Quality changes in dried chili after washing and re-drying by sun drying at 32 – 35°C and hot air oven drying at 40 and 50°C was studied. Re-drying at 50°C was the repaid condition to reduce moisture content (MC) to 4.43% wet basic within 8.7 h. Re-drying at 40°C and sun drying took 16.2 and 21.0 h to achieve 5.46 and 10.74% MC, respectively. Re-drying had a negative impact on chili color, which became red-dark compared to the initial color. Sun-dried chili exhibited the best color, indicated by L* value. However, chili re-dried by hot air oven at 40°C and sun drying revealed similar overall acceptance and favor score, as monitored by consumers. Therefore, re-drying at 40°C is a promising method to be applied for re-drying chili. Analysis of other quality changes and appropriate drying techniques is being carried out in our laboratory.
Keywords: dried chili, drying

บทคัดย่อ
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพริกแห้งภายหลังการล้างและอบแห้งซ้ำด้วยแสงอาทิตย์ (อุณหภูมิประมาณ 32-35 องศาเซลเซียส) และตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นได้เร็วที่สุด เท่ากับ 4.43 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ภายในเวลา 8.7 ชั่วโมง ในขณะที่การอบแห้งซ้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และการใช้แสงอาทิตย์ใช้เวลา 16.2 และ 21.0 ชั่วโมง ตามลำดับ (ความชื้น 5.46 และ 10.74 เปอร์เซ็นต์) การอบแห้งซ้ำทำให้พริกแห้งมีสีคล้ำขึ้น (สีแดง-ดำ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีเริ่มต้น โดยการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ให้สีดีที่สุด ซึ่งวัดได้จากค่าความสว่าง (L* value) อย่างไรก็ตามคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมและกลิ่นซึ่งให้คะแนนโดยผู้บริโภค พบว่า พริกแห้งที่อบแห้งซ้ำด้วยแสงอาทิตย์และตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการอบแห้งซ้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จึงน่าจะเป็นวิธีที่นำไปประยุกต์ใช้สำหรับกระบวนการอบแห้งซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านอื่นๆ และเทคนิคการอบแห้งที่เหมาะสม กำลังอยู่ในระหว่างดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ
คำสำคัญ: พริกแห้ง การอบแห้ง

คำนำ
พริก เป็นส่วนประกอบในการปรุงแต่งอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติ กลิ่น และสี นอกจากนี้ยังใช้เป็นพืชสมุนไพรสำคัญอีกชนิดหนึ่ง จึงทำให้พริกเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของพริกมีหลายชนิด ได้แก่ น้ำพริก น้ำจิ้มพริก ซอสพริก และอาหารสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยพริกที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นพริกแห้ง เนื่องจากความต้องการใช้พริกแห้งมีมากขึ้น แต่ปริมาณ คุณภาพและราคาของพริกที่ผลิตได้ไม่สอดคล้องหรือสม่ำเสมอกับความต้องการ โดยเฉพาะพริกแห้งที่ผลิตได้มีคุณภาพต่ำ มีสิ่งเจือปนและสารเคมีตกค้าง รวมทั้งการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรา (Wiriya และคณะ, 2009) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การล้างทำความสะอาด การคัดแยกพริกที่มีโรคและแมลงเข้าทำลาย การอบแห้งที่ไม่มีประสิทธิภาพและสุขลักษณะ ทำให้พริกแห้งที่ได้มีสิ่งเจือปนไม่พึงประสงค์ เช่น สิ่งปนเปื้อนจากหนู แมลง ฝุ่นละอองและจุลินทรีย์ (มัทนา, 2545) เกิดการเสื่อมสภาพโดยเฉพาะสีของผล ซึ่งเป็นลักษณะปรากฏที่สำคัญเมื่อนำมาเก็บรักษา นอกจากนี้ยังอาจเกิดการออกซิเดชันของรงควัตถุ เช่น แคโรทีนอยด์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ (ไพบูลย์, 2532) อีกทั้งการควบคุมการผลิตพริกแห้งทั้งภายในและต่างประเทศให้ถูกสุขลักษณะและความปลอดภัยนั้น ยังไม่สามารถปฏิบัติได้ ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากพริกแห้งจึงต้องนำพริก

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

ดังกล่าวมาทำความสะอาดใหม่ด้วยการล้าง แล้วจึงอบซ้ำก่อนนำไปเก็บรักษาและ/หรือ รอการนำไปแปรรูป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพริกแห้งหลังจากการล้างและอบแห้งซ้ำที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์พริกแห้งให้สอดคล้องตามความต้องการของตลาดและความปลอดภัยของผู้บริโภค รวมถึงผู้ประกอบการแปรรูปผลิตภัณฑ์พริก ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงพริกแห้งที่มีคุณภาพต่ำให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นก่อนนำเข้าสู่กระบวนการแปรรูปได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำพริกแห้งที่จำหน่ายในตลาดกรุงเทพมหานคร มาตรวจสอบคุณภาพทั่วไปของพริกแห้งได้แก่ ค่าสี (L* a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี) และความชื้น จากนั้นนำตัวอย่างพริกแห้งที่ผ่านการคัดเลือกคุณภาพเบื้องต้นแล้ว 100 กรัม มาล้างน้ำสะอาด เป็นเวลา 5 นาที นำมาอบแห้งซ้ำด้วยวิธีการใช้แสงอาทิตย์ (อุณหภูมิ 32-35 องศาเซลเซียส) และการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส ในระหว่างการอบแห้งนำถาดวัตถุดิบออกมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ทุกๆ 1 ชั่วโมง 45 นาที และ30 นาทีตามลำดับ จนน้ำหนักพริกแห้งไม่เปลี่ยนแปลงซ้ำกันเกิน 2 ค่า บันทึกค่าสีและความชื้น จากนั้นนำพริกแห้งที่ได้มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม สี และ กลิ่น โดยวิธี a-point hedonic scale ให้คะแนนโดยผู้บริโภคจำนวน 10 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SAS (SAS Program, 1993) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 หรือ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพริกแห้งภายหลังการล้าง แล้วนำมาลดความชื้นหรืออบแห้งซ้ำด้วยแสงอาทิตย์ (อุณหภูมิประมาณ 32 – 35 องศาเซลเซียส) และตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นได้เร็วที่สุด โดยสังเกตจากน้ำหนักแห้งของพริกลดลงเหลือ 92.06 กรัม ซึ่งมีความชื้นเท่ากับ 4.43 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 8.7 ชั่วโมง ในขณะที่การอบแห้งซ้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และการใช้แสงอาทิตย์ใช้เวลา 16.2 และ 21.0 ชั่วโมง ตามลำดับ (ความชื้น 5.46 และ 10.74 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักแห้ง 92.48 และ 99.06 กรัม ตามลำดับ) (Figure 1) ส่วนสีของพริกแห้ง พบว่าการอบแห้งซ้ำทุกอุณหภูมิทำให้พริกแห้งมีสีคล้ำขึ้น (สีแดง-ดำ) โดยการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ให้สีดีที่สุด ซึ่งสังเกตจากค่าความสว่าง (L* value) รองลงมาคือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (25.7 24.3 และ 21.8) (Figure 2) การเปลี่ยนแปลงสีของพริกภายหลังการอบแห้งซ้ำ เกิดจากการที่ความร้อนไปกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล จึงทำให้สีของพริกแห้งที่ได้คล้ำขึ้น (รัตนาภรณ์, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vega-Galvez และคณะ (2008), Turhan และคณะ (1997), Lee และคณะ (1991) พบว่าการใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลคล้ำ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Wiriya และคณะ (2009) พบว่าการอบแห้งแบบใช้อุณหภูมิระยะเดียวคือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ทำให้พริกมีสีน้ำตาลคล้ำเกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งแบบใช้แสงอาทิตย์ โดยเฉพาะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สำหรับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม สี และกลิ่นซึ่งให้คะแนนโดยผู้บริโภค พบว่า พริกแห้งที่อบแห้งซ้ำด้วยแสงอาทิตย์มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุด รองลงมาคือตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (Table 1) ดังนั้นการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จึงน่าจะเป็นวิธีที่นำไปประยุกต์ใช้สำหรับกระบวนการอบแห้งซ้ำ แต่อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยกำลังดำเนินการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านอื่นๆ ของพริกแห้ง รวมถึงเทคนิคการอบแห้งที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต

สรุปผล

การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นได้เร็วที่สุด แต่พริกมีสีแดง-ดำ ชัดเจน ในขณะที่การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ให้สีดีที่สุด ส่วนคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ สี และกลิ่นซึ่งให้คะแนนโดยผู้บริโภค พบว่าการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์และการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยจากการศึกษาข้างต้นจึงมีแนวโน้มว่าการอบแห้งซ้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส น่าจะเป็นวิธีที่นำไปประยุกต์ใช้สำหรับ

กระบวนการอบแห้งซ้ำได้ดี ทั้งนี้ควรผ่านการทดลองเพิ่มเติมเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านอื่นๆ ของพริกแห้ง รวมถึงเทคนิคการอบแห้งที่เหมาะสมก่อน จึงแนะนำผู้ที่เกี่ยวข้องให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532, กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร, ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่, 302 หน้า

มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2545, จุลินทรีย์ในอาหาร, ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพมหานคร, หน้า 96-99.

รัตนาภรณ์ มะโนกิจ, 2546, การปรับปรุงคุณภาพและกรรมวิธีผลิตพริกป่น, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 139 หน้า

Lee, D.S., Chung, S.K., Kim, H.K. and Yam, K.L., 1991, Nonenzymatic Browning in Dried Red Pepper Products, Journal of Food Quality, 14: 153-163.

Turhan, M., Turhan, N. and Sahbaz, F., 1997, Drying Kinetics of Red Pepper, Journal of Food Processing and Preservation, 21(3): 209-223.

Vega-Galvez, A., Lemus-Mondaca, R., Bilbao-Seinz, C., Fito, P. and Andres, A., 2008, Effect of Air Drying Temperature on the Quality of Rehydrated Dried Red Bell Pepper (var. Lamuyo), Journal of Food Engineering, 85: 42-50.

Wiriya, P., Paiboon, T. and Somchat, S., 2009, Effect of Drying Air Temperature and Chemical Pretreatments on Quality of Dried Chill, International Food Research Journal, 16: 441-454.

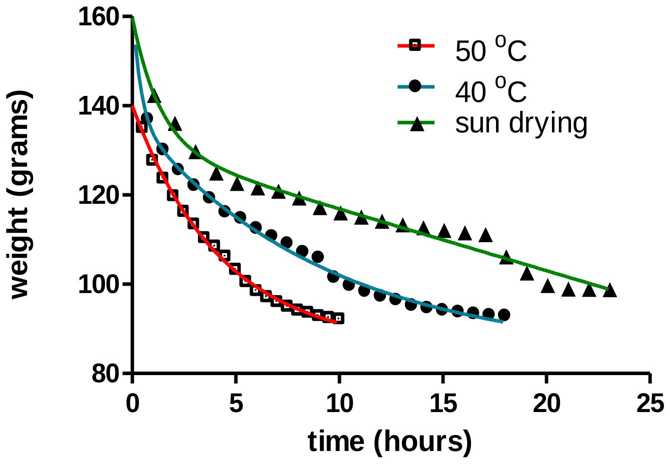


Figure 1 Weight changes in dried chili after washing and re-drying

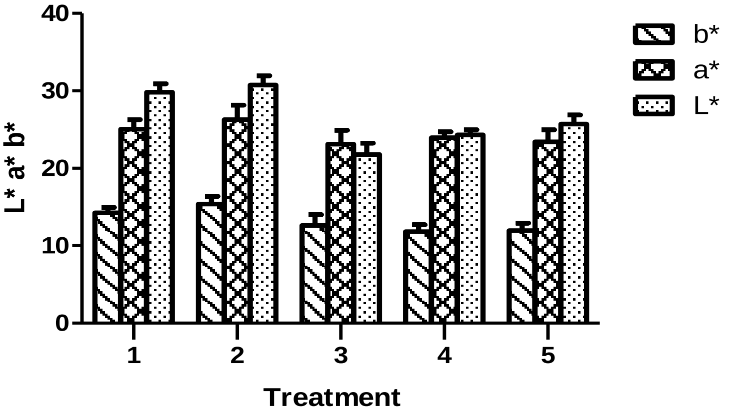


Figure 2 Color of chili (Treatment 1-5; Dried chili, Chili after washed, 50°C, 40°C, Sun drying)

Table 2 Overall acceptance and favor score of dried chili

Treatment	Factor		
	Color	Favor	Over all
Dried chili	2.7b	3.2a	2.7c
Sun drying	4.3a	3.9a	4.3a
40 °C	4.1a	3.8a	4.1ab
50 °C	3.3b	3.6a	3.5b
F-test	**	ns	**
C.V. (%)	24.14	32.67	22.18

Means in the column followed by the same letter are not significantly by Least Significant Difference Test at $P \leq 0.05$

การฉายรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

Effect of Gamma Irradiation on Color Development of 'Nam Dok Mai No. 4' Mango Peel

จารุวัฒน์ บุญรอด[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1] ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1] และ วาริช ศรีละออง[1]

Boonrod, J.[1], Uthairatanakij, A.[1], Jitareerat, P.[1], Photchanachai, S.[1] and Srilaong, V.[1]

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of gamma dose on color development of mango peel. 'Nam Dok Mai No. 4' mango fruit were harvested at commercial stage of maturity, cleaned and washed with chlorinated water (200 ppm) then dipped into fungicide (150 ppm Azoxystrobin + 1,000 ppm Prochloraz). Fruit were put in foam net and packed in carton boxes and irradiated with gamma ray at 400 and 700 Gy compared to untreated fruit (control). After fruit stored at 13C for 21 days, it was found that gamma irradiation could reduce respiration and ethylene production after day 7 of storage. In addition, irradiation inhibited the activity of chlorophyllase and Mg-dechelatase resulting in declining a* values and increasing Hue angle of peel color. Therefore, gamma irradiation at 400 and 700 Gy could delay the change of peel color in 'Nam Dok Mai No. 4' mango.

Keywords: gamma ray, 'Nam Dok Mai No 4' mango, color development, chlorophyllase, Mg-dechelatase

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระหว่างการเก็บรักษา โดยเก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระยะแก่ทางการค้ามาทำความสะอาดแล้วล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน (ความเข้มข้น 200 พีพีเอ็ม) แล้วจุ่มสารกำจัดเชื้อราอะซ็อกซีสโตรบินความเข้มข้น 150 พีพีเอ็ม และโปรคลอราซความเข้มข้น 1,000 พีพีเอ็ม และผึ่งให้แห้งแล้วสวมตาข่ายโฟม ก่อนบรรจุกล่องกระดาษลูกฟูกติดตาข่าย จากนั้นนำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 และ 700 เกรย์ เปรียบเทียบกับมะม่วงไม่ฉายรังสีแกมมา(ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน พบว่าการฉายรังสีแกมมาสามารถชะลออัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนได้ตั้งแต่วันที่ 7 ของการเก็บรักษา จนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา และสามารถยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase และ Mg-dechelatase ทำให้มะม่วงฉายรังสีแกมมามีค่า a* น้อยกว่าชุดควบคุม และมีค่า Hue angle มากกว่าชุดควบคุมตั้งแต่วันที่ 7 ของการเก็บรักษา ดังนั้นการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 และ 700 เกรย์ทำให้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกช้ากว่าชุดควบคุม

คำสำคัญ: รังสีแกมมา มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 การพัฒนาของสี คลอโรฟิลล์เลส แมกนีเซียมดีคีลาเตส

คำนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นผลไม้ที่นิยมปลูกกันมากและสามารถใช้บริโภคทั้งในรูปผลสดและแปรรูป อีกทั้งสามารถส่งเป็นสินค้าส่งออก โดยตลาดส่งออกมะม่วงที่สำคัญของไทย ได้แก่ มาเลเซีย สิงค์โปร์ ฮ่องกง จีน เกาหลี ไต้หวัน ประเทศในแถบยุโรป ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญในการส่งออกมะม่วงของไทย ได้แก่ การเข้าทำลายของโรคแอนแทรกโนสและแมลงวันผลไม้ การฉายรังสีแกมมากับผลิตผลทางการเกษตรเป็นทางเลือกทางหนึ่งในการกำจัดโรคและแมลงที่ปะปนไปกับผลไม้สด โดยองค์การอาหารและยา (FDA) และกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA) ได้อนุญาตให้ใช้ได้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529 (สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2540) นอกจากนี้การฉายรังสียังมีความปลอดภัยเนื่องจากไม่มีการตกค้างของสารเคมีและลดการใช้สารเคมี อย่างไรก็ตามการฉายรังสีอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลไม้ จากการศึกษาของ Wani และคณะ (2008) พบว่าการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1.7 กิโลเกรย์ ช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในผลแพร์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน เช่นเดียวกันผลแพร์ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1.5 กิโลเกรย์ สามารถชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ (Hussain และคณะ, 2010) ซึ่ง

---

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

[1] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, KingMongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

Costa และคณะ (2005) พบว่าการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในบล็อคคลอรี่ มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase และ Mg-dechelatase และจากการรายงานการฉายรังสีแกมมาในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในเชิงการค้า พบว่ามะม่วงที่ฉายรังสีแกมมาในทางการค้ามีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสีเปลือกและสีเนื้อน้อยกว่ามะม่วงชุดควบคุม และทำให้มะม่วงมีการสุกไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณรังสีแกมมาต่อการพัฒนาสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

อุปกรณ์และวิธีการ

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เก็บเกี่ยวจากสวนเกษตรกรที่ได้มาตรฐาน GAP ในเขตอำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง โดยคัดเลือกมะม่วงในระยะสุกแก่ทางการค้า ปราศจากตำหนิและการเข้าทำลายของโรค และแมลง จากนั้นนำมะม่วงมาทำความสะอาด และล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน 200 พีพีเอ็ม ก่อนจุ่มสารกำจัดเชื้อราอะซ็อกซีสโตรบิน ความเข้มข้น 150 พีพีเอ็ม และ โปรคลอราซ ความเข้มข้น 1000 พีพีเอ็ม แล้วผึ่งให้แห้งจากนั้นสวมตาข่ายโฟมและบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกติดตาข่าย วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมีสิ่งทดลองดังนี้ 1. ผลมะม่วงไม่ฉายรังสีแกมมา (ชุดควบคุม) 2. ผลมะม่วงฉายรังสีแกมมา ปริมาณ 400 Gy และ 3. ผลมะม่วงฉายรังสีแกมมา ปริมาณ 700 Gy ทำการเก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน และสุ่มตัวอย่างทุกสัปดาห์เพื่อวิเคราะห์การหายใจ การผลิตเอทิลีน กิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase และ กิจกรรมของเอนไซม์ Mg-dechelatase และการเปลี่ยนแปลงสี (a* และ Hue angle)

ผลการทดลอง

ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่ามะม่วงในทุกชุดการทดลองมีการหายใจเพิ่มขึ้นสูงสุด โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 และ 700 เกรย์ มีอัตราการหายใจน้อยกว่ามะม่วงไม่ฉายรังสีแกมมา (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญเท่ากับ 15.18, 10.57 และ 18.82 mgCO_2/kg.hr ตามลำดับ และมีอัตราการหายใจลดลงต่ำสุดในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา มะม่วงฉายรังสีแกมมาปริมาณ 700 เกรย์ มีอัตราการหายใจ (3.48 mgCO_2/kg.hr) น้อยกว่ามะม่วงฉายรังสี 400 เกรย์ และชุดควบคุม (4.70 และ 4.31 mgCO_2/kg.hr ตามลำดับ) (Figure 1A) และมะม่วงฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 และ 700 เกรย์ มีอัตราการผลิตเอทิลีนอยู่ในช่วง 0.23-0.44 µlC_2H_4/kg.hr และ 0.23-0.36 µlC_2H_4/kg.hr ตามลำดับ และมีการผลิตเอทิลีนน้อยกว่าชุดควบคุมตั้งแต่วันที่ 7 จนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา ส่วนชุดควบคุมมีการผลิตเอทิลีนอยู่ในช่วง 0.57-1.21 µlC_2H_4/kg.hr (Figure 1B) สำหรับกิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase ของมะม่วงฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 และ 700 เกรย์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มะม่วงฉายรังสีแกมมามีกิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase (อยู่ในช่วง 1.71-0.81 unit/mg protein) น้อยกว่าชุดควบคุม (2.27-0.79 unit/mg protein) อย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่วันที่ 7 ของการเก็บรักษาจนสิ้นสุดการทดลอง และมีค่าน้อยกว่ามะม่วงชุดควบคุม ซึ่งมีกิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase อยู่ในช่วง 2.06-2.27 unit/mg protein (Figure 2A) กิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelatase ของมะม่วงฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 และ 700 เกรย์ ตั้งแต่วันที่ 7-14 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ในช่วง 0.44-0.58 และ 0.31-0.62 unit/mg protein ตามลำดับ ส่วนมะม่วงชุดควบคุมมีกิจกรรมเอนไซม์ Mg-dechelatase อยู่ในช่วง 0.81-1.78 unit/mg protein เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาในวันที่ 21 ไม่พบความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ (Figure 2B) และสำหรับสีเปลือกที่พิจารณาค่า a* พบว่ามะม่วงฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 และ 700 เกรย์ มีค่า a* ของสีเปลือกน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่วันที่ 7 ของการเก็บรักษา จนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา โดยมีค่าอยู่ในช่วง -3.53 ถึง -1.25 ส่วนชุดควบคุมมีค่า a* อยู่ในช่วง 0.18 ถึง 0.11 (Figure 3) และค่า Hue angle ของเปลือกมะม่วงฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 (94.24-96.53) และ 700 เกรย์ (อยู่ในช่วง 96.41-93.20) มีค่ามากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (อยู่ในช่วง 90.66-90.75) ในวันที่ 7-14 ของการเก็บรักษา (Figure 4)

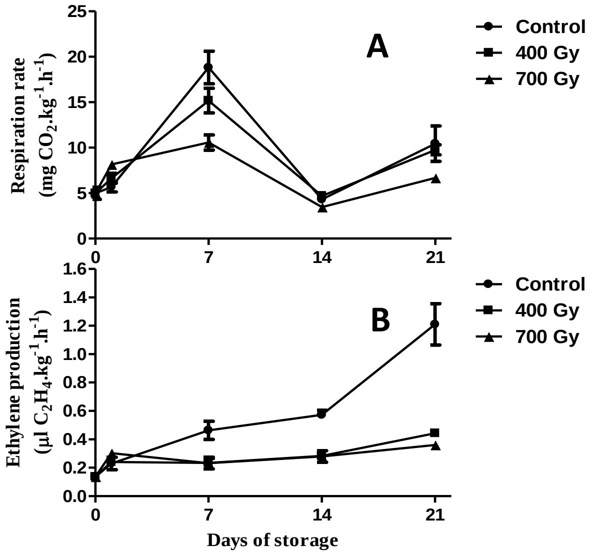


Figure 1 Respiration (A) and ethylene production (B) of 'Nam Dok Mai No. 4' mango irradiated with gamma ray at 400 or 700 gray compared with untreated fruit (control) and stored at 13 °C

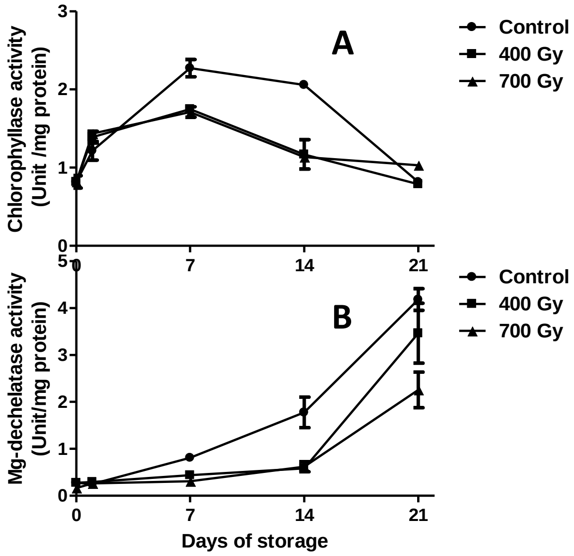


Figure 2 Chlorophyllase (A) and Mg-dechelatase(B) of 'Nam Dok Mai No. 4' mango irradiated with gamma ray at 400 or 700 gray compared with untreated fruit (control) and stored at 13°C

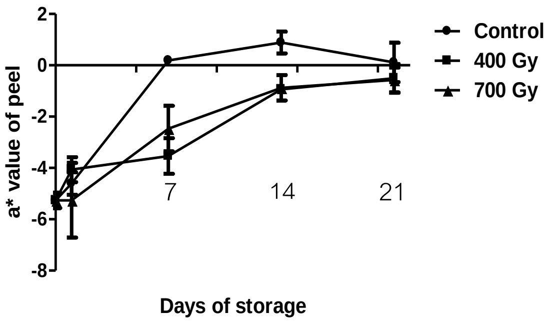


Figure 3 a* of 'Nam Dok Mai No. 4' mango peel irradiated with gamma ray at 400 or 700 gray compared with untreated fruit (control) and stored at 13 °C

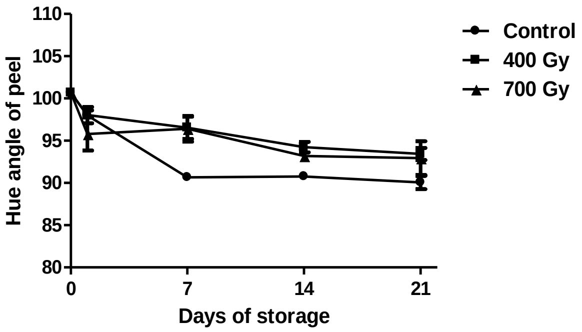


Figure 4 Hue angle of 'Nam Dok Mai No. 4' mango peel irradiated with gamma ray at 400 or 700 gray compared with untreated fruit (control) and stored at 13 °C

วิจารณ์ผล

การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 และ 700 เกรย์ ทำให้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีการหายใจและการผลิตเอทิลีนน้อยกว่ามะม่วงไม่ฉายรังสีแกมมา (ชุดควบคุม) (Figure 1) ทำให้มะม่วงชุดควบคุมเกิดการสุกมากกว่ามะม่วงฉายรังสีแกมมา ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Strydom และคณะ (1991) พบว่าการฉายรังสีแกมมาทำให้การสังเคราะห์เอทิลีนลดลง และการฉายรังสีแกมมามีผลไปยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase และ Mg-dechelatsae ตั้งแต่วันที่ 7 ของการเก็บรักษา จนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของมะม่วง ที่มีค่า a* น้อยกว่าชุดควบคุม และ มีค่า Hue angle มากกว่าชุดควบคุม สอดคล้องกับรายงานของ Hussain และคณะ (2010) พบว่าการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1.5 กิโลเกรย์ สามารถช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในผลแพร์ได้ นอกจากนี้การฉายรังสี UV-Cช่วยชะลอการสลายตัวของ chlorophyll a, b และยังยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase, chlorophyll-degrading peroxidase ในบล๊อคโคลี่ได้ (Costa และคณะ, 2006)

สรุปผล

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ฉายรังสีแกมมามีให้อัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนน้อยกว่ามะม่วงไม่ฉายรังสีแกมมาและการฉายรังสีแกมมาสามารถยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ Chlorophyllase และ Mg-dechelatase ส่งผลให้สีเปลือกมะม่วงมีการการพัฒนาสีเปลือกช้ากว่ามะม่วงที่ไม่ฉายรังสีแกมมา

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายใต้อุตสาหกรรม ประจำปี 2554 และจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2540, การฉายรังสีอาหาร: ความเป็นไปได้ในปัจจุบัน, นิวเคลียร์ปริทัศน์, 4: 4-7.

Costa, 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.

Costa, M.L., Civello, P.M., Chaves, A.R. and Martinez, G.A., 2005, Effect of Ethephon and 6-benzylaminopurine on Chlorophyll Degrading Enzymes and a Peroxidase-linked Chlorophyll Bleaching During Post-harvest Senescence of Broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20˚C, Postharvest Biology and Technology, 35: 191–199.

Hussain, P.R., Meena, R.S., Dar, M.A. and Wani, A.M., 2010, Carboxymethyl Cellulose Coating and Low-dose Gamma Irradiation Improves Storage Quality and Shelf Life of Pear (*Pyrus Communis* L., cv. Bartlett/William), Journal of Food Science, 75: 586-596.

Stydom, G.J., Van staden, J. and Smith, M.T., 1991, The Effect of Gamma Radiation on the Ultrastructure of Peel of Banana Fruits, Journal of Experimental Botany, 31: 43-49.

การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืชเศรษฐกิจ 4 ชนิด ด้วยการทำ priming

Enhancement of Seeds Quality of Four Economic Crops by Priming

ชณิตรา โพธิคเวษฐ์[1] โมทนา สมเสียง[2] และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]

Pothikhawet, C.[1], Somseang, M.[2] and Photchanachai, S.[1]

Abstract

Priming is a seed treatment used to enhance seed germination and seedling uniformity. This research aimed to study a promising method of improving the quality of four economic crop seeds including sweet corn, sesame, cucumber, and tomato seeds with different initial germination. The seeds were primed in distilled water, glucose, sucrose, sodium chloride, or calcium chloride at concentrations of 1% or 0.5% acetic acid. Germination and vigor of primed seeds increased; this may be caused by an increase in DPPH radical scavenging activity after imbibition and re-drying. However, the response of the seeds to priming solution varied among seed types. Cucumber seeds primed with 1% glucose or calcium chloride showed highest seed germination and vigor. Germination and vigor increased in sweet corn seeds primed with distilled water or 1% sucrose, sesame seeds primed with 1% calcium chloride or distilled water, and tomato seeds primed with 0.5% acetic acid or 1% calcium chloride.

Keywords: priming, seed quality, seed germination

บทคัดย่อ

การทำ priming เป็นกระบวนการกระตุ้นการงอกของเมล็ดและความสม่ำเสมอของต้นกล้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารละลายที่เหมาะสมต่อการยกระดับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พืชเศรษฐกิจ 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดหวาน งาดำ แตงกวา และมะเขือเทศ ที่มีความงอกเริ่มต้นแตกต่างกัน เมื่อนำเมล็ดพันธุ์พืชทั้ง 4 ชนิด มา priming ด้วยน้ำกลั่น สารละลายกลูโคส ซูโครส โซเดียมคลอไรด์ และแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การทำ priming สามารถกระตุ้นให้เปอร์เซ็นต์การงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 4 ชนิด เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากการเพิ่มขึ้นของค่า DPPH radical scavenging activity ภายหลังการดูดน้ำและลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตามความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดแต่ละชนิดตอบสนองต่อสารละลายที่ใช้ทำ priming ต่างกัน โดยเมล็ดแตงกวาที่แช่ในสารละลายกลูโคสและแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากที่สุด เปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดข้าวโพดหวานที่แช่ในน้ำกลั่นและสารละลายซูโครสความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดงาดำที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และน้ำกลั่น และเมล็ดมะเขือเทศที่แช่ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การทำ priming คุณภาพเมล็ดพันธุ์ การงอกของเมล็ด

คำนำ

เมล็ดพันธุ์พืชหลายชนิดมักประสบปัญหาเรื่องความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดต่ำอันเนื่องมาจากการพักตัวของเมล็ด การเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้เมล็ดเกิดการเสื่อมสภาพซึ่งการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาทำให้โครงสร้างต่างๆ เสียสภาพไปไม่สามารถกลับมามีความสมบูรณ์และมีคุณภาพดีดังเดิม (วันชัย, 2537) ซึ่งเมล็ดข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาเป็นเวลานานทำให้เมล็ดมีความงอกลดลง เมล็ดงาดำซึ่งมีไขมันเป็นองค์ประกอบสูงจึงเกิดการเสื่อมสภาพง่ายความงอกลดลง ส่วนเมล็ดแตงกวานั้นมีการพักตัวภายหลังการเก็บเกี่ยวส่งผลให้ความงอกต่ำ ขณะที่เมล็ดมะเขือเทศมีรายงานว่าเมล็ดมีการพักตัวเนื่องจากสาร ABA ซึ่งสาเหตุต่างๆ เหล่านี้ส่งผลให้ความงอกและความ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

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

[2] โรงเรียนวัดราชโอรส เขตจอมทอง กรุงเทพฯ 10150

[2] Watratcha-o-ros School, Chom Thong, Bangkok 10150

แข็งแรงของเมล็ดต่ำ การ priming เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้มีความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น (Bewly และคณะ, 1993) โดยช่วยเร่งให้เมล็ดเกิดกระบวนการทางชีวเคมีขึ้นเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการงอก แต่เมล็ดพืชแต่ละชนิดนั้นมีการตอบสนองต่อการทำ priming แตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาสารละลายที่เหมาะสมในการ priming เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน งาดำ แตงกวา และมะเขือเทศ เพื่อยกระดับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดข้าวโพดหวาน งาดำ แตงกวา และมะเขือเทศ มาแช่ในน้ำกลั่น สารละลายกลูโคส ซูโครส โซเดียมคลอไรด์ แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 9 ชั่วโมง แล้วนำมาล้างด้วยน้ำกลั่น ก่อนนำเมล็ดไปลดความชื้นให้ใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้น โดยนำเมล็ดอบที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นแล้วมาตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การงอก (Germination percentage) ดัชนีการงอก (Germination index: GI) ตามวิธีของ ISTA (2007) และค่า DPPH radical scavenging activity ดัดแปลงตามวิธีของ (Yen และคณะ (1995) วางแผนการทดลองแบบการทดลองแบบ completely randomized design และวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SAS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT)

ผลการทดลอง

การทำ priming ด้วยสารละลายชนิดต่างๆ ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 4 ชนิด สามารถกระตุ้นให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อสารละลายที่ใช้ในการทำ priming แตกต่างกัน โดยพบว่าเมล็ดแตงกวามีการตอบสนองต่อการทำ priming ในสารละลายกลูโคสมากที่สุด ความงอกเพิ่มขึ้นจาก 30.76 เปอร์เซ็นต์ เป็น 88.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดมะเขือเทศและเมล็ดงาดำตอบสนองต่อสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มากกว่าสารละลายชนิดอื่นๆ โดยทำให้ความงอกเพิ่มขึ้นสูงสุด ขณะที่การแช่เมล็ดข้าวโพดหวานในน้ำกลั่นทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้นเป็น 89.33 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1)

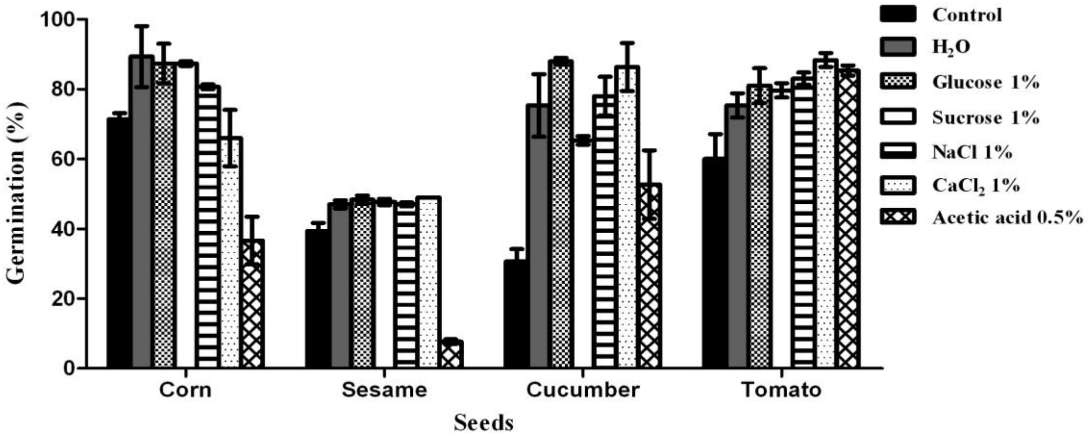


Figure 1 The effect of priming with different solutions on germination percentage of sweet corn, sesame, cucumber and tomato seeds

นอกจากนี้ยังทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและระยะเวลาในการงอกสั้นลง (Figure 2) และทำให้ค่า DPPH radical scavenging activity ของเมล็ดซึ่งเป็นค่าแสดงถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าภายหลังการทำ priming เมล็ดพันธุ์ทั้ง 4 ชนิด มีค่า DPPH เพิ่มขึ้น (Table 1)

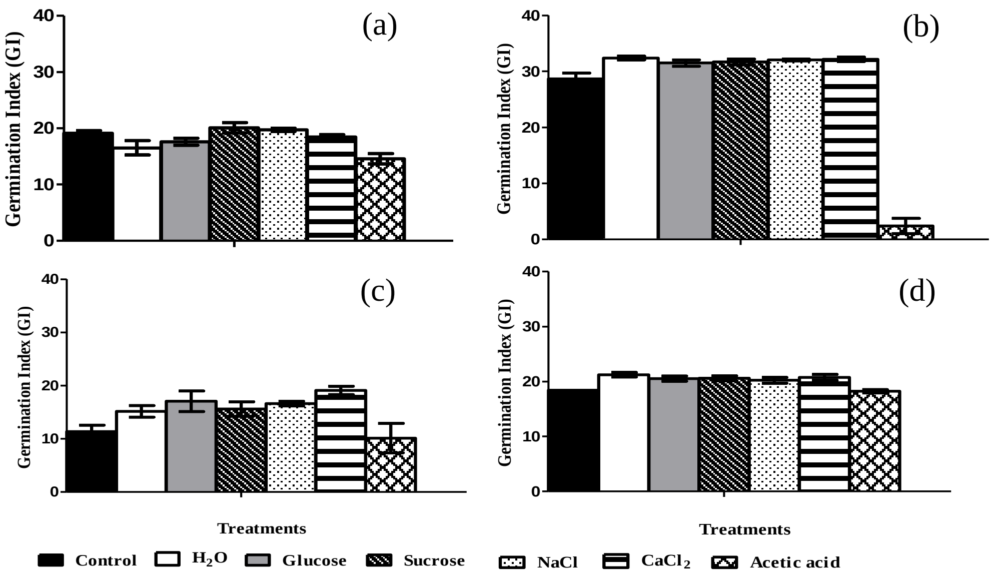


Figure 2 The effect of priming with different solutions on germination index (GI) of sweet corn (a), sesame (b), cucumber (c) and tomato (d) seeds

Table 1 DPPH radical scavenging activity of primed sweet corn, sesame, cucumber and tomato seeds with distilled water, glucose, sucrose, sodium chloride, calcium chloride solution at 1 % and acetic acid 0.5%

Solutions	DPPH radical scavenging activity (%)							
	Sweet corn		Sesame		Cucumber		Tomato	
	BD*	AD*	BD*	AD*	BD*	AD*	BD*	AD*
Control	89.00	89.00	10.81e	10.81d	93.54a	89.00c	75.01b	75.01b
Distill water	90.33	90.00	76.18bc	84.74ab	93.40a	91.71bc	92.09a	90.69a
Glucose 1%	90.67	92.33	77.54ab	84.74ab	93.54a	94.34ab	92.42a	90.91a
Sucrose 1%	91.00	90.67	75.48bc	86.76a	94.71a	66.23e	91.30a	90.55a
NaCl 1%	91.00	90.67	66.31d	75.67c	93.92a	91.11c	90.59a	89.14a
$CaCl_2$ 1%	91.33	89.00	73.65c	83.67ab	95.07a	95.32a	91.16a	89.33a
Acetic acid 0.5%	92.33	90.67	78.99a	81.24b	93.59a	85.63d	88.86a	90.22a
F-test	ns	ns	**	**	**	**	*	*
C.V. (%)	1.57	2.52	2.12	3.23	1.49	1.79	6.12	6.14

*BD = Before drying, AP = After drying

Means in the same column followed by same letter are not significantly different by Duncan's New Multiple Range Test at $p \leq 0.05$

วิจารณ์ผล

การทำ priming ด้วยสารละลายที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้น และบางชนิดทำให้เมล็ดมีความงอกลดลง ซึ่งจากรายงานสรุปได้ว่า เมล็ดข้าวโพดหวานเหมาะสมกับการทำ priming ด้วยน้ำทำให้มีความงอกเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ทักษอร และ ทรงศิลป์ (2550) ที่แช่เมล็ดข้าวโพดไร่พันธุ์สุวรรณ 5 ในน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 3-9 ชั่วโมง มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกภายหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมล็ดงาดำและเมล็ดมะเขือเทศที่แช่ในสารละลาย

แคลเซียมคลอไรด์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกมากที่สุดเนื่องจากแคลเซียมมีความสำคัญต่อเสถียรภาพของเมมเบรนและเป็นโคเฟคเตอร์ เช่นเดียวกับ Kirosassefa และคณะ (2010) ที่ prime เมล็ดถั่วเหลืองด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การงอกและเปอร์เซ็นต์การงอกในโรงเรือนสูงที่สุด ขณะที่เมล็ดแตงกวานั้นเหมาะที่จะแช่ในสารละลายกลูโคสมากที่สุด เนื่องมาจากน้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่สามารถนำไปใช้ได้ทันที และเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญ แต่กลับมีรายงานว่าปริมาณกลูโคสที่ความเข้มข้นสูงเหนี่ยวนำให้เกิดการสะสม ABA ส่งผลให้ชะลอการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของต้นอ่อน Arabidopsis (Price และคณะ, 2003) ส่วนการเพิ่มขึ้นของ DPPH radical scavenging activity ของเมล็ดทั้ง 4 ชนิด ทั้งก่อนและหลังอบแห้งนั้นเนื่องมาจากการทำ priming และการอบแห้งนั้นทำให้เมล็ดมีการสะสมของ Reactive oxygen species (ROS) เนื่องจากขบวนการหายใจที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เมล็ดเกิดสภาวะเครียดจึงเร่งให้เกิดขบวนการ oxidative stress ขึ้นภายในเซลล์ ดังนั้นเมล็ดจึงมีกลไกในการป้องกันตัวเองโดยจะสร้างเอนไซม์บางชนิดที่เกี่ยวข้องในการกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น (McDonald, 1999) จึงทำให้ค่า DPPH radical scavenging activity ของเมล็ดทั้ง 4 ชนิด เพิ่มขึ้นภายหลังการทำ priming อย่างไรก็ตามควรมีการวิเคราะห์เกี่ยวกับเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมเพื่อยืนยันผลอีกครั้ง

สรุปผล

การทำ priming เมล็ดพันธุ์ทั้ง 4 ชนิด ด้วยน้ำ สารละลายกลูโคส ซูโครส โซเดียมคลอไรด์ และแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก ความแข็งแรง และค่า DPPH radical scavenging activity ของเมล็ดเพิ่มขึ้น ซึ่งเมล็ดแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อสารละลายแตกต่างกัน โดยเมล็ดแตงกวานั้นมีการตอบสนองต่อการทำ priming มากที่สุด ดังนั้นการ priming สามารถยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน งาดำ แตงกวา และมะเขือเทศให้มีคุณภาพดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ทักษอร บุญชู และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, 2550, การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของข้าวโดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ 5 ภายหลังการทำ hydropriming, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 38(5)(พิเศษ): 152-155.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2537, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่, ภาควิชาไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 213 หน้า.

Bewley, J.D. and Black, M., 1983, Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination, Seed Viability, Domancy and Environmental Control, Springer-Verlay, New York, 375 p.

Kirosassefa, M., Hunje, R., Koti, R.V. and Biradarpatil, N.K., 2010, Enhancement of Seed Quality in Soybean Following Priming Treatments, Karnata Journal of Agricultural and Science, 23(5): 780-787.

McDonald, M.B., 1999, Seed deterioration: physiology, repair and assessment, Seed Science and Technology, 27: 177-237.

Price, J., Li, T.C., Kang, S.G., Shin, G.K., Jong, K.N. and Jang, J.C., 2003, Mechanisms of Glucose Signaling during Germination of Arabidopsis, Plant Physiology, 132: 1424-1438.

ผลของอุณหภูมิต่ำต่ออาการสะท้านหนาว ปริมาณวิตามินซีและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของถั่วงอก

Chilling Injury, Vitamin C and Anti-Oxidant Activity of Mung Bean Sprouts as Effected of Low Temperature

นิภาดา ราญมีชัย[1] และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]
Ranmeechai, N.[1] and Photchanachai, S.[1]

Abstract

The study of chilling injury (CI), vitamin C and anti-oxidant activity of mung bean sprouts was investigated. Three-hundred grams of mung bean sprouts was packed in a closed plastic box (15×25×6.5 cm) and then stored at 0, 4 and 10ºC. CI indicated by browning appearance, total vitamin C and DPPH radical scavenging activity were also monitored. Sensory quality in term of off-odor and over-all preference was intensively evaluated by 3 trained panelists. It was found that CI in sprouts was significantly increased and sensory quality showed the highest off-odor and lowest over-all preference of sprouts at 0ºC after 4 days storage. CI of mung bean sprouts stored at 4 and 10ºC was observed less than 10%, and those sprouts were accepted by consumers after 6 days. Total vitamin C was significantly delayed by 4ºC but off-odor, DPPH radical scavenging activity, and overall acceptance of mung bean sprouts at 10ºC was greater compared to the sprouts at 4ºC. These indicated that the storage temperature for mung bean sprouts packed in a closed plastic box would be above 4ºC.

Keywords: mung bean sprouts, chilling injury, vitamin C, anti-oxidant activity

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำต่ออาการสะท้านหนาว (chilling injury; CI) ปริมาณวิตามินซีและกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระของถั่วงอก โดยบรรจุถั่วงอก 300 กรัมในกล่องพลาสติกปิดฝาขนาด 15×25×6.5 เซนติเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 4 และ 10 องศาเซลเซียส เมื่อตรวจอาการสะท้านหนาวจากการเกิดสีน้ำตาล ปริมาณวิตามินซี กิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระ และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นผิดปกติและความชอบโดยรวมให้คะแนนโดยผู้ที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 3 คน พบว่า ถั่วงอกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้านหนาว มีกลิ่นผิดปกติสูง และความชอบโดยรวมต่ำที่สุดในวันที่ 4 ขณะที่ถั่วงอกที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบอาการสะท้านหนาวต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับจนกระทั่งในวันที่ 6 การเก็บรักษาถั่วงอกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีปริมาณวิตามินซีลดลงน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถั่วงอกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ยังคงมีกลิ่น กิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระและคะแนนความชอบโดยรวมดีกว่าถั่วงอกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ดังนั้น การเก็บรักษาถั่วงอกในกล่องพลาสติกปิดฝาจึงควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่า 4 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ถั่วงอก อาการสะท้านหนาว ปริมาณวิตามินซี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ปัญหาสำคัญของถั่วงอกคือ การเกิดสีน้ำตาลและเน่าเสียง่าย ซึ่งมีสาเหตุมาจากกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งออกซิไดส์สารประกอบฟีนอลไปจนเกิดสีน้ำตาลขึ้น การเก็บรักษาผักและผลไม้สดที่อุณหภูมิต่ำจะชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ แต่ที่อุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้ผลผลิตเกิดอาการสะท้านหนาวได้ การเก็บรักษาผลิตผลสดที่อุณหภูมิที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวและยืดอายุการเก็บรักษา อาทิ เก็บรักษาบลูเบอร์รี่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1 องศาเซลเซียสจะทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว โดยลักษณะที่พบคือการยุบตัวของเซลล์ผิว (Rennie และคณะ, 2003) เช่นเดียวกับการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน แสดงอาการสะท้านหนาวมากที่สุดและอาการที่เกิดขึ้น คือ การยุบตัวของเนื้อเยื่อ และฉ่ำน้ำ (นันทวุฒิ และ ดนัย, 2546)

[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

นอกจากนี้การเก็บรักษาถั่วพูที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะเกิดอาการสะท้านหนาวสามารถมองเห็นได้จากการเกิดสีน้ำตาล (สิญา และ รุจิรา, 2554) ลักษณะปรากฏที่ชัดเจนโดยทั่วไปคือ แสดงอาการตายของเซลล์ที่ผิว ทำให้รอยบุ๋มหรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (จริงแท้, 2553) สำหรับถั่วงอกอาการสะท้านหนาวที่น่าจะสังเกตได้ชัดเจนคือ การเกิดสีน้ำตาลและการยุบตัวของเนื้อเยื่อ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องระหว่างการเก็บรักษาถั่วงอกที่อุณหภูมิต่ำกับอาการสะท้านหนาวและลักษณะที่ปรากฏของอาการในถั่วงอกยังมีจำกัด ดังนั้น จากการทดสอบเบื้องต้นเพื่อสังเกตอาการสะท้านหนาวของถั่วงอกเมื่อเก็บรักษา งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำต่ออาการสะท้านหนาว ปริมาณวิตามินซีและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของถั่วงอก

อุปกรณ์และวิธีการ

นำถั่วงอก 300 กรัม บรรจุในกล่องพลาสติกปิดฝาขนาด 15×25×6.5 เซนติเมตร จากนั้นเก็บรักษาถั่วงอกในห้องเย็นที่ไม่มีแสงอุณหภูมิ 0 4 และ 10 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ในวันที่ 4 และ 6 โดยตรวจวัดปริมาณวิตามินซี กิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระ และการให้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภค (hedonic 9 scale) ได้แก่ อาการสะท้านหนาว ให้คะแนนจากการเกิดสีน้ำตาล การเกิดกลิ่นผิดปกติ และความชอบโดยรวม โดยผู้ที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 3 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบเบื้องต้น เพื่อศึกษาลักษณะการเกิดอาการสะท้านหนาวของถั่วงอก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน แล้วนำออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25 – 30 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ถั่วงอกปรากฏลักษณะสีน้ำตาลบริเวณลำต้นและรากซึ่งสันนิษฐานว่า เป็นอาการสะท้านหนาว และเป็นอาการที่พบโดยทั่วไปในพืชส่วนใหญ่ เพราะเกิดการตายของเซลล์ที่ผิว ทำให้เกิดรอยบุ๋ม หรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (จริงแท้, 2553) เมื่อทำการทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการทนทานต่ออุณหภูมิต่ำ โดยเก็บรักษาถั่วงอกที่อุณหภูมิ 0 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ถั่วงอกเกิดสีน้ำตาลมากขึ้นและมีการยุบตัวลงของเนื้อเยื่อตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยถั่วงอกที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาล 5.17 คะแนนตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษาและในวันที่ 6 พบอาการรุนแรงมากขึ้น (5.92 คะแนน) และสูงกว่าที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งมีคะแนน 5.58 และ 5.33 คะแนนและไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1a) แสดงว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาถั่วงอกนั้นควรสูงกว่า 4 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้านความชอบโดยรวม และการเกิดกลิ่นผิดปกติ (Figure 2 a และ b) ร่วมกับการเกิดอาการสะท้านหนาวพบว่า ผู้บริโภคไม่ยอมรับถั่วงอกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ตั้งแต่วันที่ 4 ส่วนถั่วงอกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียสผู้บริโภคยังคงยอมรับจนกระทั่งในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้ต่างจากการเก็บรักษาส้มสายน้ำผึ้งที่สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส (ปาริชาติ และคณะ, 2554) ซึ่งต่ำกว่าถั่วงอก ในขณะที่ผลชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่า 6 องศาเซลเซียส จึงจะไม่แสดงอาการสะท้านหนาว (จารุณี, 2551) สำหรับปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่การเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณวิตามินซีลดลงน้อยที่สุด (Figure 1b) รองลงมาคือ ถั่วงอกเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ การลดลงของวิตามินซีในถั่วงอกนั้นอาจจะมีสาเหตุจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง เช่นเดียวกันกับการเก็บรักษาผลตะลิงปลิงที่อุณหภูมิสูงจะมีการสูญเสียวิตามินเพิ่มมากขึ้น (อดิศักดิ์, 2554) จึงทำให้การเก็บรักษาถั่วงอกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีวิตามินซีลดลงมากกว่า อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ถั่วงอกไม่เกิดกลิ่นผิดปกติตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (Figure 2a) มีคะแนนความชอบโดยรวม (Figure 2b) และมีกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระ มากกว่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 4 องศาเซลเซียส (Figure 1c) ดังนั้น การเก็บรักษาถั่วงอกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (หรือสูงกว่า 4 องศาเซลเซียส) ในกล่องพลาสติกปิดฝาสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน 6 วัน

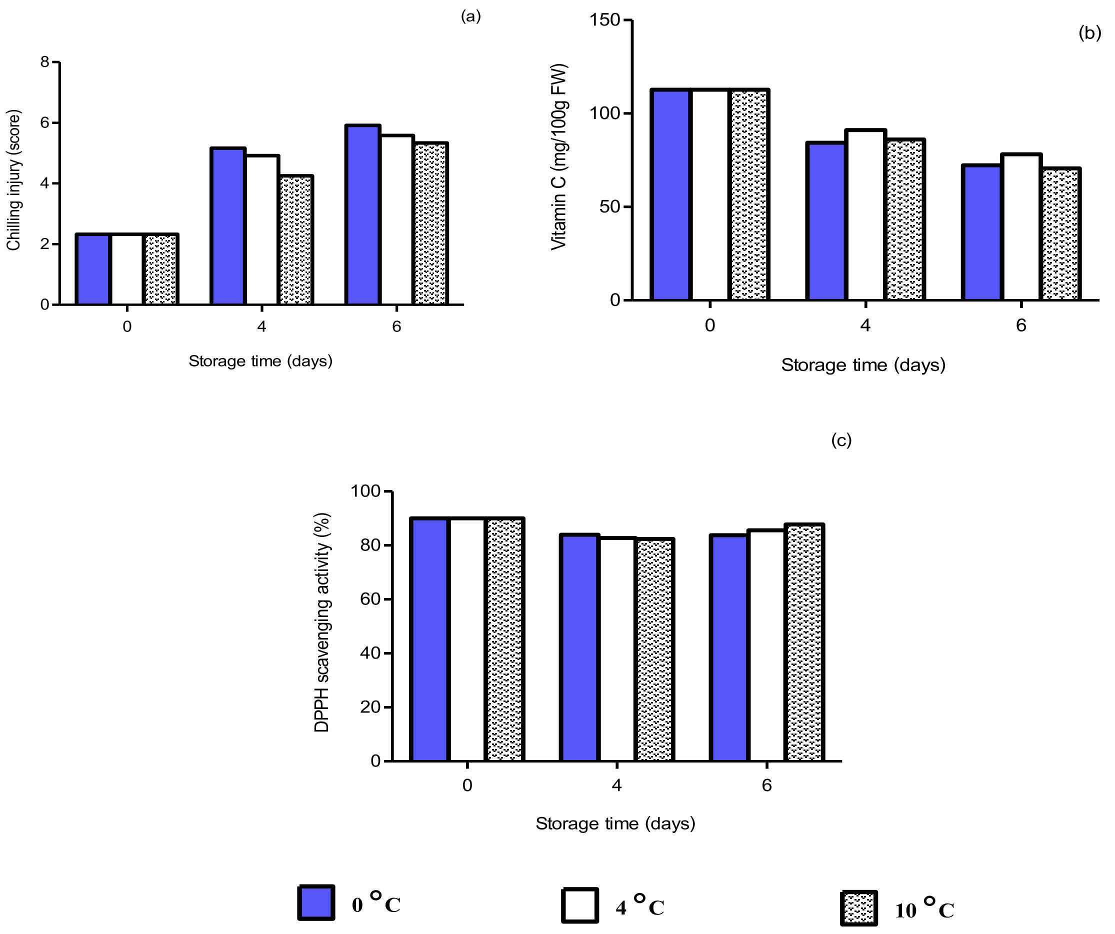


Figure 1 Effect of temperature at 0, 4, 10ºC on a) chilling injury score, b) vitamin C, and c) anti-oxidant activity

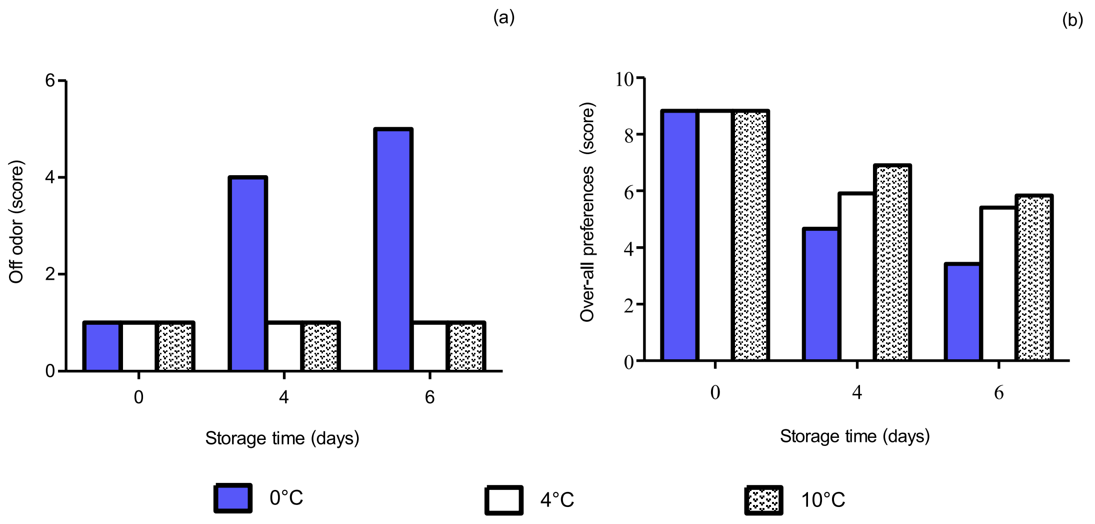


Figure 2 Effect of temperature at 0, 4, 10ºC on a) off odor and b) overall acceptance

สรุปผล

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้านหนาว โดยอาการที่พบคือ การเกิดสีน้ำตาลที่ลำต้นและราก มีการยุบตัวลงของเนื้อเยื่อ มีกลิ่นผิดปกติสูง และความชอบโดยรวมต่ำที่สุดในวันที่ 4 ส่วนเก็บรักษาถั่วงอกที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส พบอาการสะท้านหนาวต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับในวันที่ 6 ถึงแม้ว่าการเก็บถั่วงอกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณวิตามินซีลดลงน้อยที่สุด แต่ถั่วงอกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ยังคงมีกลิ่น กิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระและคะแนนความชอบโดยรวมดีกว่า ดังนั้น การเก็บรักษาถั่วงอกในกล่องพลาสติกปิดฝาจึงควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่า 4 องศาเซลเซียส เพื่อชะลอการเสื่อมสภาพของถั่วงอกได้เป็นระยะเวลานาน

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2542, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม, 396 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช, 2553, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม, 453 หน้า.

จารุณี จูงกลาง, 2551, การเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีระและชีวเคมีบางประการของผลชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ในสภาวะอุณหภูมิต่ำ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 39(3): 103-106.

นันทวุฒิ อิ่มศูนย์ และ ดนัย บุณยเกียรติ, 2546, ผลของการใช้ความร้อนต่อการลดอาการสะท้านหนาวของมะเขือเทศ, วารสารเกษตร, 19(1): 37–45.

ปาริชาติ แสงทอง เสาวลักษณ์ อุ่นเป็ง และ อุษาวดี ชนสุต, 2554, ลักษณะภายนอกและกายวิภาคของเปลือกส้มเขียวหวานพันธุ์ สายน้ำผึ้งที่แสดงอาการสะท้านหนาว, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3): 327-330.

สิญา สุขศรีทอง และ รุจิรา ตาปราบ, 2554, ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของถั่วพู, การประชุมวิชาการครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, หน้า 1623–1630.

อดิศักดิ์ จูมวงษ์, 2554, ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีและอายุการเก็บรักษาของผลตะลิงปลิง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3)(พิเศษ): 311-314.

Rennie, T.J., Vigneault, C. and DeEll, J.R., 2003, Cooling and Storage, *In* G.S. Vijaya Raghavan (ed.), Handbook of Postharvest Technology, Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 505-538.

ผลของอุณหภูมิต่ำต่อลักษณะปรากฏของถั่วงอก

Effect of Low Temperature on Mung Bean Sprouts Appearance

สุปราณี แก้ววิหาร[1] นภสร มงคลสวัสดิ์[2] และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]
Kaewwihar, S.[1], Mongkolsawat, N.[2] and Photchanachai, S.[1]

Abstract

Storage temperature is a crucial factor affecting quality of mung bean sprouts. Temperature directly affects metabolism and microorganism growth in sprouts. Storage at low temperatures is preferred, but low temperatures often cause damage to fresh produces. The purpose of this research was to study the effects of low temperature (0, 4, and 10°C) on sprout appearance kept in polypropylene bags perforated by Ø 0.3 mm holes over 0.45% of the total bag area (900 cm^2). Results showed that the optimal storage temperature was 10°C, as it maintained crispiness; delayed weight loss, browning, and chilling injury symptoms; and allowed the greatest appearance score for 6 days. However, slight chilling injury symptoms were observed in the sprouts kept at 0 and 4°C after 4 days, and the symptoms increased severely on day 6 of storage, to a point where consumers would not accept the sprouts.

Keywords: mung bean sprouts, low temperature, chilling injury

บทคัดย่อ

อุณหภูมิในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของถั่วงอก อุณหภูมิส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในถั่วงอก และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ การเก็บรักษาผลิตผลจึงควรเก็บไว้ในสภาพอุณหภูมิต่ำ แต่อุณหภูมิต่ำก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสียหายกับผลผลิตสด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำ (0, 4 และ 10 องศาเซลเซียส) ต่อลักษณะปรากฏของถั่วงอกที่บรรจุในถุง polypropylene เจาะรู เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 มิลลิเมตรและมีอัตราส่วน 0.45 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ถุงทั้งหมด (900 ตารางเซนติเมตร) ซึ่งพบว่า ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเหมาะสมต่อการเก็บรักษาถั่วงอกได้ดีที่สุด เนื่องจากยังคงรักษาความกรอบ ชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเกิดสีน้ำตาลและอาการสะท้านหนาว และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีที่สุดเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 4 องศาเซลเซียส ปรากฏอาการสะท้านหนาวเพียงเล็กน้อยในวันที่ 4 และอาการรุนแรงขึ้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา จนกระทั่งผู้บริโภคไม่ยอมรับถั่วงอกดังกล่าว

คำสำคัญ: ถั่วงอก อุณหภูมิต่ำ อาการสะท้านหนาว

คำนำ

การเก็บรักษาถั่วงอก ซึ่งเป็นผักอวบน้ำ บอบช้ำและเน่าเสียได้ง่ายไว้ที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นได้ แต่การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะส่งผลทำให้เกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (Chilling injury) ซึ่งมีสาเหตุจากเยื่อหุ้มเซลล์ไม่สามารถทำงานได้ เกิดการยุบตัว ฉ่ำน้ำ และเชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายได้ง่าย ส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น มีอายุการเก็บรักษาสั้น (นภัสวรรณ และคณะ, 2554) รายงานว่า การเก็บรักษาถั่วงอกในถุงโพลีโพรพิลีนเจาะรูที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบอาการสีน้ำตาลของถั่วงอกมากว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ถั่วงอกที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีนไม่เจาะรูมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าและมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเมื่อเก็บรักษานาน 5 วัน อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับอุณหภูมิต่ำที่สุดที่สามารถเก็บรักษาถั่วงอกได้โดยไม่เกิดลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของการเก็บ

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพฯ 10150
[1] Postharvest Technology Programme, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, (Bangkhuntein) Bangkok 10150
[2] โรงเรียนพนัสพิทยาคาร อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี 20140
[2] Phanatpittayakarn, Phanat Nikhom, Chonburi, 20140

รักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อลักษณะปรากฏของถั่วงอก ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการยืดอายุการเก็บรักษาหรือวางจำหน่ายถั่วงอกได้

อุปกรณ์และวิธีการ

นำถั่วงอกถั่วเขียวที่ซื้อจากบริษัทนานาผลิตภัณฑ์เกียรติคุณ และขนส่งมายังห้องปฏิบัติการโดยรถแท็กซี่ หลังจากนั้นนำมาคัดเลือกเอาเฉพาะต้นที่ดี ไม่ช้ำหรือเน่า ไม่มีส่วนของเปลือกติดอยู่ที่ใบเลี้ยง บรรจุถั่วงอก 500 กรัม ลงในถุงโพลีโพรพิลีน (PP) ที่ทำการเจาะรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร จำนวน 8 รู (0.45 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ถุงทั้งหมด) แล้วปิดผนึก และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 4 10 และ 13 องศาเซลเซียส โดยมีชุดควบคุมคือ ถุงโพลีโพรพิลีนไม่เจาะรู เก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส ทำการทดลอง 4 ซ้ำ นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุก 2 วัน จนหมดอายุการเก็บรักษา ดังนี้ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ค่าความกรอบวัดด้วยเครื่อง Texture analyzer TA-XT แบบหัวเฉือน โดยวัดตรงกลางลำต้นถั่วงอก อาการสะท้านหนาว โดยการให้คะแนน ไม่เกิดอาการเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ และเกิดอาการสะท้านหนาว น้อยกว่า 5, 5-20, 26-50 หรือ มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 10 คน โดยการให้คะแนนแบบ 9 จุด ด้านการเกิดสีน้ำตาล การเกิดกลิ่นผิดปกติ และความชอบโดยรวม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการเก็บรักษาถั่วงอกไว้ที่อุณหภูมิ 0, 4, 10 และ 13 องศาเซลเซียส ต่อคุณภาพของถั่วงอก พบว่าถั่วงอกมีอายุการเก็บรักษานาน 6 วัน โดยถั่วงอกทุกชุดการทดลองสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ถั่วงอกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 และ 0 องศาเซลเซียสมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด (0.06 และ 0.19 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างกับถั่วงอกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Figure 1a) สอดคล้องกับค่าความกรอบ พบว่าที่อุณหภูมิ 0 และ 4 องศาเซลเซียสยังคงสามารถรักษาความกรอบของถั่วงอกได้ดีที่สุด (Figure 1b) เนื่องจากการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมของผลิต ทำให้อัตราการหายใจลดลง ถั่วงอกจึงสูญเสียน้ำหนักน้อยและรักษาความกรอบได้ดีกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (นิธิยา และ ดนัย, 2537; จริงแท้, 2548) สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ชนิต และคณะ, 2550) พบว่า การเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถชะลออัตราการหายใจ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาถั่วงอกไว้ที่อุณหภูมิต่ำเกินไปทำให้เกิดความเสียหายกับผลผลิตได้ โดยพบอาการสะท้านหนาวเกิดขึ้นในถั่วงอกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 4 องศาเซลเซียสเมื่อย้ายมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (27-28 องศาเซลเซียส) โดยเริ่มเกิดอาการในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (Figure 2) ลักษณะอาการสะท้านหนาวที่พบคือ ลำต้นและใบเลี้ยงแสดงอาการฉ่ำน้ำของเนื้อเยื่อ สังเกตอาการสะท้านหนาวในชั่วโมงที่ 2 (ไม่แสดงข้อมูล) และจะรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลา และแสดงอาการมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของนันทวุฒิ และ ดนัย (2546) พบว่า การเก็บรักษามะเขือเทศไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แสดงความเสียหายจากอาการสะท้านหนาวมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 6 และ 10 องศาเซลเซียส ในขณะที่ถั่วงอกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสถั่วงอกเกิดอาการสะท้านหนาวในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และเริ่มแสดงอาการในชั่วโมงที่ 4 โดยเกิดอาการประมาณ 26-50 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2) ซึ่งอาการสะท้านหนาวที่เกิดขึ้น พบในส่วนของใบเลี้ยงก่อนจากนั้นจะเกิดที่ลำต้น และเกิดอาการสีน้ำตาลร่วมด้วย เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ El-hilal และคณะ (2003) พบว่า การเก็บรักษาส้มแมนดารินไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส เมื่อย้ายมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องแสดงอาการสะท้านหนาวเพิ่มขึ้น ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัส (การเกิดสีน้ำตาล การเกิดกลิ่นผิดปกติ และความชอบโดยรวม) พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับถั่วงอกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมากที่สุด (1.50 1.27 และ 6.22 คะแนน) ตามลำดับ รองลงมาคือ ที่ 4 และ 0 องศาเซลเซียส (Figure 3a, b และ c)

สรุปผล

1. ถั่วงอกที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 0 4 และ 10 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้านหนาวชัดเจนตั้งแต่วันที่ 4 และ 6 ตามลำดับ ส่วนถั่วงอกที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ถั่วงอกไม่แสดงอาการ

2. อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาถั่วงอก คือ 10 องศาเซลเซียส เนื่องจากเกิดอาการสะท้านหนาวน้อย สูญเสียน้ำหนักน้อย มีค่าความกรอบดี และผู้บริโภคให้การยอมรับด้านประสาทสัมผัสดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2546, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมการเกษตรแห่งชาติ, 453 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ ดนัย บุณยเกียรติ, 2537, การปฏิบัติการภายหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 176 หน้า.

นภัสวรรณ เลี่ยมนิมิตร อภิรดี อุทัยรัตนกิจ เฉลิมชัย วงษ์อารีย์ และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, 2554, การศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์พลาสติกต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วงอกถั่วเขียว, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3)(พิเศษ): 637-640.

ชนิต วานิกานุกูล ศศิธร จันทนวรางกูร และ วาณี ชนเห็นชอบ, 2550, ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา (5 และ 10°C) ต่อคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนในภาชนะบรรจุที่มีการซึมผ่านของแก๊สสูง.การประชุมทางวิชาการของหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร หน้า 273-280.

นันทวุฒิ อิ่มศูนย์ และ ดนัย บุณยเกียรติ, 2546, ผลของการใช้ความร้อนต่ออาการสะท้านหนาวของมะเขือเทศ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 19: 37-45.

El-hilali, F., Ait-Oubahou, A., Remah, A. and Akhayat, O., 2002, Chilling Injury and Peroxidase Activity Changes in Fortune Mandarin Fruit During Low Temperature Storage, Journal of Plant Physiology, 29: 44-54.

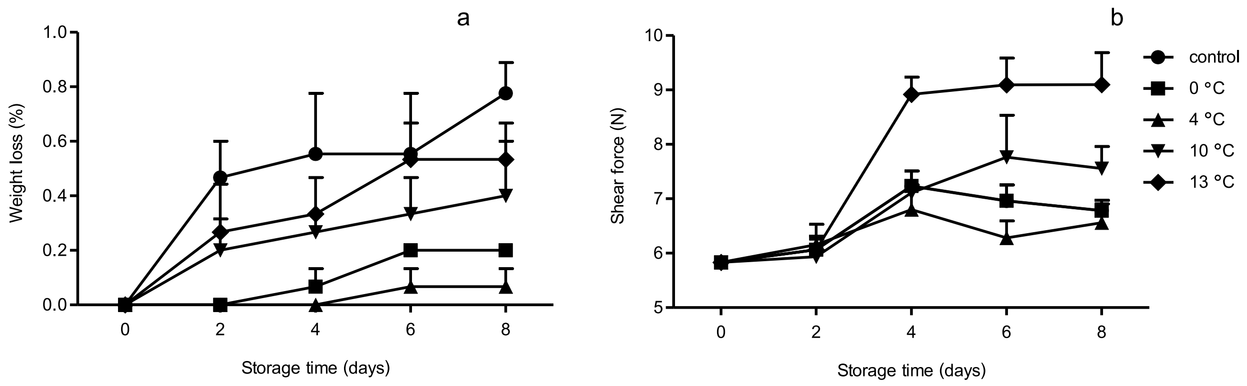


Figure 1 Weight loss (a) and shear force (b) of mung bean sprouts in polypropylene bags perforated stored at 0 4 10 and 13°C

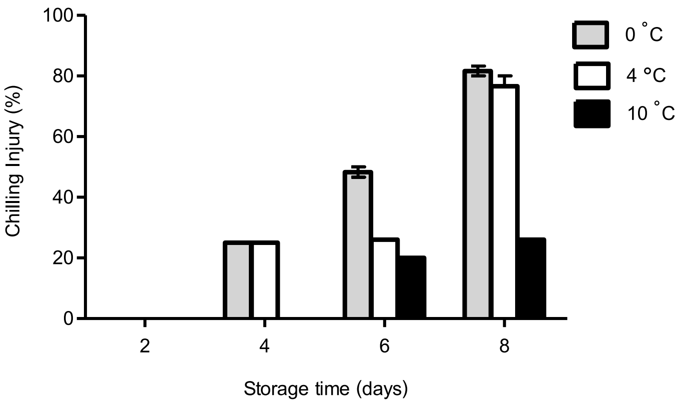


Figure 2 Chilling injury of mung bean sprouts in polypropylene bags perforated stored at 0, 4, 10 and 13°C

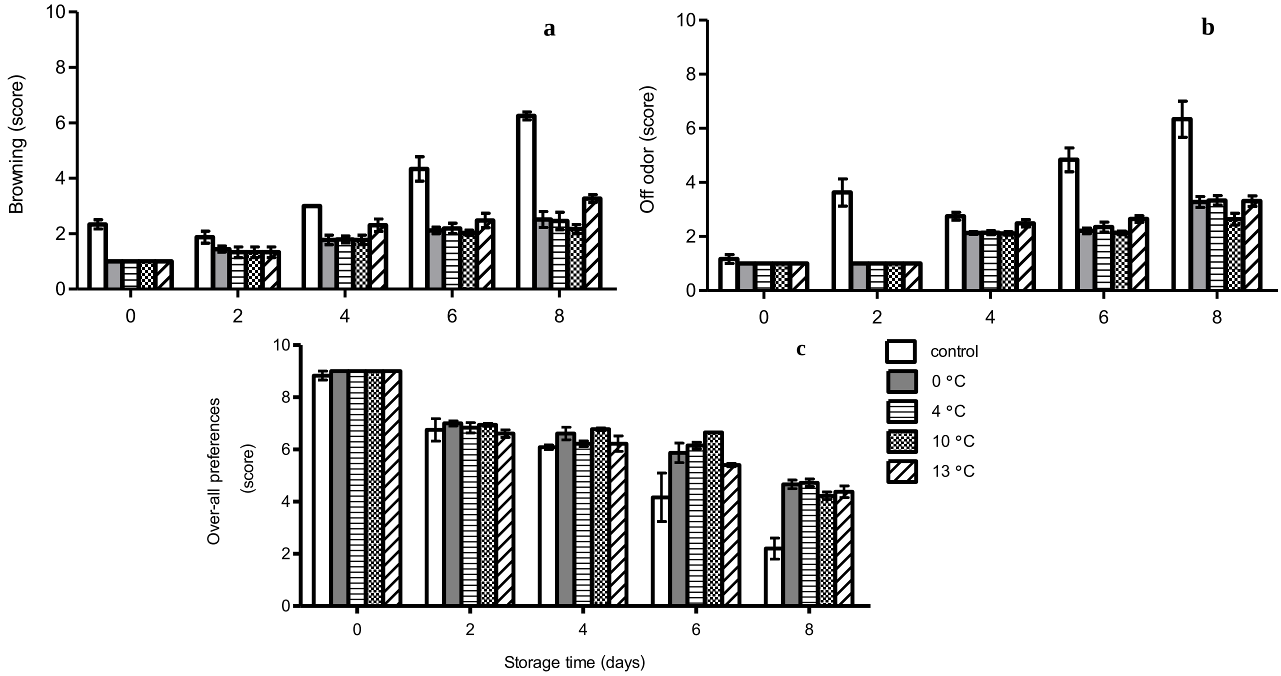


Figure 3 sensory evaluated quality of mung bean sprouts in polypropylene bags perforated stored at 0, 4, 10 and 13°C a) browning b) off-odor and c) overall appearance

องค์ประกอบทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะม่วงหิมพานต์

Physico-Chemical Composition and Antioxidant Activity of Cashew Apple Juice

ศรัณย์ ลาภนิธิพร[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Lapnitiporn, S.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Cashew apple was the waste or by-product from cashew nut processing. The proximate analysis showed that cashew apple consisted of 2.32% protein, 11.59% carbohydrate, 0.35% fat, 6.64% fiber, 0.43% ash and 78.67% moisture content. Cashew apple fresh juice produced from blended cashew apple, obtained 9°Brix total soluble solids, and its phytochemicals of phenolics and vitamin C were 38.1 g/100g and 238.07 mgAA/100g, respectively. However, cashew apple juice had higher antioxidant activities by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) than concentrated cashew apple juice (72.1°Brix). Total phenolic content and vitamin C of concentrated cashew apple juice were 16.5g/100g and 158.72mgAA/100g, respectively.

Keywords: cashew apple fresh juice, total phenolic content, vitamin C, antioxidant activity

บทคัดย่อ

ผลสดมะม่วงหิมพานต์ (Cashew apple) เป็นส่วนเหลือทิ้งจากการแปรรูปเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ไฟเบอร์ เถ้า และความชื้น ร้อยละ 2.32, 11.59, 0.35, 6.64, 0.43 และ 78.67 ตามลำดับ เมื่อนำผลสดมะม่วงหิมพานต์มาคั้นน้ำ พบว่าน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple fresh juice) มีปริมาณของแข็งละลายน้ำเท่ากับ 9°Brix และมีปริมาณสารพฤกษเคมี ได้แก่ ฟีนอลิกและวิตามินซี เท่ากับ 38.1 g/100g และ 238.07 mgAA/100g ตามลำดับ โดยมีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ วัดด้วย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) สูงกว่าน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น (concentrated cashew apple juice : 72.1°Brix) ที่มีปริมาณฟีนอลิกและวิตามินซี เท่ากับ 16.5 g/100g และ158.72mgAA/100g ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วิตามินซี การต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale* L.) เป็นพืชที่สามารถนำส่วนต่างๆ ของต้นมาใช้ประโยชน์ได้ ตั้งแต่ ราก ลำต้น ใบ ยอดอ่อน ผล เมล็ด เปลือก เป็นต้น แต่ผลสดมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple) เป็นส่วนเหลือทิ้งทางการเกษตร มีรสฝาด เน่าเสียง่าย และมีกลิ่นเฉพาะตัว จึงไม่ได้รับความนิยมในการบริโภค มีรายงานระบุว่าผลสดมะม่วงหิมพานต์เป็นแหล่งรวมของสารพฤษเคมี สารอาหารและสารสำคัญต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี คาร์โบไฮเดรต และ เกลือแร่ (Queiroz และคณะ, 2011) นอกจากนี้ยังพบสารสำคัญอื่นๆ เช่น anacardic acids, cardanols และ cardols (Carvalho และคณะ, 2011) เป็นต้น ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่มีประสิทธิภาพสูง ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น มะเร็ง เบาหวาน เก๊าต์ เนื้องอก หรือช่วยยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียและเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ Lipoxygenase ที่เป็นสาเหตุของเยื่อโพรงจมูกอักเสบ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยในการควบคุมน้ำหนัก (Jose และคณะ, 2010) นอกจากนี้ยังมีการวิจัยพบว่าผลสดมะม่วงหิมพานต์มีสาร quercetin (Brito และคณะ, 2007) ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟาโวนอยด์ (flavonoid) มีคุณสมบัติช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง และช่วยป้องกันการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือด (Manach และคณะ, 2005) เป็นต้น พันธุ์มะม่วงหิมพานต์แต่ละชนิดมีองค์ประกอบและปริมาณสารสำคัญต่างกัน เนื่องจากปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ องค์ประกอบของดิน การดูแล และลักษณะการเก็บเกี่ยว โดยหลังจากการเก็บเกี่ยว ผลสดมะม่วงหิมพานต์จะเน่าเสียได้เร็ว เนื่องจากมีลักษณะเนื้อที่อ่อนนุ่ม ฉ่ำน้ำ และบอบช้ำได้ง่าย จึงมีการแปรรูปผลสดมะม่วงหิมพานต์เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำมะม่วงหิมพานต์และสารสกัดน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น สุราและไวน์ เป็นต้น (Costa และคณะ,

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 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

2009) เพื่อคงคุณค่าทางสารอาหารและสารสำคัญต่างๆ แต่การแปรรูปดังกล่าวส่งผลให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซี เนื่องจากเสื่อมสลายได้ง่ายด้วยความร้อน ดังนั้นวิธีการหนึ่งเพื่อลดการสูญเสียสารสำคัญในการแปรรูป คือ การคั้นเป็นน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple fresh juice) ดังนั้นงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาองค์ประกอบของผลสดมะม่วงหิมพานต์ และปริมาณสารอาหารของน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์เปรียบเทียบกับน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น เพื่อนำข้อมูลจากงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมแปรรูปและพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลมะม่วงหิมพานต์ จากจังหวัดระนองมาแยกส่วนที่เป็นเม็ดมะม่วงหิมพานต์ออก ล้างผลสดมะม่วงหิมพานต์ด้วยน้ำกลั่น หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นละเอียดจากนั้นนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นดังนี้

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate compositions) ของผลสดมะม่วงหิมพานต์ได้แก่ปริมาณเถ้า โดยการเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสจนเป็นสีขาว (AOAC, 2000) ปริมาณไฟเบอร์โดยวิธี acid detergent digestion (AOAC, 2000) ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl's method (AOAC, 2000) ปริมาณไขมัน โดยวิธี Gravimetric solvent extraction (AOAC, 2000) ความชื้น โดยการนำตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (สมการที่ 1)

$$\%Carbohydrate = 100 - (\%Ash + \%Fiber + \%Protein + \%Fat + \%Moisture) \quad (1)$$

เตรียมน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple fresh juice) โดยนำผลมะม่วงหิมพานต์มาแยกส่วนที่เป็นเม็ดมะม่วงหิมพานต์ออก ล้างผลสดมะม่วงหิมพานต์ด้วยน้ำกลั่น หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นละเอียด กรองแยกกาก แล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ก่อนระเหยแห้ง (cashew apple fresh juice) และหลังระเหยแห้ง (concentrated cashew apple juice) ด้วยเทคนิคการทำให้เข้มข้นแบบการระเหย (evaporation) โดยใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และความดัน 42 mbar เพื่อแยกส่วนที่เป็นความชื้นหรือน้ำออกจากน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์ จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ(physicochemical properties) และคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ดังนี้

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายน้ำ (total soluble solid : TSS) ด้วย Refractometer (ATAGO, PAL-α, Japan) รายงานผลเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) โดยวิธี Total phenols assay ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ Kim และ Lee (2002) โดยใช้สารละลายตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น Folin-ciocalteu reagent สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้กรดแกลลิคเป็นสารละลายมาตรฐาน รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (กรัมกรดแกลลิค ต่อ 100 กรัม)

วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (Vitamin C content) ด้วย dye solution ตามวิธีของ AOAC (2000) โดยใช้สารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร เติม acid solution 10มิลลิลิตร แล้วนำไปไทเตรททันที่ด้วยสารละลาย standard dye solution จากนั้นคำนวณหาปริมาณวิตามินซี รายงานผลเป็นปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค ต่อ 100มิลลิลิตร) (สมการที่ 2)

$$\%Vit\ C\ (mg/100ml) = \frac{[dye\ solution]\ x\ titrate_{sample}\ x\ 100}{10\ ml\ sample} \quad (2)$$

เมื่อ $$[dye\ solution] = \frac{10\ mg\ ascorbic\ acid}{titrate_{std}}$$

วิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH scavenging activity assay) ดัดแปลงมาจากวิธีของ Kim และ Lee (2002) โดยผสมสารละลายตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร กับสารละลาย DPPH 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และนำมาคำนวณหาค่าร้อยละ DPPH (สมการที่ 3)

$$\%DPPH = \frac{A_{control} + A_{blank} - A_{test}}{A_{control}}\ x\ 100 \quad (3)$$

เมื่อ $A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ control (H_2O 1,000 µl + DPPH 2 ml)

A_{blank} คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ blank (sample 50 µl + H_2O 950 µl + ethanol 2 ml)

A_{test} คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ sample (sample 50 µl + H_2O 950 µl + DPPH 2 ml)

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม Statistical Analysis System (1997) (SAS)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลสดมะม่วงหิมพานต์มีผลกลมรีคล้ายผลชมพู่ ฉ่ำน้ำ มีกลิ่นเฉพาะตัว และมีสีเหลืองถึงสีแดงเข้ม เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น พบว่ามีปริมาณไฟเบอร์ ร้อยละ 6.64 และคาร์โบไฮเดรตสูงถึงร้อยละ 11.59 แต่มีปริมาณไขมันต่ำเพียงร้อยละ 0.35 (Table 1) ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพ สามารถนำมาพัฒนาและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เมื่อนำผลสดมะม่วงหิมพานต์มาคั้นน้ำได้ส่วนที่เรียกว่า น้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์มีสีเหลืองใส และมีกลิ่นเฉพาะตัว ส่วนน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้นที่ได้จากการระเหยแห้งน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเทคนิคการทำให้เข้มข้นแบบการระเหย พบว่า มีสีน้ำตาลเข้มถึงสีดำ หนืด และมีกลิ่นเฉพาะตัว เมื่อวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายน้ำ สารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซี ซึ่งเป็นมาตรฐานบ่งชี้ถึงคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ พบว่าน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์ (9°Brix, 38.1g/100g และ 238.07 mgAA/100g ตามลำดับ) มีคุณภาพสูงกว่าน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น (72.1°Brix, 16.5g/100g และ 158.72 mgAA/100g ตามลำดับ) โดยน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณวิตามินซีสูงกว่าน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) เนื่องจากกระบวนการแปรรูปเป็นน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้นมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซี เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น ส่งผลทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีลดลง เนื่องจากเสื่อมสลายได้ง่ายด้วยความร้อน ดังนั้นเทคนิคการแปรรูปที่สามารถคงคุณค่าทางสารอาหารและลดการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีอีกเทคนิคหนึ่ง คือ การคั้นเป็นน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์ นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย DPPH scavenging activity assay พบว่าน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์มีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงถึงร้อยละ 95.06 ซึ่งมีค่าสูงกว่าน้ำมะม่วง หิมพานต์เข้มข้นที่มีค่าเพียงร้อยละ 92.59 (Table 2) อีกทั้งยังพบว่าน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์มีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ารายงานวิจัยของ Queiroz และคณะ (2011) อย่างไรก็ตามปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงกล่าวได้ว่าคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะม่วง หิมพานต์มีค่าแปรตามปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นผลมาจากการที่น้ำมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจากข้อมูลข้างต้นจึงไม่อาจกล่าวได้ว่า ปริมาณวิตามินซีที่พบในน้ำมะม่วงหิมพานต์มีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพียงชนิดเดียว ซึ่งสารประกอบฟีนอลิก ชนิดอื่นอาจมีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้เช่นเดียวกัน เช่น สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Manach และคณะ, 2005) แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน (Bastos และคณะ, 2012) เป็นต้น เนื่องจากปริมาณวิตามินซีในน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้นมีปริมาณที่น้อยกว่าน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์มาก แต่มีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผล

ผลสดมะม่วงหิมพานต์มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นแหล่งรวมของสารพฤกษเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซี ที่พบได้มากในผลสดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง เมื่อนำมาแปรรูปเป็นน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์ พบว่าสามารถรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซี อีกทั้งยังคงคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้สูงกว่าการแปรรูปเป็นน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และ บริษัท เฮอริเทจโกรวเวอร์ คอปปอเรชั่น จำกัด ที่ให้การสนับสนุนน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, Official Method of Analysis of AOAC International, 17th ed. Horwitz, Willium : Association of Offcial Analytical Chemistrs. Inc.

Assuncao, R.B. and Mercadante, A.Z., 2003, Carotenoids and Ascorbic Acid Composition from Commercial Products of Cashew Apple (*Anacardium occidentate* L.), Journal of Food Composition and Analysis, 16: 647-657.

Brito, E.S., Araujo, M.C.P., Lin, L.Z. and Harnly, J., 2007, Determination of the Flavonoid Components of Cashew Apple (*Anacardium occidentate*) by LC-DAD-ESI/MS, Food Chemistry, 105: 1112-1118.

Bastos, D.S., Goncalves, M.P., Andrade, C.T., Araujo, K.G.L. and Leao, M.H.M.R., 2012, Microencapsulation of Cashew Apple (*Anacardium occidentale*, L.) Juice Using a New Chitosan-commercial Bovine Whey Protein Isolate System in Spray Drying, Food and Bioproducts Processing, FBP-311, 10p.

Carvalho, A.L.N., Annoni, R., Silva, P.R.P., Borelli, P., Fock, R.A., Trevisan, M.T.S. and Mauad, T., 2011, Acute, Subacute Toxicity and Mutagenic Effects of Anacardic Acid from Cashew (*Anacardium occidentate* Linn.) in Mice, Journal of Ethnopharmacology, 135: 730-736.

Costa, J.M.C.D.A., Felipe, É.M.D.E.F., Maia, G.A., Hernandez, F.F.F. and Brasil, I.M., 2009, Production and Characterization of the Cashew Apple (*Anacardiumo ccidentale*L.) and Guava (*Psidium Guajava* L.) Fruit Powders, Journal of Food Processing and Preservation, 33: 299-312.

Jose, C.C., Lilia, C.J., Eduardo, G.H. and Belen, G.V., 2010, Antioxidant Capacity, Phenolic Content and Vitamin C in Pulp, Peel and Seed from 24 Exotic Fruits from Colombia, Food Research International, 44: 2047-2053.

Kim, D.O. and Lee, C.Y., 2002, Extraction and Isolation of Polyphenolics, Current Protocols in Food Analytical Chemistry, R. E., Wrolstad., New York, pp 11.2.1-11.2.12.

Manach, C., Mazur, A. and Scalbert, A., 2005, Polyphenols and Prevention of Cardiovascular Diseases, Current Opinion in Lipidology, 16: 77-84.

Queiroz, C., Lopes, M.L.C.M., Fialho, E. and Mesquita, V.L.V., 2011, Changes in Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Fresh-cut Cashew Apple, Food Research International, 44: 1459-1462.

Table 1 Composition of Cashew apple[1] (%)

Proximate composition	Ash	Fiber	Protein	Fat	Moisture	Carbohydrate
% Content	0.43±0.01	6.64±0.14	2.32±0.04	0.35±0.03	78.67±0.09	11.59±0.39

[1] Results are expressed as mean ± standard deviation (n = 3)

Table 2 Total soluble solid content (TSS :°Brix), vitamin c content (mgAA/100g), total phenolic content(g/100g) and antioxidant activity content (DPPH scavenging activity : %DPPH) of cashew apple juice and concentrate cashew apple

Sample	TSS (°Brix)	%Vitamin C (mgAA/100g)	Total phenolic content (g/100g)	%DPPH
Cashew apple juice	9.0^{b}±0.20	238.07^{a}±0.06	38.1^{a}±0.57	95.06^{a}±0.20
Concentrate Cashew apple	72.1^{a}±0.02	158.72^{b}±0.54	16.5^{b}±0.29	92.59^{b}±0.01
F-test	**	**	*	*
% C.V.	0.12	0.18	4.4	0.15
LSD	0.64	4.45	15.25	1.84

Mean in the same row with letter (a and b) represent statistically significantly different ($p \leq 0.05$)
[1] Results are expressed as mean ± standard deviation (n = 3)

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 413-416 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 413-416 (2555)

คุณลักษณะทางกายภาพของสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนชนิดผงโดยวิธีอบแห้งแบบลมร้อน

Physical Characteristics of Flavoring Agent Powder from Durian by Hot Air Drying

กฤษณา หงษ์คู[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Hongku, K.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Flavoring agent powder produced from fresh pulp durian at the beginning of ripening stage, using a hot air oven controlled at three temperatures; 50, 60, and 70°C for 12 h. Dried fresh pulp durian was grinded and passed through 80 mesh sieve. Results showed that flavoring agent powder from dried fresh pulp durian at 70°C gave the lower of yield percentage (27.17%), moisture content (5.37%) and water solubility (53.77%) compared to 50 and 60°C. However, color of flavoring agent powder dried at 70°C had the highest color of dark yellow (L*=78.51, a*=3.42, b*=29.19). The best physical characteristics of flavoring agent powder from dried fresh pulp durian at 60°C obtained light yellowish color (L*=84.56, a*=0.47, b*=21.96) and non-adhesive granule. However, the sensory evaluation by 11 semi trained panelists revealed that the liking score of flavoring agent powder was similar to the fresh durian. The major volatile compounds of flavoring agent powder from dried fresh pulp durian at 60°C were sulfur-containing and ester volatile compounds of fresh durian pulp such as diethyl disulfide, propyl disulfide, ethyl 2-methylbutanoate and ethyl octanoate.

Keywords: durian (*Durio zibethinus* L.), flavoring agent powder, hot air drying

บทคัดย่อ

การผลิตสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงจากทุเรียนสดระยะเริ่มสุก โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนควบคุมอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำเนื้อทุเรียนแห้งมาบดเป็นผงขนาด 80 เมซ พบว่าสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีร้อยละผลผลิต (27.17%) ความชื้น (5.37%) และการละลายน้ำ (53.77%) ต่ำกว่าสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส และมีสีเหลืองเข้มที่สุด (L*=78.51, a*=3.42, b*=29.19) อย่างไรก็ตามสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทางกายภาพดีที่สุดคือ มีสีเหลืองนวล (L*=84.56, a*=0.47, b*=21.96) ไม่จับตัวเป็นก้อน และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสโดยผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน 11 คน พบว่าสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงได้คะแนนการยอมรับใกล้เคียงกับทุเรียนสด ซึ่งพบสารประกอบซัลเฟอร์และเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลักเหมือนกับเนื้อทุเรียนสด เช่น diethyl disulfide, propyl disulfide, ethyl 2-methylbutanoate และ ethyl octanoate

คำสำคัญ: ทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) สารปรุงแต่งกลิ่นรส วิธีอบแห้งแบบลมร้อน

คำนำ

ทุเรียน (*Durio zibethin*us L.) เป็นผลไม้เมืองร้อน ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกทุเรียนที่สำคัญของโลก นำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมาก โดยในปี พ.ศ. 2555 (มกราคมถึงเมษายน) พบว่ามีมูลค่าการส่งออกกว่า 1,900 ล้านบาท โดยแบ่งเป็นทุเรียนสด ทุเรียนแช่แข็ง และทุเรียนแปรรูป (กรมการค้าภายใน, 2555) ทุเรียนได้ชื่อว่าเป็นราชาแห่งผลไม้ (King of the fruits) เนื้อของผลมีคุณค่าทางอาหารสูงมาก (วิเชียร, 2546) มีปริมาณน้ำตาล วิตามินซี โพแทสเซียมสูง และยังเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน (USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2010) นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เช่น polyphenols, flavonoids, flavanols, ascorbic acid และ tannins (Haruenkit และคณะ, 2009) เนื้อทุเรียนส่วนใหญ่นอกจากใช้รับประทานสดแล้ว ยังมีการนำเนื้อไปใช้ทำขนมและผสมเป็นสารให้กลิ่นรสในอาหารหลายชนิด กลิ่นรสของทุเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญที่บอกคุณภาพของผลิตภัณฑ์และดึงดูดใจผู้บริโภค ซึ่งกลิ่นที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวของทุเรียนนี้เกิดจากส่วนผสมของสารระเหยที่ประกอบไป

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ด้วยสารประกอบซัลเฟอร์และเอสเทอร์เป็นส่วนใหญ่ เช่น diethyltrisulfide, diethyldisulfide, dithiolane, dimethyl sulfide, 3-methyl-thiozolidine, 2-methyl butanoate, propyl-2-ethylbutanoate นอกจากนี้ยังมีสารในกลุ่มแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ และคีโตน (Laohakunjit และคณะ, 2007) มีการผลิตสารให้กลิ่นที่เหมือนสารให้กลิ่นธรรมชาติ (natural-identical flavoring substances) และกลิ่นสังเคราะห์ (artificial flavoring substances) ที่มีกลิ่นคล้ายทุเรียนเพื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีรายงานการนำทุเรียนผลสดมาผลิตเป็นสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนธรรมชาติ แต่ยังไม่มีคุณลักษณะของกลิ่นทุเรียนที่แท้จริงและยังมีกลิ่นไม่เหมือนกับทุเรียนผลสด ปัจจุบันมีวิธีในการผลิตสารแต่งกลิ่นรสชนิดผงหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้ในระดับอุตสาหกรรมคือ วิธีอบแห้งแบบลมร้อน (hot air drying) ซึ่งมีข้อดีคือ สามารถควบคุมพลังงานความร้อนและกระแสลมได้ การถ่ายเทความร้อนและมวลสารเกิดขึ้นได้เร็ว (สุคนธ์ชื่น, 2539) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงโดยวิธีอบแห้งแบบลมร้อน ให้มีกลิ่นเหมือนทุเรียนผลสด อยู่ในรูปผงเพื่อให้คงสภาพไว้ได้นาน มีการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสน้อยที่สุด และสะดวกกับการใช้งาน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนชนิดผงโดยการอบแห้ง บดเนื้อทุเรียนระยะเริ่มสุกให้เข้ากัน ชั่งเนื้อทุเรียนที่บด 100 กรัม ใส่ในถาดอลูมิเนียมฟอยล์ขนาด 20×30 เซนติเมตร เกลี่ยเนื้อทุเรียนให้ทั่วถาด ซึ่งทราบน้ำหนักถาดแล้ว เข้าอบในตู้อบแห้งแบบลมร้อน โดยแปรอุณหภูมิในการอบแห้งเป็น 3 ระดับ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำเนื้อทุเรียนที่อบแห้งแล้วบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าจนเป็นผงละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช สารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้นำมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและสารหอมระเหย

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและสารหอมระเหย สารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้ค่า L^*, hue และ chroma ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta color reader รุ่น CR-10), ร้อยละผลผลิต (%yield), ปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (2000), การละลายตามวิธี Shin (1996), การยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสทุเรียน และการยอมรับโดยรวม โดยผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน 11 คน ใช้วิธีทดสอบแบบ QDA ให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale และวิเคราะห์องค์ประกอบสารให้กลิ่นรสโดยใช้ dynamic headspace-solid phase microextraction gas chromatography mass spectrometer (DHS-SPME-GC-MS) ไฟเบอร์ที่ใช้คือ 2 cm-50/30 µm DVB/Carboxen™/PDMS StableFlex™ อุ่นสารตัวอย่างปริมาณ 5 กรัม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นให้ไฟเบอร์ดูดซับไอสารระเหยเป็นเวลา 20 นาที และฉีดเข้าเครื่อง GC ที่อุณหภูมิ injector 240 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที ด้วยวิธี splitless โดยใช้คอลัมน์ชนิด DB-WAX (ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 320 ไมโครเมตร หนา 0.5 ไมโครเมตร) มีแก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา ที่อัตราไหลคงที่ 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที ตั้งโปรแกรมระบบอุณหภูมิของ oven ที่ 40 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิที่อัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 200 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 2 นาที วิเคราะห์สารหอมระเหยด้วยเครื่อง MSD (scan rage 33-350 amu) ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ที่ภาวะเครื่อง 70eV โดยบ่งชี้คุณลักษณะของสารเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ %quality match ร้อยละ 80

การวิเคราะห์ข้อมูล วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผงแต่งกลิ่นรสทุเรียนที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีร้อยละผลผลิต (35.00%) ความชื้น (8.78%) และการละลาย (56.19%) สูงสุด ($p \leq 0.05$) ส่วนผงสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีร้อยละผลผลิต ความชื้น และการละลาย ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยผงสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 มีร้อยละผลผลิต ความชื้น และการละลาย เท่ากับ 31.04, 5.81 และ 55.09% ตามลำดับ ส่วนสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีร้อยละผลผลิต ความชื้น และการละลาย เท่ากับ 27.27, 5.30 และ 53.77% ตามลำดับ (Table 1) การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำทำให้ผลิตภัณฑ์มีร้อยละผลผลิต ความชื้น และการละลายสูง เนื่องจากอุณหภูมิขณะอบแห้งที่ต่ำส่งผลให้อัตราการระเหยของน้ำในตัวอย่างลดลง ผลิตภัณฑ์จึงมีร้อยละผลผลิตและความชื้นสูง (Frederick, 2000) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงจับตัวเป็นก้อนได้ง่ายและมีความสามารถคืนตัวในน้ำได้ดี ทำให้มีความสามารถในการละลายน้ำสูง (Masters, 1991) สำหรับสีของสารแต่งกลิ่นรส

ทุเรียนผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 70 องศาเซลเซียส มีสีเหลืองเข้ม มีค่า L* และ c* ไม่แตกต่างกัน (*p*>0.05) เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้สารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่มีความชื้นสูง เมื่อทิ้งไว้จะจับตัวเป็นก้อน และเปลี่ยนเป็นสีเข้มขึ้น ส่วนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ให้สารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงสีเหลืองเข้ม เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงเกินไป ทำให้เกิดการไหม้บริเวณผิวหน้าที่สัมผัสกับอากาศร้อน (Van Arsdel, 1973) สำหรับสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีสีเหลืองนวล และเมื่อทิ้งไว้ไม่จับตัวเป็นก้อน มีค่า L*, c* และ h* เป็น 84.56, 21.96 และ 88.79 ตามลำดับ (Table 1) ให้ผลสอดคล้องกับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน 11 คน ใช้วิธีทดสอบแบบ QDA พบว่าสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้คะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสทุเรียน และการยอมรับโดยรวมใกล้เคียงกับทุเรียนสดมากที่สุด (Figure 1) และผลการวิเคราะห์สารหอมระเหยของสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่ามีสารประกอบซัลเฟอร์และเอสเทอร์ เช่น diethyl disulfide, propyl disulfide, ethyl 2-methylbutanoate และ ethyl octanoate เป็นสารหอมระเหยหลักเช่นเดียวกับในทุเรียนสด (Figure 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Laohakunjit และคณะ (2007) ที่พบว่าสารประกอบซัลเฟอร์และเอสเทอร์ เป็นสารหอมระเหยหลักที่พบได้ในเนื้อทุเรียนสด ถึงแม้สารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารหอมระเหยน้อยกว่าในทุเรียนสด เนื่องจากสูญเสียไปกับความร้อนในระหว่างกระบวนการอบแห้ง แต่มีปริมาณสารหอมระเหยสูงกว่าสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 70 องศาเซลเซียส (Figure 2)

สรุปผล

สารแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทางกายภาพดีที่สุดคือ มีสีเหลืองนวล ไม่จับตัวเป็นก้อน ได้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสและพบสารหอมระเหยใกล้เคียงกับทุเรียนสดมากที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว. – อุตสาหกรรม โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์, การส่งออกทุเรียน [Online], Available: http://agri.dit.go.th [5/ June /2012]

วิเชียร ทองพันชั่ง, 2546, ทุเรียน, พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์เกษตรสาส์น, นนทบุรี, หน้า 9-13.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2539, กระบวนการทำแห้งอาหาร, ในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บรรณาธิการ), สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 164-172.

Frederick, J.F., 2000, Dryer Technology and Engineering, Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology, 1, 524p.

Haruenkit, R., Poovarodom, S., Vearasilp, S., Namiesnik, J., Sliwka-Kaszynska, M., Park, Y., Heo, B., Cho, J., Jang, H.G. and Gorinstein, S., 2010, Comparison of Bioactive Compounds, Antioxidant and Antiproliferative Activities of Mon Thong Durian During Ripening, Food Chemistry, 118: 540-547.

Laohakunjit, N., Kerdchoechuen, O., Matta, F.B., Silva, J.L. and Holmes, W.E., 2007, Postharvest Survey of Volatile Compounds in Five Tropical Fruits Using Headspace-solid Phase Microextraction (HS-SPME), Hort Science, 42(2): 309-314.

Masters, K., 1991, Spray Drying Handbook, Longman Scientific and Technical, United Kingdom, pp. 365–638.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2010, Durian, Raw or Frozen, [Online], Available: http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/, [8/ July /2012]

Van Arsdel, W.B., 1973, Food Dehydration, The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut, p. 331.

Table1 Color of flavoring agent powder from dried fresh pulp durian

Drying temperature	Color			%yield	Moisture content	Water solubility
	L*	c*	h*			
50°C	78.74[a]	31.06[a]	87.38[a]	35.00[a]	8.78[a]	56.19[a]
60°C	84.56[b]	21.96[b]	88.79[a]	31.04[ab]	5.81[b]	55.09[ab]
70°C	78.51[a]	29.39[a]	83.32[b]	27.17[b]	5.36[b]	53.77[b]
F-test	*	*	*	*	**	*
c.v. (%)	1.413	6.960	2.789	4.176	2.212	0.572

[a, b] Different superscripts in the same column indicated that means were significantly different ($p \leq 0.05$)

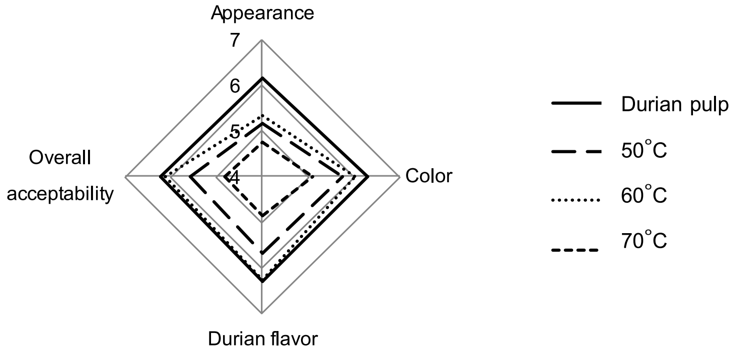


Figure1 Sensory evaluation of flavoring agent powder from dried fresh pulp durian

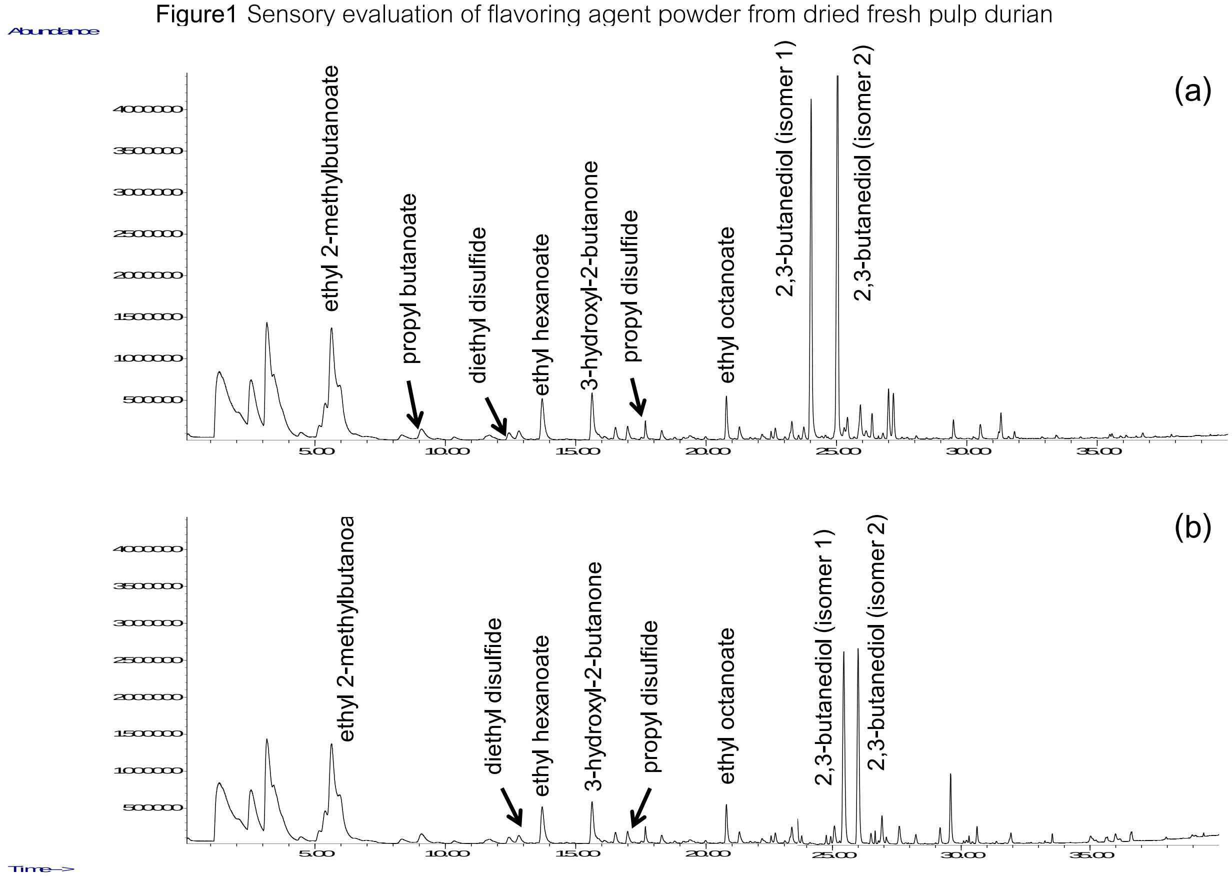


Figure 2 Flavor profile of fresh pulp durian (a) and flavoring agent powder from dried fresh pulp durian at 60°C (b)

การเร่งการสุกของทุเรียนหมอนทองต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและสารหอมระเหย
Acceleration Monthong Durian Ripening Effecting on Physicochemical and Volatile Characteristics

กฤษณา หงษ์คู[1] **ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์**[1] **และ อรพิน เกิดชูชื่น**[1]
Hongku, K.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract
The effect of ethephon (10, 30, and 50 ppm), oxygen (10 and 30%) and temperatures (25°C±3 and 35°C) for accelerating the ripening process of durian pulp cv. Monthong was investigated, for 2, 4 and 6 days. Results showed that ethephon at 50 ppm gave the greater changes of pulp color, total soluble solid and total sugar during 6 days of storage compared with ethephon at 10 and 30 ppm. Volatile compounds of durian pulp were identified by dynamic headspace-solid phase microextraction mass spectrometry (DHS-SPME-GC-MS). The major volatile compounds in durian pulp consisted of sulfur-containing compounds; ethanethiol, methyl ethyl disulfide, diethyl disulfide, and 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane. Although their major volatiles increased at the beginning of 2 days storage, they decreased after 4 days of storage. However, durian subjected to 30% oxygen, 35°C obtained the similar responses as durian subjected to ethephon 50 ppm while durian subjected to 10% oxygen resulted in a few physicochemical and volatile changes compared to the durian control at 25°C±3.
Keywords: durian (*Durio zibethinus* L.), ethephon, oxygen, temperature

บทคัดย่อ
ผลของเอทธิฟอน (10, 30 และ 50 พีพีเอ็ม) ออกซิเจน (ร้อยละ 10 และ 30) และอุณหภูมิ (25±3 และ 35 องศาเซลเซียส) ในการเร่งการสุกของเนื้อทุเรียนหมอนทองนาน 2, 4 และ 6 วัน พบว่าการใช้เอทธิฟอนความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม มีการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลสูงกว่าการใช้เอทธิฟอนความเข้มข้น 10 และ 30 พีพีเอ็ม เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยในเนื้อทุเรียนวิเคราะห์โดยใช้ dynamic headspace-solid phase microextraction mass spectrometer (DHS-SPME-GC-MS) พบว่ามีสารประกอบซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ethanethiol, methyl ethyl disulfide, diethyl disulfide และ 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane ถึงแม้ว่าสารหอมระเหยมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วง 2 วันแรก แต่มีปริมาณลดลงตั้งแต่วันที่ 4 อย่างไรก็ตามทุเรียนที่ได้รับออกซิเจนร้อยละ 30 และอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาล และสารหอมระเหยเช่นเดียวกับทุเรียนที่ได้รับเอทธิฟอนความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ในขณะที่ทุเรียนที่ได้รับออกซิเจนร้อยละ 10 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและสารหอมระเหยในเนื้อทุเรียนเพียงเล็กน้อย
คำสำคัญ: ทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) เอทธิฟอน ออกซิเจน อุณหภูมิ

คำนำ
ทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) เป็นไม้ผลเมืองร้อน ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นราชาของผลไม้ (king of tropical fruit) จัดอยู่ในอันดับ Malvales วงศ์ Bombacaceae สกุล Durio เป็นผลไม้ประเภท climacteric เมื่อผลเริ่มสุกอัตราการหายใจและการผลิตเอทธิลีน (C_2H_4) เพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดสูงสุดแล้วกลับลดลง รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีที่เปลี่ยนไป มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid) และปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น ทำให้รสชาติของเนื้อทุเรียนหวานขึ้น เนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มลง มีกลิ่นเฉพาะตัวเกิดขึ้น (Salunkhe และ Desai, 1984) โดยเกิดจากสารระเหยที่ประกอบไปด้วยสารประกอบซัลเฟอร์และเอสเทอร์เป็นส่วนใหญ่ เช่น diethyltrisulfide, diethyldisulfide, dithiolane, dimethyl sulfide, 3-methyl-thiozolidine, 2-methyl butanoate, propyl-2-ethylbutanoate นอกจากนี้ยังมีสารในกลุ่มแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ และคีโตน (Laohakunjit และคณะ, 2007) การเก็บเกี่ยวทุเรียนต้องเก็บเกี่ยวในระยะที่แก่ แล้วนำไปบ่มให้สุก ตามธรรมชาติทุเรียนในรุ่นเดียวกัน แต่ละผลในต้นเดียวกัน หรือแม้แต่ในผลหรือพูเดียวกันมีอายุต่างกัน เพราะฉะนั้นทุเรียนแต่ละเมล็ดในพูหนึ่งๆ จึงมีความแก่ไม่เท่ากัน ดังนั้น

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ทุเรียนที่ปล่อยให้สุกเองตามธรรมชาติจึงสุกไม่พร้อมกันหรือสุกไม่สม่ำเสมอ มีรายงานวิจัยการใช้เอทธิฟอนในการบ่มทุเรียนพันธุ์หมอนทองทั้งลูก พบว่าทุเรียนที่ได้รับเอทธิฟอนมีเนื้อสีเหลืองเข้ม ปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงกว่าทุเรียนที่ไม่ได้รับเอทธิฟอน ลักษณะการสุกของเนื้อและลักษณะเนื้ออ่อนนุ่มกว่า กลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับได้ (สุมิตร, 2543) นอกจากนี้ยังมีการใช้ออกซิเจนและอุณหภูมิในการปรับปรุงคุณภาพของทุเรียน เช่น อุมาภรณ์ (2548) พบว่าการปรับสภาพบรรยากาศให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงที่ร้อยละ 9 ช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทอง สามารถเก็บรักษาได้นาน 24 วัน โดยมีคุณภาพการรับประทานเป็นที่ยอมรับ และวชิรญา (2542) พบว่าผลทุเรียนพันธุ์ชะนีที่ได้รับอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน มีผลต่อกระบวนการสุก รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และการพัฒนาสีเนื้อเพิ่มขึ้นระหว่างการสุก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเอทธิฟอน ซึ่งเป็นสารปลดปล่อยเอทธิลีน หรือ ripening hormone ออกซิเจน และอุณหภูมิในการเร่งการสุกของเนื้อทุเรียนหมอนทอง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเร่งการสุกของทุเรียน ใช้เนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองแก่ร้อยละ 80 นำมาเร่งการสุก 3 วิธี ได้แก่ การใช้เอทธิฟอน ออกซิเจน และอุณหภูมิ การเร่งการสุกโดยใช้เอทธิฟอน โดยแช่เนื้อทุเรียนในสารละลายเอทธิฟอนนาน 2-3 นาที แปรความเข้มข้นเป็น 10, 30 และ 50 พีพีเอ็ม เก็บเนื้อทุเรียนใส่กล่องพลาสติกใสและวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง การเร่งการสุกโดยใช้ออกซิเจน แปรความเข้มข้นของออกซิเจนเป็นร้อยละ 10 และ 30 โดยใส่เนื้อทุเรียนในถุงพลาสติกใส แล้วพ่นออกซิเจนจนเต็มถุง ขนาดถุงเท่ากัน ปิดปากถุงให้สนิทและวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง และการเร่งการสุกโดยใช้อุณหภูมิ โดยเก็บเนื้อทุเรียนในกล่องพลาสติกใส แล้วเก็บในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ในแต่ละวิธีเร่งการสุกติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและสารหอมระเหยของเนื้อทุเรียนวันที่ 2, 4 และ 6 เปรียบเทียบกับการเก็บเนื้อทุเรียนที่อุณหภูมิห้อง (control)

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและสารหอมระเหย วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Minolta color reader รุ่น CR-10) วัดสีบริเวณแก้มผลของเนื้อทุเรียนทั้ง 2 ข้างของส่วนกลางของพูบริเวณที่ไม่มีรอยช้ำและรอยแยกระหว่างเนื้อทุเรียน อ่านผลเป็นค่า L*, a* และ b*, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ตามวิธีของ Booncherm และ Siriphanich (1991), ปริมาณน้ำตาลตามวิธีของ Dubois และคณะ (1956) และวิเคราะห์องค์ประกอบสารให้กลิ่นรสโดยใช้ dynamic headspace-solid phase microextraction gas chromatography mass spectrometer (DHS-SPME-GC-MS) ไฟเบอร์ที่ใช้คือ 2cm-50/30 μm DVB/Carboxen™/PDMS StableFlex™ อุ่นสารตัวอย่างปริมาณ 5 กรัม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นให้ไฟเบอร์ดูดซับไอสารระเหยเป็นเวลา 20 นาที และฉีดเข้าเครื่อง GC ที่อุณหภูมิ injector 240 องศาเซลเซียส นาน 37 นาที ด้วยวิธี splitless โดยใช้คอลัมน์ชนิด DB-WAX (ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 320 ไมโครเมตร หนา 0.5 ไมโครเมตร) มีแก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา ที่อัตราไหลคงที่ 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที ตั้งโปรแกรมระบบอุณหภูมิของ oven ที่ 40 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิที่อัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 200 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 2 นาที วิเคราะห์สารหอมระเหยด้วยเครื่อง MSD (scan rage 33-350 amu) ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ที่ภาวะเครื่อง 70 eV โดยบ่งชี้คุณลักษณะของสารเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ %quality match ร้อยละ 80

การวิเคราะห์ข้อมูล วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของเอทธิฟอน ออกซิเจน และอุณหภูมิในการเร่งการสุกของเนื้อทุเรียนหมอนทอง ที่เวลานาน 2, 4 และ 6 วัน มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาล ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าการใช้เอทธิฟอนความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ทุเรียนมีการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลสูงกว่าการใช้เอทธิฟอนความเข้มข้น 10 และ 30 พีพีเอ็ม (Figure 1) การที่เอทธิฟอนสามารถเร่งให้ทุเรียนสุกได้ เนื่องจากเอทธิฟอนเป็นสารที่สามารถปลดปล่อยเอทธิลีน ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง มีอิทธิพลต่อการเร่งการสุกของผลไม้ เช่น การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การอ่อนตัวลงของเนื้อเยื่อ การสร้างสารสีและสารหอมระเหย (Yang, 1985) ส่วนทุเรียนที่ได้รับออกซิเจนร้อยละ 30 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลเช่นเดียวกับทุเรียนที่ได้รับเอทธิฟอนความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ทุเรียนที่ได้รับออกซิเจนร้อยละ 10 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลเพียงเล็กน้อย (Figure 1) เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นของออกซิเจนลดลง การหายใจและ

อัตราการเกิดกิจกรรมทางเมตาบอลิซึมลดลง ซึ่งส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่มีความเกี่ยวข้อง โดยอาจแสดงออกมาในลักษณะการชะลอการสุกหรือการเกิดพัฒนาการในลักษณะไม่พึงประสงค์ (Smock, 1979) อย่างไรก็ตามทุเรียนที่ได้รับอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลเช่นเดียวกับทุเรียนที่ได้รับเอทธิฟอนความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม และทุเรียนที่ได้รับออกซิเจนร้อยละ 30 (Figure 1) เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลไม้มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น อัตราของการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆ สูงขึ้นตามไปด้วย แต่การเพิ่มอัตราของปฏิกิริยาอาจไม่เท่ากัน อุณหภูมิที่สูงมากเกินไปจะลดการเกิดปฏิกิริยา ทั้งนี้เนื่องจากการสูญเสียสภาพของเอนไซม์ โดยการเพิ่มของอุณหภูมิต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งระดับของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช (Kader, 1985) การวิเคราะห์สารหอมระเหยในเนื้อทุเรียนที่ได้จากการเร่งการสุกโดยการใช้เอทธิฟอนที่ทุกความเข้มข้น การใช้ออกซิเจนที่ร้อยละ 30 และการใช้อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีสารประกอบซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบหลัก โดยสารประกอบซัลเฟอร์ที่พบในปริมาณมาก ได้แก่ ethanethiol และ *S*-ethyl ethanethioate ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วง 2 วันแรก แต่มีปริมาณลดลงในวันที่ 4 สำหรับสารประกอบซัลเฟอร์อื่นๆ ที่พบได้แก่ methyl ethyl disulfide, *S*-propyl ethanethioate, diethyl disulfide, ethyl (methylthio) acetate, 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane และ 1,1-bis(ethylthio)-ethane แต่การใช้ออกซิเจนที่ร้อยละ 10 พบชนิดและปริมาณของสารหอมระเหยน้อยกว่า และมีการเปลี่ยนแปลงสารหอมระเหยเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเร่งการสุก (Table 1)

สรุปผล

การใช้เอทธิฟอน 50 พีพีเอ็ม การใช้ออกซิเจนร้อยละ 30 และการใช้อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส สามารถเร่งการสุกของเนื้อทุเรียนได้ โดยทำให้เนื้อทุเรียนมีการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณน้ำตาล และมีปริมาณสารหอมระเหยสูงสุดในวันที่ 2 ของการเร่งการสุก

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว. – อุตสาหกรรม โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

วชิรญา อิ่มสบาย, 2542, ผลของอุณหภูมิต่อการสุกของทุเรียนพันธุ์ชะนี, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 58 หน้า.

สุมิตร คุณเจตน์, 2543, อิทธิพลของเอทธิฟอนต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทอง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 120 หน้า.

อุมาภรณ์ สุจริตทวีสุข, 2548, การพัฒนาวิธีการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทอง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 6-97.

Booncherm, P. and Siriphanich, J., 1991, Postharvest Physiology of Durian Pulp and Husk, Kasetsart Journal, 25: 119–125.

Dubois, M., Hamilton, K.A., Rover, D.A. and Smith, F., 1956, Colorimeteric Method for Determination of Sugar and Related Substance, Anal Chemistry, 28: 350-356.

Kader, A.A., 1985, Postharvest Biology and Technology: An Over view, In Postharvest Technology of Horticultural Crops, Kader, A.A., Kasmire, R.F., Mitchell, F.G., Reid, M.S., Sommer, N.F. and Thompson, J.F. (Eds.), Cooperative Extension, University of California, Special Publication 3311, pp. 3-7.

Laohakunjit, N., Kerdchoechuen, O., Matta, F.B., Silva, J.L. and Holmes, W.E., 2007, Postharvest Survey of Volatile Compounds in Five Tropical Fruits Using Headspace-solid Phase Microextraction (HS-SPME), Hort Science, 42(2): 309-314.

Salunkhe, D.K. and Desai, B.B., 1984, Postharvest Biotechnology of Fruit vol.II CRC, Press Inc., Boca Raton, Florida, pp. 147-168.

Smock, R.M., 1979, Controlled Atmosphere Storage of Fruits, Hort Science, 1: 301-336.

Yang, S.F., 1985, Biosynthesis and Action of Ethylene, Hort Science, 20: 41 – 45.

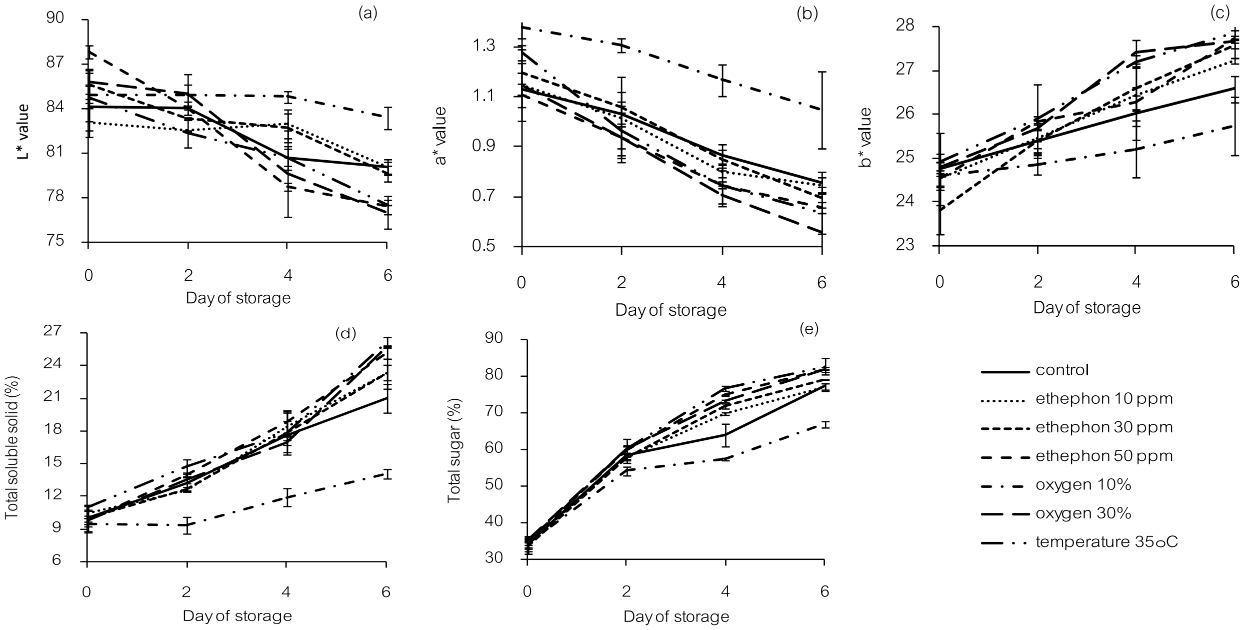


Figure 1 Color change (a-c), total soluble solid (d) and total sugar (e) of durian pulp subjected to ethephon, oxygen and temperature

Table1 Details of representative volatile compounds for quantitative analysis in durian pulp subjected to ethephon, oxygen and temperature

Treatment	Day of storage	Volatile compounds								
		Ethanethiol	S-ethyl ethanethioate	Methyl ethyl disulfide	S-propyl ethanethioate	Diethyl disulfide	Ethyl (methylthio) acetate	3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane (isomer 1)	3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane (isomer 2)	1,1-bis(ethylthio)-ethane
Control	0	+	-	+	-	+	-	+	+	+
	2	+	+++++	+	-	+	+	+	+	-
	4	+++	-	+	+	++	-	++++	++++	+
	6	+	-	+	-	+	-	+	-	+
Ethephon 10 ppm	0	+++	-	+	-	+	-	+	+	-
	2	+++	+++++	+	+	+	-	+	+	+
	4	+	++++	+	-	+	-	+	+	-
	6	+	-	-	+	+	-	+	+	-
Ethephon 30 ppm	0	+++	-	+	-	+	-	+	+	-
	2	++++	+++++	+	+	+	-	+	+	+
	4	++	++++	+	-	+	-	+	+	-
	6	+	-	-	+	+	-	+	-	-
Ethephon 50 ppm	0	++	+++++	+	+	+	-	+	+	-
	2	++	+++++	+	+	+	-	+	+	+
	4	+	+++++	+	-	+	-	+	+	-
	6	+	-	-	-	+	-	+	-	-
Oxygen 10%	0	-	-	-	-	+	-	+	-	-
	2	-	-	+	-	+	-	+	+	-
	4	+	-	+	-	+	-	+	+	-
	6	++	-	+	-	+	-	+	+	-
Oxygen 30%	0	+	-	+	-	+	-	+	+	-
	2	+++	+++++	+	+	+	-	++	+	+
	4	+++	++++	+	+	+	-	+	+	+
	6	++	++++	+	-	+	-	+	+	-
Temperature 35°C	0	++	++++	+	+	+	-	+	+	-
	2	++++	++++	+	-	+++	-	++	++	+
	4	+	+	+	-	+	+	+	+	-
	6	+	-	+	-	+	+	+	+	-

+ = Volatile compound was detected., - = Volatile compound was not detected

ผลของการกินเมทธิลยูจีนอลต่อความสามารถขยายพันธุ์ของแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

Effects of Methyl Eugenol Feeding on Fecundity of the Oriental Fruit Fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

วณิช ลิ่มโอภาสมณี[1] ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์[1] ทศพล แทนนรินทร์[1] และ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ[1]
Limohpasmanee, W.[1], Kongratarpon, T.[1], Tannarin, T.[1] and Segsarnviriya, S.[1]

Abstract

The oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), is the most important pest of fruit production in Thailand. It causes fruit damage and quarantine barrier for trade. Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) has conducted an area-wide control of the fruit fly integrating the sterile insect technique with other methods and has succeeded in many areas. The objective of this experiment is to increase the effectiveness of the sterile flies release. The results showed that fruit flies fed with methyl eugenol extracted from the basil leaf, the pepper leaf and synthesis methyl eugenol did not increase mating and fecundity of the fruit flies. Due to the high density of mass rearing, fruit flies mated without male lek forming and pheromone releasing. Although methyl eugenol feeding affected the pheromone production, it did not affect mating and fecundity of fruit flies that were reared in our mass rearing facility.
Keywords: fruit fly, methyl eugenol, fecundity

บทคัดย่อ

แมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของการปลูกไม้ผลในประเทศไทย นอกจากแมลงวันผลไม้จะทำให้ผลไม้เน่าเสียแล้ว ประเทศต่างๆยังใช้เป็นข้อกีดกันห้ามนำเข้าผลไม้จากประเทศที่เป็นแหล่งระบาดของแมลงวันผลไม้อีก สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้ดำเนินการควบคุมแมลงวันผลไม้แบบพื้นที่กว้างโดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันร่วมกับวิธีการอื่นๆ ซึ่งประสบความสำเร็จในหลายพื้นที่ การทดลองนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการควบคุมแมลงวันผลไม้โดยการใช้แมลงที่เป็นหมัน ผลการทดลองพบว่าแมลงวันผลไม้ที่กินเมทธิลยูจีนอลจากสารสกัดใบกระเพรา ใบคลอลูบรินั่มและเมทธิลยูจีนอลสังเคราะห์ ไม่ทำให้แมลงผสมพันธุ์และขยายพันธุ์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าแมลงวันผลไม้ที่ทดสอบเลี้ยงในสภาพหนาแน่น (mass rearing condition) แมลงผสมพันธุ์กันโดยเพศผู้ไม่มีพฤติกรรมรวมตัว (lekking) และปล่อยฟีโรโมนเพศเรียกตัวเมียมาผสมพันธุ์ แม้ว่าการให้แมลงกินเมทธิลยูจีนอลทำให้แมลงผลิตฟีโรโมนเพศมากขึ้นแต่ไม่มีผลทำให้ความสามารถในการผสมพันธุ์หรือขยายพันธุ์ของแมลงวันผลไม้ที่เลี้ยงโรงเพาะเลี้ยงเพิ่มขึ้น
คำสำคัญ: แมลงวันผลไม้ เมทธิลยูจีนอล ความสามารถในการขยายพันธุ์

คำนำ

แมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของการปลูกไม้ผลในประเทศไทย มีพืชอาศัยทั้งที่ปลูกเพื่อการค้าและพืชป่ากว่า 100 ชนิด นอกจากแมลงวันผลไม้จะวางไข่และหนอนที่ฟักออกมากัดกินในผลไม้เป็นความเสียหายโดยตรงแล้ว ประเทศต่างๆ ยังใช้เป็นข้อกีดกันห้ามนำเข้าผลไม้จากประเทศที่เป็นแหล่งระบาดของแมลงวันผลไม้ หรือบังคับให้ใช้วิธีการต่างๆ เช่น การอบไอน้ำ การฉายรังสี การรมด้วยสารเคมี กำจัดแมลงวันผลไม้ก่อนที่จะอนุญาตให้นำเข้าผลไม้ ในประเทศไทย สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้ดำเนินการควบคุมแมลงวันผลไม้แบบพื้นที่กว้างโดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันร่วมกับวิธีการอื่นๆ เป็นควบคุมแมลงวันผลไม้ตั้งแต่ในแปลงปลูก ประสบความสำเร็จในหลายพื้นที่ เช่น ตำบลตรอกนอง จังหวัดจันทบุรี อำเภอลอง จังหวัดแพร่และอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบุรี ทำให้ความเสียหายของผลไม้ที่เกิดจากการทำลายของแมลงวันผลไม้ลดลง

สารเมทธิลยูจีนอล (methyl eugenol, ME) เป็นสารธรรมชาติที่พบในน้ำมันหอมระเหยของพืชมากกว่า 200 วงศ์ เช่น basil, tarragon, lemon grass, bay leaf, nutmeg, allspice, cloves และ mace นอกจากนำมาใช้ในการแต่งกลิ่น

---

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ที่ 7 ต. ทรายมูล อ.องครักษ์ จ. นครนายก 26120
[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Moo 7, Sai Mun, Ongkharak, Nakorn Nayok, 26120

และรสชาติของอาหารแล้วสารเมทธิลยูจีนอลยังดึงดูดตัวเต็มวัยเพศผู้ของแมลงวันผลไม้หลายชนิด แมลงวันผลไม้จะกินเมทธิลยูจีนอลและย่อย (hydroxylation) เป็นฟีโรโมนเพศที่ประกอบด้วย 2-ally-4,5- dimethoxyphenol (DMP) และ (E)-coniferyl alcohol (CF) แล้วนำไปเก็บที่ rectal gland เพื่อปล่อยออกมาในช่วงที่จะผสมพันธุ์ในตอนเย็น งานทดลองที่ผ่านมาพบว่าการกินเมทธิลยูจีนอล ทำให้เพิ่มความสำเร็จในการผสมพันธุ์ของ *B. dorsalis* เพศผู้ การทดลองให้ตัวเต็มวัยเพศผู้ (pupal color-based sexing strain) ที่ฉายรังสีทำหมันกินเมทธิลยูจีนอลก่อนปล่อย พบว่าทำให้ความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงเพิ่มขึ้นและควบคุมแมลงในธรรมชาติมากขึ้น ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเมทธิลยูจีนอลต่อความสามารถในการขยายพันธุ์ของแมลงวันผลไม้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการควบคุมแมลงวันผลไม้โดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันร่วมกับวิธีการอื่นๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. นำแมลงวันผลไม้อายุ 1-2 วัน มาใส่ในกรงตัวเต็มวัยขนาด 30 x 45 x 30 ซม. เพศผู้ 200 ตัวและเพศเมีย 200 ตัว จำนวน 12 กรง แบ่งเป็น 4 กลุ่ม แต่ละกรงให้น้ำตาลผสมกับยีสต์ไฮโดรไลเซท และน้ำเป็นอาหาร
2. แมลงวันผลไม้กลุ่มที่ 1 ไม่ให้กินเมทธิลยูจีนอล เพื่อใช้เปรียบเทียบ สำหรับแมลงวันผลไม้อีก 3 กลุ่ม ให้กินเมทธิลยูจีนอลทุก 3 โดยแมลงวันผลไม้กลุ่มที่ 2 กินเมทธิลยูจีนอลจากสารสกัดใบกระเพรา แมลงวันผลไม้กลุ่มที่ 3 กินเมทธิลยูจีนอลจากสารสกัดใบโคลูบินั่ม และแมลงวันผลไม้กลุ่มที่ 4 กินเมทธิลยูจีนอลสังเคราะห์
3. ตรวจนับจำนวนแมลงวันผลไม้ที่ผสมพันธุ์ ในช่วงเวลา 19.00–20.00 น. ทุกวันจนแมลงผสมพันธุ์น้อยลงหรือไม่ผสมพันธุ์อีก
4. เก็บไข่ของแมลงในแต่ละกรง โดยใช้น้ำฝรั่งล่อให้แมลงวางไข่ในภาชนะที่เตรียมไว้ ตรวจวัดปริมาตรไข่ที่ได้และตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ไข่ฟัก

ผลการทดลอง

ผลของการให้ตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้กินสารเมทธิลยูจีนอลต่อความสามารถในการผสมพันธุ์แสดงไว้ใน Figure 1A และ B พบว่ารูปแบบของการผสมพันธุ์หรือจำนวนแมลงที่ผสมพันธุ์ในแต่ละช่วงอายุของแมลงที่กินสารเมทธิลยูจีนอลจากแหล่งต่างๆ และที่ไม่ได้กินสารเมทธิลยูจีนอล มีลักษณะคล้ายกันดัง Figure 1A คือเริ่มผสมพันธุ์เมื่อตัวเต็มวัยอายุ 6 วัน และผสมพันธุ์มากขึ้นจนสูงสุดเมื่อตัวเต็มวัยอายุ 10 วัน หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนอายุ 30 วัน ผสมพันธุ์เพียงเล็กน้อย ส่วนจำนวนแมลงที่ผสมพันธุ์สะสมในแต่ละช่วงอายุจะแสดงใน Figure 1B พบว่าแมลงที่ไม่ได้กินสารเมทธิลยูจีนอล มีการผสมพันธุ์มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับที่กินสารเมธิลยูจีนอลสกัดจากใบกระเพราหรือใบคลอลูบินั่ม ส่วนแมลงที่กินสารเมทธิลยูจีนอลสังเคราะห์ผสมพันธุ์น้อยที่สุดแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ

ผลของการให้ตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้กินสารเมทธิลยูจีนอลต่อความสามารถในการขยายพันธุ์ แสดง ดัง Figure 2A และ B พบว่าแมลงที่ไม่ได้กินสารเมทธิลยูจีนอล วางไข่มากที่สุด 7 ลบ.ซม. แต่ไม่แตกต่างกับแมลงที่กินสารเมทธิลยูจีนอลสกัดจากใบกระเพราหรือสารเมทธิลยูจีนอลสังเคราะห์ที่วางไข่ 6.3 และ 6.33 ลบ.ซม. ส่วนแมลงที่กินสารเมทธิลยูจีนอลสกัดจากใบคลอลูมินั่มวางไข่น้อยที่สุด จำนวน 5.3 ลบ.ซม. แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ เปอร์เซ็นต์ไข่ฟักของแมลงที่กินสารเมทธิลยูจีนอลจากแหล่งต่างๆ และที่ไม่ได้กินสารเมทธิลยูจีนอลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เปอร์เซ็นต์ไข่ฟักเฉลี่ยของแมลงที่กินสารเมทธิลยูจีนอลสกัดจากใบกระเพรา สารเมทธิลยูจีนอลสกัดจากใบคลอลูบินั่ม สารเมทธิลยูจีนอลสังเคราะห์และที่ไม่กินสารเมทธิลยูจีนอล เท่ากับ 75.72, 74.83, 73.76 และ 72.83 ตามลำดับ

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

การทดลองให้ตัวเต็มวัยแมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* กินเมทธิลยูจีนอลจากสารสกัดใบกระเพรา เมทธิลยูจีนอลจากสารสกัดใบคลอลูบินั่มและเมทธิลยูจีนอลสังเคราะห์ พบว่าไม่มีผลทำให้ความสามารถในการผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ตรงกับการทดลองของ Shelly และ Dewire (1994), Shelly และ Nishida (2004), Shelly และ Edu (2008), Tan และ Nishida (1996) พบว่าการให้ตัวเต็มวัยเพศผู้กินเมทธิลยูจีนอล ทำให้ความสามารถในการผสมพันธุ์เพิ่มขึ้น และการทดลองของ McInnis และคณะ (2011) พบว่าการให้แมลงวันผลไม้ที่เป็นหมันกินเมทธิลยูจีนอลก่อนปล่อยจะเพิ่มความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์ของแมลงที่เป็นหมัน ทั้งนี้เพราะว่าแมลงวันผลไม้ที่ทดสอบเลี้ยงในสภาพ

หนาแน่น (mass rearing condition) แมลงผสมพันธุ์กันโดยเพศผู้ไม่แสดงพฤติกรรมการผสมพันธุ์ตามการศึกษาของ Arakaki (1984) ที่แมลงวันผลไม้ *B. dorsalis* มีการรวมตัว (lekking) และปล่อยฟีโรโมนเพศเรียกตัวเมียมาผสมพันธุ์

ดังนั้นสรุปได้ว่าการให้แมลงกินเมทธิลยูจีนอลเพื่อผลิตฟีโรโมนเพศมากขึ้นจึงไม่มีผลทำให้ความสามารถในการผสมพันธุ์หรือขยายพันธุ์ของแมลงวันผลไม้ที่เลี้ยงในสภาพที่หนาแน่นอย่างโรงเพาะเลี้ยง เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Arakaki, N., Kuba, H. and Soemori, H., 1984, Mating Behavior of the Oriental Fruit Fly, *Dacus dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae), Applied Entomology and Zoology, 19: 42-51.

McInnis, D., Kurashima, R., Shelly, T., Komaysu, J., Edu, J. and Pahio, E., 2011, Prerelease Exposure to Methyl Euenol Increases the Mating Competitiveness of Sterile Males of the Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in a Hawaiian Orchard, Journal of Economic Entomology, 104: 1969-1978.

Shelly, T.E. and Dewire, A.M., 1994, Chemically Mediated Mating Success in Male Oriental Fruit Flies (Diptera: Tephritidae), Annals of the Entomological Society of America, 87: 375-382.

Shelly, T.E. and Nishida R., 2004, Larval and Adult Feeding on Methyl Eugenol and the Mating Success of Male Oriental Fruit Flies, *Bactrocera dorsalis*, Entomologia Experimentalis et Applicata, 112: 155-158.

Shelly, T.E. and Edu, J., 2008, Do Methyl Eugenol–fed Males of the Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Induce Female Re-mating?, Florida Entomologist, 91(3): 388-393.

Tan, K.H. and Nishida, R., 1996, Sex Pheromone and Mating Competition after Methyl Eugenol Consumption in the *Bactrocera dorsalis* Complex, In B. A. McPheron and G. J. Steck (eds.), Fruit Fly Pests: A World Assessment of Their Biology and Management, St. Lucie Press, Delray Beach, Florida, 147-153.

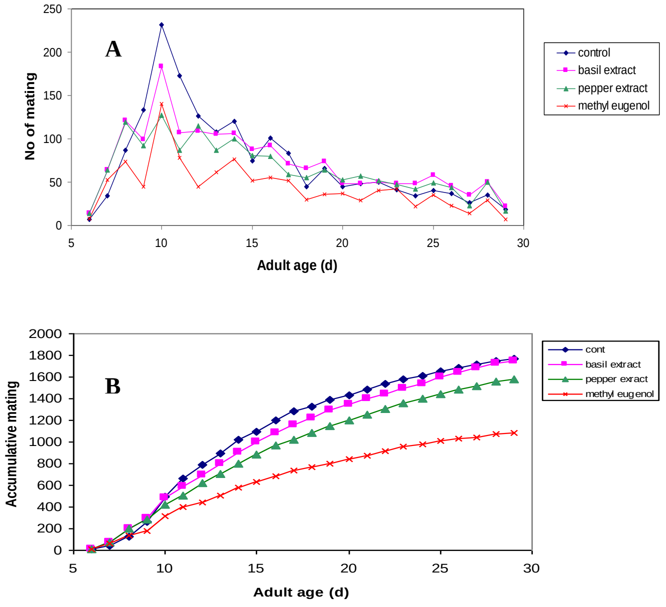
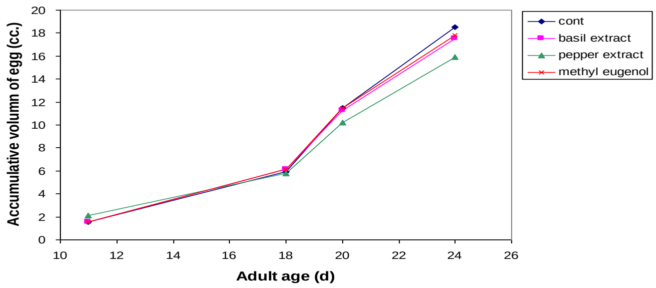


Figure 1 Effect of methyl eugenol feeding on mating of the oriental fruit fly

A: Number of mating at various adult age

B: Accumulative mating at various adult age



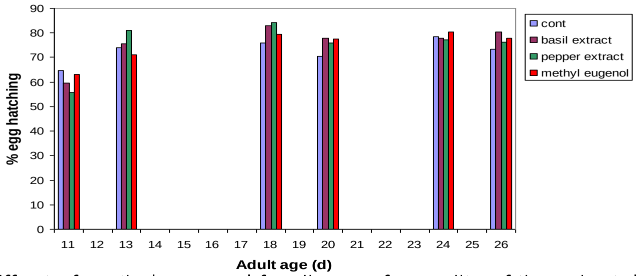


Figure 2 Effect of methyl eugenol feeding on fecundity of the oriental fruit fly

A: Accumulative volume of egg at various adult age

B: % egg hatching at various adult age

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 425-428 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 425-428 (2555)

การควบคุมแมลงวันผลไม้ในสวนพุทรานมสดโดยการใช้แมลงที่เป็นหมัน

Controlling of Fruit Flies in Jujube Orchards by Using Sterile Flies

วณิช ลิ่มโอภาสมณี[1] ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์[1] ทศพล แทนนรินทร์[1] และ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ[1]

Limohpasmanee, W.[1], Kongratarpon, T.[1], Tannarin, T.[1] and Segsarnviriya, S.[1]

Abstract

Fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) is the major pest of fruits in Thailand. The larvae feed inside the fruits and cause yield loss and quality degradation. This leads to quarantine restrictions from importing countries. Thailand Institute of Nuclear Technology (Public organization) had conducted an integrated control of the fruit flies using the sterile insect technique together with other control methods in the jujube orchards at Amphoe Long, Phrae province, in 2011. The results showed that fruit fly population decreased from 64,935 flies in May to 123 flies in January at Pak Khang Village and from 75,248 flies to 119 flies in January at Ton Muang Village. The average suppression at Pak Khang and Ton Muang were 71.79 and 75.78% when compared with the fruit fly population at Ta Dau (without the population control). The result also showed that the damage of jujube due to fruit fly infestation was maintained below 1% during the harvest season. But the damage was increased to 34.95 and 25.25% in January due to increasing of neighboring insects.

Keywords: fruit fly, the control, sterile insect technique

บทคัดย่อ

แมลงวันผลไม้, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของไม้ผลในประเทศไทย หนอนแมลงวันผลไม้กัดกินในผลไม้ทำให้ผลไม้เน่าเสียและเป็นสาเหตุทำให้ต่างประเทศกีดกันการนำเข้าผลไม้จากประเทศไทย สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้ดำเนินการควบคุมแมลงวันผลไม้ในสวนพุทรานมสด ที่อำเภอลอง จังหวัดแพร่ เพื่อควบคุมประชากรแมลงวันผลไม้ให้อยู่ในระดับต่ำ ไม่สร้างความเสียหายต่อเกษตรกร โดยปล่อยแมลงที่เป็นหมันร่วมกับการวางกับดัก การสร้างแนวกั้นแมลง การทำลายพืชอาศัยและการกำจัดผลไม้ที่ถูกแมลงวันผลไม้ทำลาย ในปี 2554-2555 พบว่าที่บ้านปากกางประชากรแมลงวันผลไม้ลดลงจาก 64.935 ตัว ในเดือนพฤษภาคม เหลือ 123 ตัว ในเดือนมกราคม (99.81 เปอร์เซ็นต์) และที่บ้านต้นม่วงประชากรแมลงวันผลไม้ลดลงจาก 75,248 ตัว ในเดือนพฤษภาคม เหลือ 119 ตัว ในเดือนธันวาคม (99.84 เปอร์เซ็นต์) และเมื่อเปรียบเทียบกับบ้านท่าเดื่อที่ไม่ได้ดำเนินการควบคุมแมลงวันผลไม้ พบว่าที่บ้านปากกางและบ้านต้นม่วง ประชากรแมลงวันผลไม้ลดลงเฉลี่ย 71.79 และ 75.78 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ความเสียหายของพุทรานมสดต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม ที่เป็นระยะเก็บเกี่ยวพุทรานมสด แต่ช่วงปลายฤดูเก็บเกี่ยวเดือนมกราคมความเสียหายของพุทรานมสดเพิ่มเป็น 34.95 และ 25.25 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากแมลงจากพื้นที่ใกล้เคียงเข้ามาทำลาย

คำสำคัญ: แมลงวันผลไม้ การควบคุม เทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมัน

คำนำ

แมลงวันผลไม้เป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญที่สุดของไม้ผลในประเทศไทย ตัวเต็มวัยวางไข่ในผลไม้แล้วหนอนที่ฟักออกมากัดกินภายในผลไม้ ทำให้เน่าเสียและทำให้ต่างประเทศกีดกันไม่ให้นำเข้าผลไม้ เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้สารฆ่าแมลงกำจัดแมลงวันผลไม้เฉพาะในสวนของตนเอง แต่ในพื้นที่ที่เป็นที่อยู่อาศัย พื้นที่รกร้าง พื้นที่ป่า ไม่มีการดูแลรักษาจะเป็นแหล่งหลบซ่อนและขยายพันธุ์ของแมลงวันผลไม้ ทำให้การควบคุมกำจัดแมลงวันผลไม้ไม่ได้ผลมากนัก การควบคุมแมลงวันผลไม้ในพื้นที่กว้างโดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันผสมผสานกับวิธีการอื่น เป็นการบริหารจัดการควบคุมแมลงวันผลไม้อย่างเป็นระบบทั้งพื้นที่โดยไม่คำนึงความเป็นเจ้าของ มีการจัดเก็บข้อมูล เฝ้าระวังการระบาดของแมลง

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ที่ 7 ต. ทรายมูล อ.องครักษ์ จ. นครนายก 26120

[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Moo 7, Sai Mun, Ongkharak, Nakorn Nayok, 26120

อย่างต่อเนื่อง เป็นการป้องกันก่อนที่แมลงวันผลไม้จะระบาด และเป็นวิธีการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมุ่งเน้นการลดการใช้สารเคมี วิธีการนี้เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปและประสบความสำเร็จในหลายประเทศทั่วโลก ได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา เม็กซิโก กัวเตมาลา อาร์เจนตินา ชิลี แอฟริกา (Enkerlin, 2005)

พุทรานมสดได้รับการผลักดันให้สินค้าเด่นที่อำเภอลอง จังหวัดแพร่ เริ่มมีการนำเข้ามาปลูกในปี 2551 โดยการส่งเสริมของบริษัทเอกชน ในปีแรกสร้างรายได้ให้เกษตรกร 20,000-30,000 บาทต่อไร่ แต่ในปี 2552 เกษตรกรประสบปัญหาการทำลายของแมลงวันผลไม้ ทำให้ผลผลิตถูกทำลายเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ จึงได้ประสานงานหน่วยงานของรัฐบาลให้เข้ามาช่วยเหลือ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้มาดำเนินการควบคุมแมลงวันผลไม้ โดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันผสมผสานกับวิธีการอื่น เพื่อลดประชากรของแมลงวันผลไม้และเปอร์เซ็นต์การถูกทำลายของพุทรานมสดให้อยู่ในระดับที่เกษตรกรยอมรับได้ และลดการใช้สารฆ่าแมลงที่อาจเป็นอันตรายต่อเกษตรกร ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษานิเวศวิทยาของแมลงในพื้นที่
   - สำรวจพื้นที่ควบคุมกำจัดแมลงวันผลไม้ในพื้นที่อำเภอลอง จังหวัดแพร่และติดตั้งกับดักเมทิลยูจีนอลเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของแมลงในพื้นที่
   - สำรวจพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ในพื้นที่ โดยเก็บตัวอย่างผลไม้ทุกชนิดในพื้นที่ศึกษาจำนวนและชนิดของแมลงวันผลไม้
   - ตรวจวัดและบันทึกปัจจัยแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝน
2. การเพาะเลี้ยง การฉายรังสีและการปล่อยแมลงวันผลไม้ที่เป็นหมันจำนวนมาก

   เลี้ยงหนอนแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาวด้วยอาหารเทียมสูตรรำข้าวสาลี นำดักแด้ไปฉายรังสีทำหมันด้วยเครื่องฉายรังสี Gammacell 220 ที่ปริมาณรังสี 90 เกรย์ (minimum dose) แล้วขนส่งไปจังหวัดแพร่ด้วยรถห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส แล้วนำไปใส่ในกรงปล่อยเพื่อให้ออกเป็นตัวเต็มวัยตามจุดปล่อยที่กำหนดไว้ 10 จุด เมื่อแมลงออกเป็นตัวเต็มวัยจะบินออกไปแข่งขันผสมพันธุ์กับแมลงในธรรมชาติ ทำการปล่อยแมลงที่เป็นหมันต่อเนื่องทุก 2 สัปดาห์ระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม 2554 จำนวน 16 ครั้ง
3. การควบคุมคุณภาพของแมลงที่เป็นหมัน

   ตรวจสอบคุณภาพแมลงที่ผลิตทุกระยะตั้งแต่การผลิตจนถึงการปล่อยแมลง ตามคู่มือการควบคุมคุณภาพของแมลงที่เป็นหมันของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ
4. การควบคุมกำจัดแมลงด้วยวิธีการอื่นๆ ร่วมกับการปล่อยแมลงที่เป็นหมัน
   - การสร้างแนวกั้นแมลงข้างนอกไม่ให้เข้ามาในพื้นที่ โดยวางกับดักที่ใช้สารเมทิลยูจีนอลผสมสารฆ่าแมลง ล้อมรอบพื้นที่บ้านปากกางและบ้านต้นม่วง อำเภอลอง แต่ละกับดักห่างกัน 50 เมตร ทุกเดือน
   - การลดประชากรตัวเต็มวัยเพศผู้ โดยวางกับดักที่ใช้สารเมทิลยูจีนอลผสมกับสารฆ่าแมลง ในอัตรา 1 กับดักต่อพื้นที่ 1 ไร่ ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคมเดือนละ 1 ครั้ง
   - การกำจัดพืชอาศัยที่ถูกแมลงวันผลไม้ทำลาย โดยเก็บผลไม้เหล่านั้นมาทำเป็นน้ำหมักชีวภาพ
   - การใช้สารฆ่าแมลง เกษตรกรใช้สารฆ่าแมลงฉีดในสวนพุทรานมสด เพื่อกำจัดเพลี้ยไฟ ไรแดง และหนอนชอนใบ
   - การปล่อยแมลงวันผลไม้ที่เป็นหมันด้วยรังสี จำนวน 5 ล้านตัว ทุก 2 สัปดาห์ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม
5. การประเมินผลความสำเร็จของโครงการควบคุมกำจัดแมลงวันผลไม้ในพื้นที่กว้างโดยการใช้แมลงที่เป็นหมันร่วมกับวิธีการอื่น โดยประเมินจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของแมลงวันผลไม้ และเปอร์เซ็นต์การทำลายของแมลงวันผลไม้ในพุทรานมสด

ผลการทดลอง

ผลการสำรวจนิเวศวิทยาของแมลงวันผลไม้ใน อำเภอลอง จังหวัดแพร่ ในช่วงปี 2553-55 พบว่ามีแมลงวันผลไม้ 5 ชนิด คือ *Bactrocera dorsalis* (Hendel), *B. correcta* (Bezzi), *B. tau* (Walker), *B. umbrosa* (Fabricius) และ *B. latifrons* ส่วนใหญ่เป็นแมลงวันผลไม้ชนิด *B. dorsalis* และมีพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้มากกว่า 20 ชนิด เช่น ชมพู่ ฝรั่ง

กล้วยน้ำหว้า กล้วยป่า ละมุด มะม่วง กระท้อน มะละกอ มะเฟือง พุทรา มะปราง มะไฟ ลำไย ขนุน กระโดน มะเดื่อขน น้อยหน่า มะเขือ ส้มเขียวหวาน

การควบคุมกำจัดแมลงวันผลไม้ในพื้นที่บ้านปากกางและบ้านต้นม่วง อำเภอลอง โดยใช้การใช้กับดักลดประชากรของตัวเต็มวัยเพศผู้ การทำลายพืชอาศัย การกำจัดผลไม้ที่ถูกแมลงทำลาย การใช้แมลงที่เป็นหมันและการใช้สารฆ่าแมลงร่วมกัน ผลการควบคุมกำจัดแมลงวันผลไม้ในช่วงปี 2554 แสดงใน Figure 1 พบว่าที่บ้านปากกางสามารถลดประชากรแมลงวันผลไม้จาก 64.935 ตัว ในเดือนพฤษภาคม เหลือ 123 ตัว ในเดือนมกราคม (99.81 เปอร์เซ็นต์) และที่บ้านต้นม่วงสามารถลดประชากรแมลงจาก 75,248 ตัว ในเดือนพฤษภาคม เหลือ 119 ตัว ในเดือนมกราคม(99.84 เปอร์เซ็นต์) และเมื่อเปรียบเทียบกับบ้านท่าเดื่อที่ไม่ได้ดำเนินการควบคุมแมลงวันผลไม้ พบว่าที่บ้านปากกางและบ้านต้นม่วง ประชากรแมลงวันผลไม้ลดลงเฉลี่ย 71.79 และ 75.78 เปอร์เซ็นต์ และลดความเสียหายของพุทรานมสดเนื่องจากการทำลายของแมลงวันผลไม้ในแปลงให้ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่พุทราให้ผลผลิตจนเก็บเกี่ยว แต่ในช่วงปลายฤดูเก็บเกี่ยวที่จำนวนพุทรานมสดเหลือน้อย การทำลายของแมลงวันผลไม้เพิ่มขึ้นมาเป็น 34.95 และ 25.25 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงไว้ใน Figure 2

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

การควบคุมแมลงวันผลไม้โดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันผสมผสานกับวิธีการอื่น เพื่อลดความเสียหายของพุทรานมสด ได้ดำเนินการตามทฤษฎีการควบคุมแมลงแบบพื้นที่กว้าง (Area-wide principles) (Hendrichs และคณะ, 2007) ที่ดำเนินการควบคุมแมลงวันผลไม้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของหมู่บ้านปากกางและต้นม่วง ไม่ว่าเป็นพื้นที่สวน พื้นที่รกร้าง พื้นที่ป่าและที่อยู่อาศัย โดยการใช้กับดักลดประชากรแมลง การทำลายแหล่งขยายพันธุ์และการปล่อยแมลงสายพันธุ์หลังขาว (วณิช และคณะ, 2554) ที่เป็นหมันด้วยรังสี ผลการดำเนินการช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมกราคม สามารถลดประชากรแมลงวันผลไม้ได้ 99.81 เปอร์เซ็นต์ ที่บ้านปากกางและ 99.84 เปอร์เซ็นต์ ที่บ้านต้นม่วง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านท่าเดื่อที่ไม่ได้ดำเนินการควบคุมแมลงวันผลไม้ พบว่าประชากรแมลงวันผลไม้ที่บ้านปากกางและบ้านต้นม่วงลดลงเฉลี่ย 71.79 และ 75.78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ วณิช และคณะ (2552) ที่ตำบลตรอกนอง จังหวัดจันทบุรีพบว่าการปล่อยแมลงที่เป็นหมันในอัตราส่วน 8 เท่าของจำนวนแมลงในธรรมชาติ เพศผู้ที่เป็นหมันสามารถแย่งผสมพันธุ์กับเพศเมียปกติได้ 78 เปอร์เซ็นต์ ของการผสมพันธุ์ทั้งหมดของเพศเมียปกติและลดประชากรของแมลงได้ 63.71 เปอร์เซ็นต์

ความเสียหายของพุทรานมสดที่บ้านปากกางและต้นม่วงต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่พุทราให้ผลผลิตจนเก็บเกี่ยว แต่ในช่วงปลายฤดูเก็บเกี่ยวที่จำนวนพุทรานมสดเหลือน้อย การทำลายของแมลงวันผลไม้เพิ่มขึ้นมาเป็น 34.95 และ 25.25 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเพศเมียที่ผสมพันธุ์แล้วจากพื้นที่ใกล้เคียงเข้ามาทำลาย อย่างไรก็ตามผลการดำเนินการทำให้เกษตรกรได้ผลผลิตเพิ่มกว่า 2,000 กิโลกรัม/ไร่หรือ 40,000 บาท/ไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2552 ที่ยังไม่ได้ดำเนินการควบคุมแมลงวันผลไม้ ซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่ถูกแมลงวันผลไม้ทำลายตั้งแต่ผลเล็กจนเก็บเกี่ยว เสียหายมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

วณิช ลิ่มโอภาสมณี ทศพล แทนนรินทร์ ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ และ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ, 2552, การศึกษาความสามารถในการแข่งขันผสมพันธุ์และสืบพันธุ์ของแมลงวันผลไม้, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ที่เป็นหมัน, รายงานผลงานวิจัยปี 2552, กลุ่มวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์, สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ, หน้า 47-51.

วณิช ลิ่มโอภาสมณี ทศพล แทนนรินทร์ ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ และ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ, 2554, การพัฒนาสายพันธุ์แมลงวันผลไม้เพื่อใช้ในการจำแนกแมลงที่เป็นหมัน, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่ 12 วันที่ 6-7 กรกฎาคม 2554, กรุงเทพฯ, หน้า 20-22.

วณิช ลิ่มโอภาสมณี ทศพล แทนนรินทร์ ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ และ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ, 2554, การศึกษาวงจรชีวิตและการผสมพันธุ์ของแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาว, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่ 12 วันที่ 6-7 กรกฎาคม 2554, กรุงเทพฯ, หน้า 22-24.

วณิช ลิ่มโอภาสมณี ทศพล แทนนรินทร์ ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ และ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ, 2554, การศึกษาผลการฉายรังสีทำหมันต่อแมลงวันผลไม้สายพันธุ์หลังขาว, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่ 12 วันที่ 6-7 กรกฎาคม 2554, กรุงเทพฯ, หน้า 24-26.

Enkerlin, W.R., 2005, Impact of Fruit Fly Control Programs Using the Sterile Insect Technique, Sterile Insect Technique, Springer, Netherlands, 651-677.

Hendrichs, J., Kenmore, P., Robinson, A.S. and Vreysen, M.J.B., 2007, Area-Wide Integrated Pest Management (AW-IPM): Principles, Practice and Prospects, Area-Wide Control of Insect Pests, Springer, Netherlands, 3 – 33.

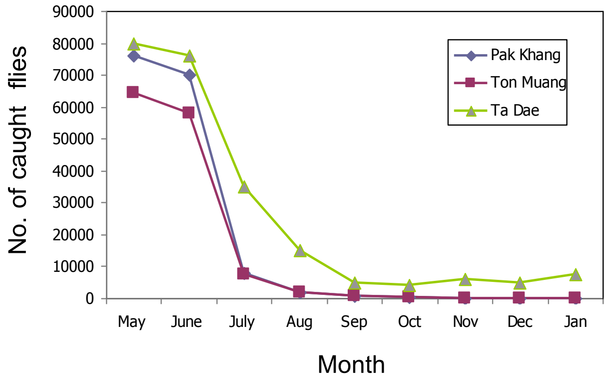


Figure 1 Number of caught flies in monitor traps at Pak Khang, Tom Muang and Ta Dae Village during May 2011–January 2012

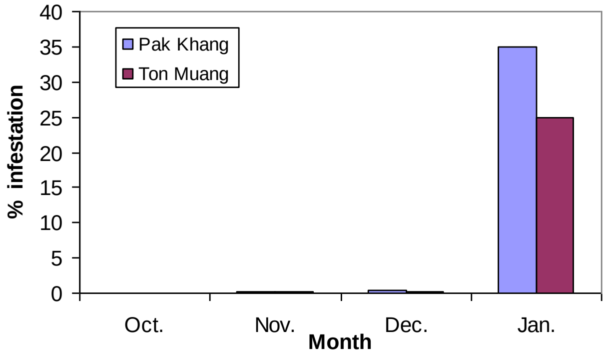


Figure 2 Percentage of fruit fly infestation in Jujube at Pak Khang and Ton Muang Village during October 2011-January 2012

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 429-432 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 429-432 (2555)

การปรับปรุงวิธีการเก็บหนอนในกระบวนการผลิตแมลงวันผลไม้, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

Improvement of Larval Collecting Method in Mass Rearing Process of Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์[1] วณิช ลิ่มโอภาสมณี[1] ทศพล แทนนรินทร์[1] และ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ[1]

Kongratarporn, T.[1], Limophasmanee, W.[1], Tannarin T.[1] and Segsarnviriya, S.[1]

Abstract

Improvement of larval collecting method in the process of mass rearing of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) were studied. The room temperature were maintained at 20^{0}C and 25^{0}C and duration of mature larvae in water were varied at 4, 10 and 24 hours. It was found that pupal weight, pupal size, adult eclosion and adult flight ability were not significantly difference in all treatments. But pupal mortality from larvae in water for 24 hours were increased by 3.79 percents, significantly difference from larvae in water for 4 and 10 hours and also male ratio from larvae in water for 24 hours were increased significantly from larvae in water for 4 and 10 hours. It can be concluded that the quality of fruit fly for sterile insect technique programme will be satisfied if mature larvae were in water not more than 10 hours and no effect of room temperature occurred in this experiment.

Keywords: fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel).

บทคัดย่อ

ศึกษาวิธีการเก็บหนอนของแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ในกระบวนผลิตแมลงวันผลไม้ ดำเนินการโดยสุ่มตัวอย่างหนอนวัยสุดท้ายที่อยู่ในน้ำมาเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 10 และ 24 ชั่วโมง ตรวจสอบคุณภาพพบว่า น้ำหนักดักแด้ ขนาดดักแด้ การออกเป็นตัวเต็มวัย ความสามารถในการบิน การตายของดักแด้ และอัตราส่วนเพศผู้มีค่าไม่แตกต่างกันทุกแผนการทดลอง แต่ระยะเวลาในการเก็บหนอนที่ 24 ชั่วโมง ทำให้ดักแด้มีการตายเพิ่มขึ้น 3.79 เปอร์เซ็นต์แตกต่างจากการเก็บที่ 4 และ 10 ชั่วโมง และการเก็บหนอนที่ 24 ชั่วโมง ส่งผลให้อัตราส่วนเพศผู้เพิ่มขึ้น แตกต่างจากการเก็บที่ 4 และ 10 ชั่วโมง โดยอุณหภูมิห้องไม่มีผลต่อการทดลองทั้ง 2 ระดับ ดังนั้นการเก็บหนอนภายใน 10 ชั่วโมง เป็นเวลาที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงานและไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพแมลงวันผลไม้

คำสำคัญ: แมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

คำนำ

แมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) สร้างความเสียหายแก่เกษตรกรผู้ปลูกไม้ผลเป็นจำนวนมาก ตัวหนอนจะกัดกินอยู่ภายในทำให้ผลไม้เน่าเสีย ร่วงหล่น คุณภาพลดลง ขายไม่ได้ราคา แมลงวันผลไม้ในประเทศไทย พบทำลายผลไม้ที่มีเปลือกบางหรืออ่อนนุ่ม เช่น ฝรั่ง ชมพู่ มะม่วง พุทรา น้อยหน่าฯลฯ ไม้ผลชนิดต่างๆ มากกว่า 50 ชนิด ล้วนเป็นพืชอาศัยของแมลงวันผลไม้ทั้งสิ้น โดยเหตุที่แมลงวันผลไม้มีพืชอาหารหลายชนิด ดังนั้นแมลงวันจึงสามารถขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้เกือบตลอดทั้งปี (มนตรี, 2544) การควบคุมกำจัดแมลงวันผลไม้สามารถทำได้หลายวิธีร่วมกัน เช่น การทำความสะอาดสวน การเก็บผลไม้ที่ถูกทำลายมาทำน้ำหมัก การใช้เหยื่อพิษ การใช้สารล่อเพื่อลดแมลงวันผลไม้เพศผู้ รวมถึงการใช้แมลงวันผลไม้ที่เป็นหมันเพื่อแข่งขันผสมพันธุ์กับแมลงในธรรมชาติซึ่งเป็นวิธีที่ให้แมลงชนิดเดียวกันควบคุมกันเอง นับเป็นการลดการระบาดแมลงทางชีววิธี (Biological control) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Gurr และ Kvedaras, 2010) การผลิตแมลงให้ได้จำนวนมากเพื่อควบคุมแมลงในธรรมชาติต้องมีระบบการเพาะเลี้ยงที่มีประสิทธิภาพ ตั้งแต่การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ การเก็บไข่ การเลี้ยงตัวหนอน การเก็บรวบรวมหนอนและการเข้าดักแด้ สำหรับการเก็บรวบรวมหนอน มานนท์

[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

(2542) รายงานว่าได้มีการรวบรวมหนอนให้ออกจากอาหารเทียม 2 วิธี วิธีแรกคือ Popping method โดยหนอนที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะออกจากถาดอาหารเทียมและตกลงในชั้นที่ใส่น้ำหรือพื้นที่มีน้ำอยู่เป็นวิธีที่ใช้ในอเมริกาและญี่ปุ่น วิธีที่สองเทอาหารเทียมลงบนเครื่องแยกตัวหนอน (Mechanical sieve)ที่เป็นตะแกรงทรงกลมเครื่องจะหมุน 3 วินาที หยุด 3 นาที ก็สามารถแยกหนอนออกจากอาหารเทียมเพื่อเข้าดักแด้เป็นวิธีที่ใช้ในเม็กซิโกและกัวเตมาลา หลังจากแยกหนอนออกจากอาหารเทียมแล้วได้นำหนอนที่ตกลงมาในน้ำเก็บรวมรวมแยกออกจากน้ำผสมกับขี้เลื่อย (vermiculite) และให้เข้าดักแด้ที่ห้อง 20±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±1 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันโครงการควบคุมแมลงวันผลไม้ที่เป็นหมันร่วมกับวิธีการอื่น ได้ใช้วิธีการรวบรวมหนอนออกจากอาหารเทียมโดยการลดอุณหภูมิเมื่อเพาะเลี้ยงหนอนในอาหารเทียมเข้าสู่วันที่ 7 8 และ 9 จากอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มาเป็น 20 องศาเซลเซียส (สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ, 2554) ซึ่งวิธีการใกล้เคียงกับการลดอุณหภูมิภายในห้องเลี้ยงหนอนแมลงวันผลไม้ชนิดทำลายแตง (Melon Fly) จาก 27 องศาเซลเซียส มาเป็น 20 องศาเซลเซียส เพื่อกระตุ้นให้หนอนกระโดดออกจากอาหารเทียมในวันสุดท้าย (Kakinohana และ Yamagishi, 1991) สเปรย์น้ำให้ทั่วชั้นเลี้ยงพร้อมทั้งเปิดไฟตลอดช่วงที่มีการเก็บหนอน ตัวหนอนที่ได้รับการกระตุ้นจะกระโดดลงในถาดที่มีน้ำรองรับอยู่ด้านล่างชั้นเลี้ยง จากนั้นจึงแยกตัวหนอนออกจากน้ำมาผสมขี้เลื่อย และจากการที่หนอนมีอายุไม่เท่ากันหนอนบางส่วนที่ออกจากอาหารเทียมก่อนอาจแช่อยู่ในน้ำนานส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแมลง จึงทำการศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บหนอนที่เหมาะสมเพื่อนำมาปรับปรุงกระบวนการผลิตแมลงเพื่อให้ได้ดักแด้ที่มีคุณภาพดีและมีความสะดวกในการปฏิบัติงาน

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัยดังนี้ ปัจจัยที่ 1 คือ อุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส และปัจจัยที่ 2 คือ การเก็บรวบรวมหนอนที่อยู่ในน้ำที่ระยะเวลา 4 10 และ 24 ชั่วโมง ทำการสุ่มตัวหนอนที่กระโดดออกจากอาหารเทียมเวลา 6.00 น. 7.00 น. ในวันที่ 2 (เนื่องจากมีปริมาณหนอนสูงกว่าวันแรก) ตัวอย่างละ 2 ลิตร เก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตัวหนอนมาผสมขี้เลื่อยเพื่อให้เข้าดักแด้ทุกๆ 4 10 และ 24 ชั่วโมง ตรวจสอบคุณภาพ เช่น น้ำหนักดักแด้ ขนาดดักแด้ การออกเป็นตัวเต็มวัย ความสามารถในการบิน การตายของดักแด้ และอัตราส่วนเพศ วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS 10.0 for windows

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการเก็บรวมรวมหนอนระยะสุดท้ายที่อยู่ในน้ำภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 10 และ 24 ชั่วโมง ตรวจสอบคุณภาพของดักแด้ พบว่า ดักแด้มีน้ำหนักไม่แตกต่างกันในแต่ละวิธีการทดลอง ดักแด้มีน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 13.03 กรัม เมื่อเก็บหนอนที่ระยะเวลา 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Table 1) ดักแด้มีน้ำหนักดีนั้นเป็นผลมาจากการเพาะไข่ลงอาหารเทียมในอัตราส่วนที่เหมาะสม ตัวหนอนได้รับอาหารเพียงพอและมีการควบคุมอุณหภูมิที่พอเหมาะไม่ร้อนจนส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหนอน และความร้อนทำให้หนอนกระโดดออกจากอาหารก่อนกำหนด (Kakinohana และ Yamagishi, 1991) ขนาดดักแด้ไม่แตกต่างกันในแต่ละวิธีการ ดักแด้มีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อยเท่ากับ 42.61 ดักแด้ต่อ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเก็บที่ 24 ชั่วโมง อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Table 2) ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การออกเป็นตัวเต็มวัยมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ โดยการเก็บหนอนที่ 24 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าวิธีการอื่นโดยมีค่าเท่ากับ 94.0 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) สำหรับความสามารถในการบินไม่มีความแตกต่างในแต่ละวิธีการ การเก็บหนอนที่ 10 ชั่วโมง อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ตัวเต็มวัยมีความสามารถในการบินดีกว่าคือมีค่าเท่ากับ 93.40 เปอร์เซ็นต์ (Table 4) มานนท์ (2542) รายงานว่าการแยกดักแด้ออกจากขี้เลื่อยในช่วงที่ดักแด้อ่อนแอ การใช้ความเร็วสูงในการร่อนดักแด้ หรือดักแด้ได้รับอุณหภูมิสูงขณะเก็บรักษา จะทำให้กล้ามเนื้อส่วนปีกของแมลงได้รับความเสียหาย ตรวจสอบการตายของดักแด้พบว่า เมื่อเก็บหนอนที่ 24 ชั่วโมง อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีการตายสูงถึง 3.79 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับวิธีการอื่นๆ (Table 5) และการเก็บหนอนที่ 24 ชั่วโมง ของทุกอุณหภูมิมีอัตราส่วนเพศผู้สูงกว่า การเก็บที่ 10 ชั่วโมงให้ผลใกล้เคียงกับการเก็บที่ 4 ชั่วโมง โดยมีค่าเท่ากับ 1.06 0.93 และ 1.00 ตามลำดับ (Table 6)

Table 1 Effect of room temperature and duration of mature larvae of *B. dorsalis* (Hendel) in water on pupal weight

Temperature (°C)	Pupal weight (g.)			
	Time (h.)			Mean
	4	10	24	
20	1.22	1.30	1.28	1.27a[1/]
25	1.26	1.29	1.27	1.28a
Mean	1.25a	1.29a	1.28a	1.27

Means with in column and row followed by different letters are significantly by DMRT test at 5% level.

Table 2 Effect of room temperature and duration of mature larvae of *B. dorsalis* (Hendel) in water on pupal size

Temperature (°C)	Number of pupal with 1 cc. (pupal)			
	Time (h.)			Mean
	4	10	24	
20	43.83	44.59	42.61	43.68a[1/]
25	44.92	44.16	44.17	44.41a
Mean	44.37a	44.37a	43.39a	44.04

Means with in column and row followed by different letters are significantly by DMRT test at 5% level.

Table 3 Effect of room temperature and duration of mature larvae of *B. dorsalis* (Hendel) in water on adult eclosion

Temperature (°C)	Adult eclosion (%)			
	Time (h.)			Mean
	4	10	24	
20	93.75	93.95	91.05	92.91a[1/]
25	93.65	91.95	94.0	93.2a
Mean	93.70a	92.95a	92.52a	93.05

Means with in column and row followed by different letters are significantly by DMRT test at 5% level.

Table 4 Effect of room temperature and duration of mature larvae of *B. dorsalis* (Hendel) in water on flight ability.

Temperature (°C)	Flight ability (%)			
	Time (h.)			Mean
	4	10	24	
20	90.65	93.40	89.2	91.08a[1/]
25	92.20	90.55	92.9	91.88a
Mean	91.425a	91.97a	91.05a	91.48

Means with in column and row followed by different letters are significantly by DMRT test at 5% level

Table 5 Effect of room temperature and duration of mature larvae of *B. dorsalis* (Hendel) in water on pupal mortality

Temperature (°C)	Pupal mortality (%)			
	Time (h.)			Mean
	4	10	24	
20	0.415	1.185	4.11	1.90a[1/]
25	0.462	1.395	3.48	1.77a
Mean	0.437a	1.29ab	3.79b	1.84

Means with in Colum and Row followed by different letters are significantly by DMRT test at 5% level.

Table 6 Effect of room temperature and duration of mature larvae of *B. dorsalis* (Hendel) in water on male ratio

Temperature (°C)	Male ratio			
	Time (h.)			Mean
	4	10	24	
20	1.04	0.98	1.06	1.03a[1/]
25	0.97	0.88	1.05	0.97a
Mean	1.00ab	0.93a	1.06b	1.00

Means with in Colum and Row followed by different letters are significantly by DMRT test at 5% level.

สรุปผล

การเก็บรวบรวมหนอนวัยสุดท้ายที่ห้องควบคุมอุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 10 และ 24 ชั่วโมง พบว่า ดักแด้มีน้ำหนัก ขนาด การออกเป็นตัวเต็มวัย ความสามารถในการบิน การตาย และอัตราส่วนเพศผู้ไม่แตกต่างกัน แต่ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมหนอนมีผลต่อการตายของดักแด้และอัตราส่วนเพศ โดยการเก็บหนอนที่ 24 ชั่วโมง ส่งผลให้ดักแด้ตายถึง 3.79 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนเพศผู้สูงขึ้นเท่ากับ 1.06 เมื่อเก็บหนอนที่ 24 ชั่วโมง โดยอุณหภูมิทั้ง 2 ระดับไม่มีผลต่อการทดลอง ดังนั้นระยะเวลาการเก็บหนอนที่ 10 ชั่วโมง เป็นเวลาที่เหมาะสมต่อผู้ปฏิบัติงานและไม่ทำให้คุณภาพของแมลงลดลง

เอกสารอ้างอิง

มนตรี จิรสุรัตน์, 2544, ชีววิทยาแมลงวันผลไม้, เอกสารวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ, 244 หน้า.

มานนท์ สุตันทวงษ์, 2542, การเพาะเลี้ยงแมลงให้ได้จำนวนมาก, เอกสารการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้รังสีควบคุมและกำจัดแมลง, สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ.

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2554, การควบคุมแมลงวันผลไม้ในพื้นที่กว้างโดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันผสมผสานกับวิธีการอื่น, โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ, 39 หน้า.

Gurr, G.M. and Kvedaras, O.L., 2010, Synergizing Biological Control: Scope for Sterile Insect Technique, Induced Plant Defences and Cultural Techniques to Enhance Natural Enemy Impact, Biological Control, 52: 198-207.

Kakinohana, H. and Yamagishi, M., 1991, The Mass Production of the Melon Fly in Okinawa Techniques and Problems, The International Symposium on the Biology and Control of Fruit Flies, Japan, 10p.

การเอนแคปซูเลชั่นกลิ่นรสช็อคโกแลตจากโปรตีนไฮโดรไลเซทด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Encapsulation of Chocolate Flavor from Protein Hydrolysate by Spray Drying Technique

รัชฎาภรณ์ คะประสบ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Kaprasob, R.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Encapsulation of chocolate flavor powder (CCFP) from sesame meal protein hydrolysate was by spray drying using the maltodextrin as core material, and varied CCFP at 20, 25 or 30% (w/w) with hot air inlet temperature at 120, 140 or 160ºC. Results showed that 30% CCFP and hot air inlet temperature at 140ºC served the optimum encapsulated condition to produce CCFP with the high overall acceptance sensory scores (6.83). Its morphological characteristic by scanning electron microscope (SEM) was a spherical shape with a shriveled surface and smooth granule (1-10 µm). It could be soluted completely (93%) in water. The predominant volatile compounds of CCFP identified by dynamic headspace solid phase micro-extraction gas chromatography-mass spectrometry (DHS-SPME GC-MS) were nonanal, 2-ethyl-1-hexanol, menthol, (E)-geranyl acetone, 1-dodecanol, 1-hexadecanol and 2-ethylhexyl-p-methoxycinnamate. Its processed flavor powder had odor description of sweet, almond and chocolate and it could be kept in aluminium foil at 25ºC for longer than 21 days without any change of flavor profile.

Keywords: sesame meal protein hydrolysate, spray dryer, moltodextrin, chocolate flavor powder

บทคัดย่อ

การเอนแคปซูเลชั่นสารปรุงแต่งกลิ่นรสช็อคโกแลตจากโปรตีนไฮโดรไลเซทกากงา โดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย ใช้มอลโตเดกซ์ทริน (maltodextrin) เป็นสารเคลือบ แปรปริมาณกลิ่นรสช็อคโกแลตร้อยละ 20, 25 และ 30 (โดยน้ำหนัก) และแปรอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย เท่ากับ 120, 140 และ 160ºC พบว่าปริมาณกลิ่นรสช็อคโกแลตร้อยละ 30 อุณหภูมิขาเข้า 140ºC เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยมีคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นรสโดยรวมดีที่สุดเท่ากับ 6.83 และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเม็ดผงที่ได้จากการส่องกล้องอิเลกตรอนแบบส่องกราด (SEM) มีการกระจายตัวมากลักษณะกลม ผิวเรียบแต่มีรูปร่างแบบเหี่ยวย่นขนาด 1-10 µm มีค่าการละลายในน้ำเท่ากับร้อยละ 93 พบองค์ประกอบหลักของสารระเหยได้ 7 ชนิด คือ nonanal, 2-ethyl-1-hexanol, menthol, (E)-geranyl acetone, 1-dodecanol, 1-hexadecanol และ 2-ethylhexyl-p-methoxycinnamate และผง processed flavor มีกลิ่นหอมหวาน กลิ่นอัลมอนด์ และมีกลิ่นคล้ายช็อคโกแลต เมื่อเก็บรักษาผง processed flavor ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ 25ºC สามารถเก็บได้นานกว่า 21 วัน โดย flavor profile ไม่เปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซทกากงา การทำแห้งแบบพ่นฝอย มอลโตเดกซ์ทริน ผงปรุงแต่งกลิ่นรสช็อคโกแลต

คำนำ

ไมโครเอนแคปซูเลชั่น (microencapsulation) เป็นการใช้สารห่อหุ้ม (wall material) มาหุ้มหรือเคลือบสารภายใน (core material) มีขนาด 0.2-5000 ไมโครเมตร ซึ่งสารที่ถูกหุ้มอาจมีสถานะเป็นของเหลว ของแข็ง หรือก๊าซ มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยาอย่างกว้างขวาง เพื่อช่วยให้สามารถเก็บรักษาคุณภาพของสารชีวภาพที่สำคัญ เช่น วิตามินต่างๆ คาร์โรทีนอยด์ รวมทั้งสารให้กลิ่นรส (flavor) หรือสารที่ใช้ปรุงแต่งหรือส่วนประกอบของอาหาร ให้อยู่ในสภาพเดิมได้นานที่สุด (Gharsallaoui และคณะ, 2007) หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาเพื่อลดปัญหาสารที่ไวต่อการสลายตัว อันเนื่องมาจากความไม่คงตัวทางกายภาพหรือเคมี (Dziezak, 1998) รวมทั้งช่วยบดบังรสขม (Favaro-Trindade และคณะ, 2010) ซึ่งการแอนแคปซูเลชั่นสามารถช่วยปลดปล่อยสารอย่างช้าๆ ตามช่วงเวลาหรือตามที่ต้องการเช่น ในช่วงการแปรรูป การขนส่ง หรือระหว่างการขบเคี้ยว (Gouin, 2004) ตลอดจนยับยั้งการระเหยหรือป้องกันไม่ให้สารให้กลิ่นรสและส่วนประกอบแต่ละชนิดทำปฏิกิริยากัน บดบังกลิ่นรสต่างๆ รวมทั้งเปลี่ยนสารจากสภาพที่เป็นของเหลวให้เป็นของแข็งหรือผง มีการนำเทคนิคนี้มาใช้กับโปรตีนไฮโดรไลเซตกลิ่นรสเนื้อ (meat flavor) (Jeon และคณะ, 2003) โปรตีน

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Soi Tientalay 25, Thakham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

ไฮโดรไลเซตเคซีน (Favaro-Trindade และคณะ, 2010) และสารปรุงแต่งกลิ่นรสไก่ (ชนิกานต์ และคณะ, 2553) ซึ่งโปรตีนไฮโดรไลเซตกากงา (รัชฎาภรณ์ และคณะ, 2553) ที่ผ่านกระบวนการ thermal processed flavor จนได้เป็นกลิ่นช็อคโกแลตมีลักษณะเป็นของเหลวรสขม แต่ยากต่อการนำไปใช้และการเก็บรักษา ดังนั้นจึงควรพัฒนาให้อยู่ในรูปผง เพื่อง่ายในการประยุกต์ใช้กับอาหารและง่ายแก่การเก็บรักษา อีกทั้งพัฒนากลิ่นรสให้พึงพอใจแก่ผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผงปรุงรสช็อคโกแลตด้วยวิธี spray dry โดยใช้มอลโตเดกซ์ทริน (maltodextrin) เป็นสารเคลือบ

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมโปรตีนไฮโดรไลเซตกากงา ตามวิธีของ รัชฎาภรณ์ และคณะ (2553) เพื่อเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการ thermal processed flavor โดยผสมโปรตีนไฮโดรไลเซต 5 g กับ L-valine 0.2 g L-leucine 0.2 g น้ำตาลกลูโคส 0.4 g กรดแทนนิก 0.1 g และน้ำ 14.1 g ให้ความร้อนที่ 90-95°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตามวิธีของ Manley และคณะ (1999) นำสารละลายที่ได้ไประเหยน้ำด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่ความดัน 50 mbar อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสช็อคโกแลตที่ผ่าน processed flavor ในรูปข้นหนืด จากนั้นเติม processed flavor กลิ่นรสช็อคโกแลต ร้อยละ 20, 25 และ 30 โดยน้ำหนัก ลงในสารละลาย 10% maltodextrin (w/v) ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย homogenizer และทำแห้งด้วยวิธี spray dry โดยกำหนดขนาด nozzle atomizer เท่ากับ 0.5 mm อัตราการ feed เท่ากับ 5 mL/min แปรอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าเท่ากับ 120, 140 และ 160°C เก็บผงแห้งที่ได้ (ในที่นี่ผงแห้งที่ได้ใช้คำว่า Chocolate flavor powder หรือ CCFP) บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บที่อุณหภูมิห้อง นำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ดังนี้ ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab ปริมาณร้อยละผลผลิต (%yield) ดังสมการ

$$\text{ปริมาณร้อยละผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนัก CCFP}}{\text{น้ำหนักของสารละลาย CCFP ก่อนทำแห้ง}} \times 100$$

จากนั้นวิเคราะห์การละลาย (water solubility) ของ CCFP ตามวิธีของ Shin (1996) วิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphological characteristic) ด้วย scanning electron microscrope (SEM) วางแผนการทดลองแบบ 3x3 factorial in completely randomized design ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสในน้ำซุป โดยเติม CCFP ร้อยละ 25 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรน้ำร้อน ประเมินความเข้ม (intensity) ทางด้านกลิ่นช็อคโกแลต กลิ่นมอลต์ กลิ่นกาแฟ กลิ่นคาราเมล กลิ่นงา กลิ่นธัญพืช กลิ่นหวาน กลิ่นคาว รสช็อคโกแลต รสมอลต์ รสกาแฟ รสหวาน รสขม รสเค็ม รสเปรี้ยวและการยอมรับโดยรวม โดยผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน 15 คน ใช้วิธีทดสอบแบบ Quantitative descriptive analysis (QDA) ให้คะแนนแบบ 9-point scoring test วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) วิเคราะห์องค์ประกอบสารที่ระเหยได้ของ CCFP ด้วย dynamic headspace solid phase micro-extraction gas chromatography mass spectrometer (DHS-SPME GC-MS) โดยละลาย CCFP 1 g ในน้ำกลั่น 4 mL ภาวะของการวิเคราะห์และแปลผลตาม รัชฎาภรณ์ และคณะ (2553) จากนั้นศึกษาอายุการเก็บรักษากลิ่นรส CCFP โดยนำภาวะที่ดีที่สุดมาเก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บที่อุณหภูมิห้อง (25°C) เป็นเวลา 1 เดือน วิเคราะห์ตัวอย่างทุก 3 วัน ติดตามการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นด้วย DHS-SPME GC-MS ตามวิธีข้างต้น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผงสารปรุงแต่งกลิ่นรสช็อคโกแลต (CCFP) ที่ผ่านการทำแห้งด้วย spray dryer เป็นผงละเอียดสีขาว ซึ่งการเพิ่มปริมาณของ processed flavor และอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้ามีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าสี (L*, a*, b* และ hue angle) ปริมาณร้อยละผลผลิต ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อการละลาย ($p>0.05$) โดยมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองลดลง รวมทั้งเฉดสีมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีเฉดสีเป็นสีเหลืองอ่อน (hue angle = 81.77-82.58) (Table 1) ภาวะที่ใช้ปริมาณ processed flavor ร้อยละ 30 ทำแห้งที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 140°C มีค่าความเข้มของสีมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากสีของ processed flavor ที่เติมลงไป ซึ่งมีสีน้ำตาลเข้ม (L* = 52.30±0.18, a* = 1.84±0.32 และ b* = 15.62±0.85) จึงทำให้ CCFP มีสีเข้มขึ้นด้วย และภาวะที่มีร้อยละผลผลิตมากสุดคือปริมาณ processed flavor ร้อยละ 20 อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 120°C เท่ากับร้อยละ 8.89 ซึ่งเมื่อปริมาณ processed flavor เพิ่มมากขึ้น ร้อยละผลผลิตของ CCFP เพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า ทำให้ร้อยละผลผลิตของ CCFP ลดลง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงมีการระเหยน้ำได้มาก จึงมีลักษณะแห้งกว่า และทุกภาวะของการผลิตผงสารปรุงแต่งกลิ่นรสช็อคโกแลตมีค่าการละลายไม่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถละลายได้ดีในน้ำที่อุณหภูมิห้อง โดยมีค่าการละลายมากกว่าร้อยละ 90 (Table 1) เนื่องจาก maltodextrin (DE 14) ที่ใช้เป็นสารเคลือบ มีคุณสมบัติในการละลายและดูดความชื้นได้ดี อีกทั้ง processed flavor มีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก ดังนั้น CCFP มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุปรุงแต่งอาหารที่มีส่วนประกอบของน้ำ เมื่อวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่า CCFP มี

หลายขนาดและมีรูปร่างแตกต่างกันไป โดยส่วนใหญ่มีลักษณะกลม ผิวเรียบและรูปร่างแบบเหี่ยวย่น ขนาด 1-10 μm (Figure 1) พบการกระจายตัวของเม็ดดีที่ภาวะใช้ปริมาณ processed flavor ร้อยละ 30 อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 140ºC ซึ่งเป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำแห้งด้วย spray dryer โดยได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมมากสุดเท่ากับ 6.83 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง อีกทั้งได้รับคะแนนด้านกลิ่นและรสช็อคโกแลตสูง เท่ากับ 6.33 และ 6.17 ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะด้านกลิ่นมอลต์ กลิ่นกาแฟ กลิ่นคาราเมล กลิ่นงา กลิ่นธัญพืช กลิ่นหวาน กลิ่นคาว รสช็อคโกแลต รสมอลต์ รสกาแฟ รสหวาน รสขม รสเค็มและรสเปรี้ยวมีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้ maltodextrin ซึ่งมีรสหวาน สามารถช่วยบังความขมของ processed flavor ได้ สอดคล้องกับสารระเหยได้ที่พบองค์ประกอบหลักของสารให้กลิ่นรสใน processed flavor ที่มีลักษณะกลิ่นแบบอัลมอลต์ 7 ชนิด คือ nonanal, 2-ethyl-1-hexanol, menthol, (E)-geranyl acetone, 1-dodecanol, 1-hexadecanol และ 2-ethylhexyl-p-methoxycinnamate จึงทำให้กลิ่นรสของ processed flavor มีลักษณะหอมหวานและมีกลิ่นรสคล้ายกลิ่นช็อคโกแลต และสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25ºC ได้นาน 21 วัน โดยมีลักษณะของ flavor profile เหมือนกันโดยแบ่งตามช่วงระยะเวลาเก็บ ดังนี้ 3-9 วัน, 12-21 วัน และ 21-30 วัน โดยช่วงวันที่ 12-21 วันมีแนวโน้มของการปลดปล่อยสารหอมระเหยทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ (E)-geranyl acetone, 1-hexadecanol และ 2-ethylhexyl-p-methoxycinnamate ออกมาได้มากโดยมี peak area เพิ่มมากขึ้น (Figure 2) เนื่องจากเก็บรักษาสารให้กลิ่นรสในระบบปิด จึงทำให้ปริมาณสารองค์ประกอบหลักมากขึ้น แต่หลังจาก 24-30 วัน พบสารหอมระเหยทั้ง 4 ชนิดลดลง (Table 2)

สรุปผล

ปริมาณ processed flavor กลิ่นช็อคโกแลตร้อยละ 30 อุณหภูมิอากาศขาเข้า 140ºC เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตผงปรุงแต่งกลิ่นรสช็อคโกแลต ด้วย spray dryer ใช้ maltodextrin เป็นสารเคลือบ โดยมีคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นรสโดยรวมดีที่สุดและลักษณะของเม็ดผงที่ได้จากกล้อง SEM มีการกระจายตัวมาก พบองค์ประกอบหลักของสารระเหยได้ 7 ชนิดใน processed flavor มีลักษณะกลิ่นแบบอัลมอลต์ และสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25ºC ได้นานกว่า 21 วัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น, 2552, เทคนิคการเอนแคปซูเลชั่นกลิ่นรสไก่จากโปรตีนไฮโดรไลเซต, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 629-632.

รัชฎาภรณ์ คะประสบ ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น, 2552, คุณลักษณะของโปรตีนไฮโดรไลเซทกากงาที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์โปรติเอส, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 685-688.

Dziezak, J.D., 1998, Microencapsulation and Encapsulated Ingredients: Use of Microencapsulation Can Improve Ingredient Functionality, Food Technology, 42: 136-151.

Favaro-Trindade, C.S., Santana, A.S., Monterrey-Quintero, E.S., Trindade, M.A. and Netto, F.M., 2010, The Use of Spray Drying Technology to Reduce Bitter Taste of Casein Hydrolysate, Food Hydrocolloids, 24: 336-340.

Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A. and Saurel, R., 2007, Applications of Spray-Drying in Microencapsulation of Food Ingredients: An Overview, Food Research International, 40(9): 1107-1121.

Gouin, S., 2004, Microencapsulation: Industrial Appraisal of Existing Technologies and Trends, Trends in Food Science & Technology, 15(7-8): 330-347.

Jeon, Y.J., Vasanthan, T., Temelli, F. and Song, B.K., 2003, The Suitability of Barley and Corn Starches in Their Native and Chemically Modified Forms for Volatile Meat Flavor Encapsulation, Food Research International, 36(4): 349-355.

Manley, H. Ch., Choudhury, H.B. and Mazeika, P., 1999, Food Flavorings, Ashurst, R.P., 2nd, An Asprn Publication, Maryland, pp. 283-323.

SAS, 1997, SAS User's Guide : Statistics, SAS Institude, Inc., North Calorina, 558 p.

Shin, F.F., 1996, Edible Film from Rice Protein Concentrate and Pullalan, Cereal Chemistry, 73: 406-409.

Table 1 L*, a*, b*, hue angle, %yield and water solubility (%) of CCFP

processed flavor (%)	hot air inlet (ºC)	L*	a*	b*	hue angle	%yield	water solubility (%)
20	120	102.78 ± 0.08^{c}	0.57 ± 0.04^{f}	3.97 ± 0.07^{e}	81.85 ± 0.33^{d}	8.89 ± 0.03^{a}	95.20 ± 0.28
	140	102.48 ± 0.06^{cd}	0.68 ± 0.01^{c}	4.74 ± 0.02^{c}	81.86 ± 0.09^{d}	7.80 ± 0.03^{f}	95.01 ± 0.30
	160	104.58 ± 0.21^{a}	0.54 ± 0.00^{f}	3.86 ± 0.01^{e}	82.04 ± 0.06^{cd}	8.14 ± 0.03^{e}	91.93 ± 0.40
25	120	101.78 ± 0.40^{de}	0.74 ± 0.00^{b}	5.20 ± 0.00^{b}	81.95 ± 0.01^{cd}	8.22 ± 0.05^{de}	95.11 ± 0.43
	140	103.69 ± 0.23^{b}	0.63 ± 0.04^{de}	4.57 ± 0.18^{cd}	82.23 ± 0.11^{bc}	8.46 ± 0.02^{c}	94.95 ± 1.00
	160	102.85 ± 0.21^{c}	0.59 ± 0.02^{ef}	4.31 ± 0.05^{d}	82.23 ± 0.16^{bc}	8.27 ± 0.03^{d}	95.70 ± 0.70
30	120	103.71 ± 0.37^{b}	0.66 ± 0.01^{cd}	5.01 ± 0.01^{b}	82.58 ± 0.07^{a}	8.64 ± 0.07^{b}	96.21 ± 0.00
	140	101.56 ± 0.13^{e}	0.83 ± 0.01^{a}	5.68 ± 0.03^{a}	81.77 ± 0.03^{d}	7.85 ± 0.03^{f}	92.81 ± 0.97
	160	101.78 ± 0.75^{de}	0.62 ± 0.03^{de}	4.70 ± 0.28^{c}	82.43 ± 0.13^{ab}	7.82 ± 0.02^{f}	95.30 ± 0.14
F-test		*	*	*	*	*	ns
LSD		0.76	0.05	0.26	0.32	0.08	4.41
C.V. (%)		0.33	3.27	2.48	0.17	0.45	2.09

* mean the letters in the same column are significant difference ($p\leq0.05$), ns mean in the same column are significant difference ($p>0.05$)

$^{a, b, c,...}$means within a column with different superscripts are significant difference ($p\leq0.05$)

Table 2 Peak area of chocolate predominant flavor of CCFP(30% processed flavor, 140ºC) were kept in 25ºC

Volatile compounds	Major components of volatile compounds of eb-SPH malto powder (peak area) ($\times10^{7}$)									
	3 days	6 days	9 days	12 days	15 days	18 days	21 days	24 days	27 days	30 days
nonanal	4.38	4.10	6.65	2.53	3.80	5.42	1.64	2.43	2.30	1.71
2-ethyl-1-hexanol	2.31	1.90	1.97	1.77	1.97	1.69	1.69	1.91	1.44	1.67
(E)-geranyl acetone	2.70	3.00	2.30	2.79	4.02	5.03	5.00	4.08	3.75	2.78
1-dodecanol	2.50	2.40	2.43	1.85	1.97	2.40	2.40	2.78	2.68	2.94
1-hexadecanol	1.65	1.90	3.43	3.01	3.78	5.82	5.82	11.46	8.34	5.48
2-ethylhexyl-p-methoxycinnamate	5.63	9.30	17.99	10.69	16.91	19.27	19.30	10.48	17.70	7.29
total	19.16	23.00	34.78	22.63	93.46	39.64	35.86	33.15	36.22	21.87

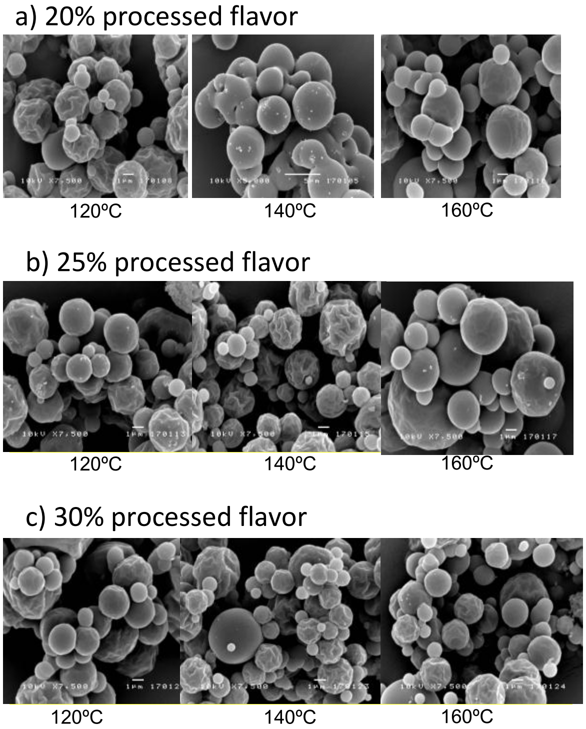


Figure 1 Morphology of CCFPs obtained from SEM

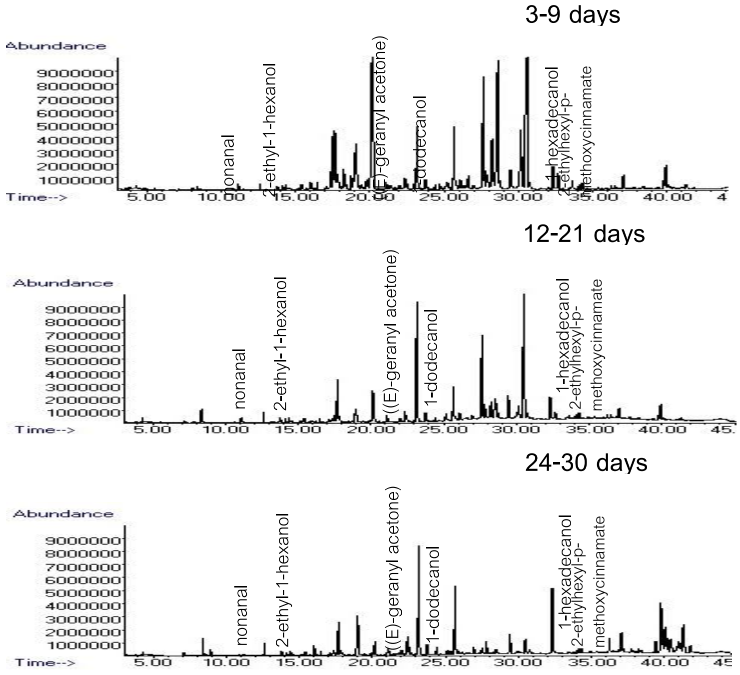


Figure 2 Chromatograms of CFP (30% processed flavor, 140°C) were kept in 25°C

คุณภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุน

Quality of Tapioca Starch Film Mixed with Jellyfish Protein Hydrolysate

เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1] พรพรรณ เพ็งพูลเดช[1] และ อุบลพันธ์ รอดสุวรรณ์[1]
Thumthanaruk, B.[1], Pengpoondech, P.[1] and Rodsuwan, U.[1]

Abstracts

The objective of this research was to study of chemical, physical, and mechanical properties of 5% tapioca film mixed with jellyfish protein hydrolyzate (*Rhopilema hispidum*) at 1, 3, and 5% (w/v). The addition of glycerol was used as a plasticizer at 30% of starch solution and dried at 70°C for 3 hours. Results showed that the color of tapioca films with jellyfish protein hydrolysate had opaque white color. The increased concentration of jellyfish protein hydrolysate resulted in the increase of water vapor transmission rate and elongation. However, the decreases of oxygen transmission, tensile strength and water solubility index were found.
Keywords: tapioca film, jellyfish, protein hydrolysate

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพ และทางกล ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง (5%) ผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนหนัง (*Rhopilema hispidum*) ที่ความเข้มข้น 1, 3 และ 5% โดยเติมกลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์ที่ความเข้มข้น 30% ของน้ำหนักสารละลายแป้งและทำแห้งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนมีสีขาวขุ่น ฟิล์มที่มีส่วนผสมของปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเซทมากขึ้นมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำและการยืดตัวเพิ่มสูงขึ้น แต่มีการซึมผ่านออกซิเจน การต้านทานแรงดึงขาด และดัชนีการละลายน้ำลดลง
คำสำคัญ: ฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง แมงกะพรุน โปรตีนไฮโดรไลเซท

คำนำ

ฟิล์มบริโภคได้ (edible film) เป็นวัสดุที่ใช้ในการห่อหุ้ม (wrap) อาหาร ประโยชน์ของฟิล์มบริโภคได้สามารถนำมาใช้เคลือบอาหาร ช่วยป้องกันการแพร่กระจายของความชื้น ช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และใช้ห่อหุ้มอาหารที่เน่าเสียง่าย (งามทิพย์, 2538) ช่วยชะลอการเสื่อมเสียของอาหารจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) และการหายใจ (respiration) ทำให้ช่วยรักษาคุณภาพของอาหารได้ โดยฟิล์มบริโภคที่ผลิตจากแป้งหรือไบโอพอลิเมอร์มีข้อดีเหนือกว่าฟิล์มพลาสติก คือ ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ สามารถบริโภคได้พร้อมกับผลิตภัณฑ์ เสริมคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะฟิล์มที่ผลิตขึ้นจากวัตถุดิบประเภทโปรตีน ช่วยเก็บรักษาสารประกอบที่ให้กลิ่น รสและความหวาน เป็นต้น (Gennadios และ Weller, 1990) ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคต่างๆ อาทิเช่น การใช้ฟิล์มบริโภคได้จากน้ำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เพื่อใช้เคลือบผิวผลมะม่วงสด (ภัทราทิพย์, 2548) ฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตซานใช้เป็นสารเคลือบบิสกิต (กษิดิศ และคณะ, 2553b) ฟิล์มบริโภคได้จากแป้งบุกและการใช้ประโยชน์สำหรับห่อหุ้มผลไม้กวน (ธารทิพย์, 2544) ใช้เป็นสารเคลือบผิวชมพู่พันธ์ทับทิมจันท์ (ซูสิทธิ์ และคณะ, 2550) การใช้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้าในการเคลือบผลิตภัณฑ์ทุเรียนพร้อมบริโภค (ภูริสา และคณะ, 2552) ส้มโอตัดแต่งพร้อมบริโภค (ภูริสา และคณะ, 2552) ผลของการใช้แคปป้าคาราจีแนนต่อคุณสมบัติของฟิล์มแป้ง (ภูริสา และคณะ, 2553)

คุณสมบัติของฟิล์มแป้งผสมเพคติน(ภูริสา และคณะ, 2553) การใช้สารสกัดจากพืชวงศ์ส้มในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังสำหรับ ส้มโอตัดแต่งพร้อมบริโภค (อรทัย และคณะ, 2552) ผลของกรดอะซิติก ซิตริกและมาลิกที่มีต่อคุณสมบัติทางกลของฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน (กนกอร และ คณะ, 2550) ผลของการอบแห้งต่อคุณสมบัติฟิล์มแป้งข้าวเจ้า

[1] **ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800**

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800

ผสมไคโตแซน (จุฬาลักษณ์ และคณะ, 2552) สมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง (กษิดิศ และคณะ, 2553c) และ การศึกษาฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง (ปนัดดา, 2540) วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยส่วนที่เป็นโครงสร้าง คือ แป้ง (starch) จากแป้งมันสำปะหลัง โปรตีนไฮโดรไลเซทของแมงกะพรุน และส่วนที่ทำหน้าที่เป็นพลาสติไซเซอร์ (plasticizer) ได้แก่ กลีเซอรอล (glycerol) โดยโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนมีโปรตีนและคอลลาเจนเป็นองค์ประกอบอยู่มาก มีปริมาณโปรตีนในส่วนร่มและขาร้อยละ 3.06 และ 2.68 ตามลำดับ และมีปริมาณคอลลาเจนร้อยละ 2.76 และ 2.21 ตามลำดับ (อิสรี, 2552) งานวิจัยนี้เลือกใช้เฉพาะส่วนร่มของแมงกะพรุนหนัง ฟิล์มบริโภคที่พัฒนาขึ้นอาจนำมาประยุกต์ใช้อาหารได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง (ชุดควบคุม) เตรียมโดยใช้น้ำแป้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ให้ความร้อนจนน้ำแป้งเกิดลักษณะเจลาติไนซ์ เติมพลาสติไซเซอร์ คือ กลีเซอรอลร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลัง โปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนเตรียมจากการย่อยแมงกะพรุนที่ล้างเกลือด้วยกรดอะซิติก นำไปให้ความร้อนที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที กรองเอาส่วนที่ไม่ถูกย่อยออก แล้วนำไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง Rotary Evaporator (Rotavapor ® R-210, Buchi Labortechnik AG, Switzerland) แล้วนำไปทำแห้งแบบระเหิดด้วยเครื่อง Freeze dryer สำหรับฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมผงโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนในอัตราส่วน 1:1 (โดยน้ำหนัก) แล้วแปรปริมาณแมงกะพรุนไฮโดรไลเซทความเข้มข้นร้อยละ 1, 3 และ 5 ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่อง homogenizer เป็นเวลา 2 นาที นำไปไล่แก๊สโดยใช้เครื่อง ultrasonic เป็นเวลา 15 นาที ขึ้นรูปฟิล์มโดยเทเจลแป้งบนแผ่นอะคลีลิกที่วางอยู่บน water bath ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงลอกฟิล์มเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (กษิดิศ และคณะ, 2553a) เพื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังนี้ การต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength, TS) และ ความสามารถในการยืดตัว (elongation, E) โดยใช้เครื่อง Texture analyser (Instron Universal Testing Machine Model 1000 (ASTM D-882,1964) การละลายน้ำ (water solubility index, WSI) (AACC, method 56-20) การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) (ASTM E96-80, 1990) และการซึมผ่านของออกซิเจน (oxygen transmission rate, OTR)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพ และทางกล ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทพบว่า ฟิล์มโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนหนัง (*Rhopilema hispidum*) มีสีขาวขุ่น อัตราการซึมผ่านออกซิเจนลดลงเมื่อโปรตีนไฮโดรไลเซทเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างพลาสติไซเซอร์ต่อโปรตีนที่เพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มการเชื่อมข้ามระหว่างสายพอลิเมอร์ ส่งผลให้ค่าการแพร่กระจายของก๊าซผ่านแผ่นฟิล์มได้น้อยลง การซึมผ่านก๊าซออกซิเจนของแผ่นฟิล์มจึงต่ำลง อัตราการซึมผ่านไอน้ำ และการยืดตัวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.0049 กรัม/ตารางเมตร/วัน และ 158.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาจเนื่องจากโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนหนังมีปริมาณโปรตีนสูง (อิสรี, 2552) มีโครงสร้างเป็นเกลียวที่สั้นลง หรือโปรตีนที่สั้นลงอาจเกิดการคลายเกลียวออก ความเข้มข้นของโปรตีนที่เพิ่มขึ้นมีอิทธิพลต่อแผ่นฟิล์มทำให้การกระจายตัวไม่สม่ำเสมอส่งผลให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำเพิ่มขึ้น การยืดตัวที่เพิ่มขึ้นแปรผันตามปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเซทที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของโปรตีนไฮโดรไลเซทเกาะกับโมเลกุลของแป้งทำให้โครงสร้างของแผ่นฟิล์มมีความแข็งแรง ร้อยละการยืดตัวจึงเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการต้านทานแรงดึงขาดและดัชนีการละลายน้ำของฟิล์มแปรผกผันกับปริมาณความเข้มข้นของโปรตีนไฮโดรไลเซท (Table 1) ทั้งนี้อาจเนื่องจากโปรตีนไฮโดรไลเซททำให้ความแข็งแรงของโครงสร้างแป้งเพิ่มมากขึ้นค่าทั้งสองจึงลดลง ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของภูริสา (2553) ที่รายงานว่าการเติมแคปป้าคาราจีแนนในฟิล์มแป้งข้าวเจ้าและฟิล์มแป้งมันสำปะหลังทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มขึ้น แต่มีการยืดตัวของฟิล์มและการซึมผ่านไอน้ำลดลง ในขณะที่การใช้ไคโตแซนในฟิล์มแป้งมีผลทำให้คุณสมบัติด้านการซึมผ่านไอน้ำลดลง แต่มีค่าการต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวของฟิล์มสูง (จุฬาลักษณ์, 2552) ข้อเสนอแนะจากการทดลองควรศึกษาเพิ่มเติมขนาดของโปรตีนในโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุน

Table 1 Properties of tapioca starch mixed with jellyfish protein hydrolysate films

Tapioca mixed with jellyfish protein hydrolysate film	OTR ($g/cm^2/hr$)	WVTR ($g/m^2/day$)	Elongation (%)	Tensile strength (g/m^2)	Water solubility index (%)
Control (0%)	0.04 ± 0.02^{bc}	0.0001 ± 0.0000^{cb}	60.82 ± 8.89^{d}	47.84 ± 8.67^{a}	63.74 ± 2.10^{a}
1% protein hydrolysate	$0.06 \pm 0.04b^{b}$	0.0036 ± 0.0021^{a}	115.44 ± 4.98^{c}	16.07 ± 0.53^{b}	43.92 ± 4.07^{b}
3% protein hydrolysate	0.02 ± 0.00^{c}	0.0038 ± 0.0021^{a}	128.73 ± 9.27^{b}	12.23 ± 0.56^{bc}	21.20 ± 3.09^{c}
5% protein hydrolysate	0.02 ± 0.00^{c}	0.0049 ± 0.0038^{a}	158.41 ± 9.32^{a}	8.68 ± 2.08^{c}	13.97 ± 0.64^{d}

[a,b,c,d] Difference letters in the same column indicated significant at $p \leq 0.05$

สรุปผล

การใช้ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนหนังเพิ่มขึ้นส่งผลให้ฟิล์มบริโภคจากแป้งมันสำปะหลังผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากแมงกะพรุนมีความสามารถในการยืดตัวและอัตราการซึมผ่านไอน้ำมากขึ้น แต่มีการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน ค่าการต้านทานแรงดึงขาดและดัชนีการละลายน้ำของฟิล์มลดลง

เอกสารอ้างอิง

กนกอร ศรีอนันต์ อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป, 2550, อิทธิพลของกรดอะซิติก ซิตริก และมาลิก ต่อคุณสมบัติทางกลของฟิล์มที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 38(6)(พิเศษ): 83-86

กษิดิศ อิ่มประไพ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2553a, การศึกษาคุณสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง, คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน, กรุงเทพฯ.

กษิดิศ อิ่มประไพ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2553b, การพัฒนาฟิล์มบริโภคได้ที่มีคุณสมบัติป้องกันไอน้ำเพื่อเป็นสารเคลือบผลิตภัณฑ์บิสกิต, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 605-608.

กษิดิศ อิ่มประไพ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2553b, การศึกษาสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 609-612.

งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2538, ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์ลินคอร์นโปรโมชั่น, กรุงเทพฯ.

จุฬาลักษณ์ จารุจุฑารัตน์ อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ รัชฎาวรรณ นิ่มนวล และ สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง, 2552, การศึกษาเทคนิคการทำแห้งต่อคุณสมบัติฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(3)(พิเศษ): 109-112.

ชูสิทธิ์ หงส์กุลทรัพย์ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล, 2550, ฟิล์มบริโภคได้จากผงบุกและการประยุกต์ใช้เป็นสารเคลือบผิวชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 38(6)(พิเศษ): 208-211.

ปนัดดา พวงเกษม, 2540, การเตรียมฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังและแนวทางการใช้ประโยชน์, วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธารทิพย์ หังสพฤกษ์, 2544, การพัฒนาฟิล์มบริโภคได้จากแป้งบุกและการใช้ประโยชน์, วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภูริสา ทัศวิล อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2552, การยืดอายุการเก็บรักษา และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุเรียนพร้อมบริโภคโดยใช้สารเคลือบที่บริโภคได้, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(1)(พิเศษ): 257-260.

ภูริสา ทัศวิล อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2552, ผลของฟิล์มที่บริโภคได้ต่อการสูญเสียน้ำ วิตามินซี และลักษณะปรากฏของส้มโอตัดแต่งพร้อมบริโภค, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรพ, 40(1)(พิเศษ): 261-264.

ภูริสา ทัศวิล อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2553, อิทธิพลของK-คาร์ราจีแนนต่อคุณสมบัติเชิงกลและการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มแป้ง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 593-596.

ภูริสา ทัศวิล อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2552, อิทธิพลของน้ำตาลซูโครสต่อการซึมผ่านไอน้ำ และคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(3)(พิเศษ): 117-120.

ภูริสา ทัศวิล อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2553, คุณสมบัติของฟิล์มประกอบ Biopolymer จากแป้งและเพคติน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 597-600.

ภัทราทิพย์ รอดสำราญ, 2548, ฟิล์มบริโภคได้จากเนื้อมะม่วงพันธ์น้ำดอกไม้ เพื่อใช้เคลือบผิวผลมะม่วงสดเพื่อตลาดส่งออกและมะม่วงตัดแต่งที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีการดัดแปลงบรรยากาศ, ปริญญานิพนธ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรทัย ขำค้า อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, 2552, การพัฒนาฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร่วมกับสารสกัดพืชวงศ์ส้มสำหรับใช้ในส้มโอพร้อมบริโภค, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(1)(พิเศษ): 385-388.

อิสรี กล่องแฟง, 2552, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำแมงกะพรุนสกัดเข้มข้น, วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

AACC, 1983, Hydration Capacity of Pregelatinized Cereal Products (method 56-2), In American Association of Cereal Chemists Approved Method, 8th edition, 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., 182-189 p.

Gennadios, A. and Weller, C.L., 1990, Edible Films and Coating from Wheat and Corn Protein, Food Technology, 44(10): 63-69.

การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้นในระหว่างการทอดชิ้นมันเทศในน้ำมันปาล์ม

Changes of Moisture Diffusivity During Frying of Sweet Potato Slices

อภินันท์ วัลภา[1] และ โศรดา วัลภา[2]

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

Abstract

The objective of this research is to determine moisture diffusivity of sweet potato pieces during frying with palm oil. In the experiment, sweet potato pieces (6 x 6 x 0.5 cm) were fried at 120, 130, 140, 150 and 160ºC. Moisture diffusivity was calculated by Fick's second law of diffusion. It was found that moisture diffusivity increased exponentially with an increase in the frying temperature. A model was developed to describe the changes in moisture diffusivity with time, which had a good fit with R^2 = 0.98.

Keywords: moisture diffusivity, moisture, sweet potato, palm oil, frying

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้นที่เกิดขึ้นของชิ้นมันเทศในระหว่างการทอดด้วยน้ำมันปาล์ม ในการทดลองใช้ตัวอย่างชิ้นมันเทศที่มีรูปทรงเป็นแผ่นแบนขนาด 6 x 6 x 0.5 เซนติเมตร ทอดในสภาวะอุณหภูมิน้ำมันแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 120 130 140 150 และ 160°C ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ถูกคำนวณหาโดยใช้ Fick's second law of diffusion ผลการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นมีค่าสูงขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ในการทอด ซึ่งทำนายการเปลี่ยนแปลงด้วยสมการเอ็กซ์โพเนนเชียล ที่มีค่า R^2 = 0.98

คำสำคัญ: ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ ความชื้น มันเทศ น้ำมันปาล์ม การทอด

คำนำ

ผักและผลไม้ทอดจัดเป็นหนึ่งในอาหารทานเล่นที่ได้รับความนิยมทั้งในและต่างประเทศ โดยเป็นทางเลือกหนึ่งในการถนอมรักษาและช่วยเพิ่มรูปแบบของการบริโภค นอกเหนือจากการบริโภคสด ในบรรดาอาหารทานเล่นจากผักผลไม้ทอดเหล่านี้มันฝรั่งแผ่นและถั่วชนิดต่างๆ จัดเป็นวัตถุดิบที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับต้นๆ ส่วนผักผลไม้ชนิดอื่นๆ ที่ได้รับความนิยมรองลงมาได้แก่ มันเทศ เผือก แครอท กล้วย ฟักทอง ขนุน และ ทุเรียน แนวโน้มของตลาดอาหารทอดเหล่านี้กำลังเติบโตขึ้น โดยพิจารณาได้จากปริมาณการใช้น้ำมันของอุตสาหกรรมผักและผลไม้ทอดที่เพิ่มสูงขึ้นถึงแม้ว่าอาหารทอดจัดเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูงมากก็ตาม (Aygun และคณะ, 2007) ผู้บริโภคจำนวนไม่น้อยพยายามหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารทอดน้ำมันด้วยเหตุผลทางด้านสุขภาพ แต่อย่างไรก็ตามเราไม่สามารถปฏิเสธได้ว่า อาหารทอดยังคงได้รับความนิยมสูงในกลุ่มผู้บริโภคส่วนใหญ่ อันเนื่องมาจากกลิ่นและรสชาติอันโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ทำให้อาหารทอดมีความน่าทานและแตกต่างจากอาหารที่ปรุงด้วยกระบวนการแปรรูปอื่นๆ นอกจากนี้วัตถุประสงค์อีกอย่างหนึ่งของการทอดคือ เพื่อลดความชื้นของอาหาร เช่นเดียวกับกระบวนการอบแห้ง อาหารที่ผ่านกระบวนการทอดจึงมีความชื้นและ ค่า Water activity ลดต่ำลงเช่นเดียวกัน ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ กระบวนการทอดที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันคือ การทอดแบบจุ่มชิ้นอาหารในน้ำมัน (Deep-fat-frying) ที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 150 – 200°C ความร้อนจากน้ำมันจะถ่ายเทไปยังชิ้นอาหาร ทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้น้ำในอาหารระเหยกลายเป็นไอและเคลื่อนที่ออกมาที่พื้นผิวอัน เนื่องจากความดันภายในชิ้นอาหารที่เพิ่มขึ้น ในกระบวนการทอดจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งการถ่ายเทความร้อนและมวลสารควบคู่กันเสมอ การอธิบายถึงพฤติกรรมของการถ่ายเทมวล หรือความชื้นในระหว่างกระบวนการทอดอาหารชนิดต่างๆ ในเชิงวิศวกรรมอาหารนั้น จะแสดงอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้ตัว

---

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 ม.1 ถ.รังสิต-นครนายก คลองหก ธัญบุรี ปทุมธานี 12110

[1] Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 39 Muh 1 Rangsit –Nakhonnayok Rd. Thanyaburi, Pathum thani, 12110

[2] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี คลองห้า คลองหลวง ปทุมธานี 12120

[2] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3 Technoolis, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

แปรและค่าสัมประสิทธิ์เพื่อทำให้สมการหรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถนำมาใช้งานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ (Crank, 1975) ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้นำมาอธิบายถึงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในชิ้นอาหารระหว่างกระบวนการทอดที่สำคัญ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้น (Moisture diffusivity, D) ซึ่งค่านี้ได้รับความสนใจศึกษาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงความชื้นในชิ้นอาหารระหว่างกระบวนการทอด โดยใช้อาหารชนิดต่างๆ หลากหลายรูปทรง แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ในกระบวนการทอดมันเทศ โดยใช้น้ำมันปาล์มยังมีข้อมูลน้อยมาก งานวิจัยในครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นที่จะทำการศึกษาเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้น ในกระบวนการทอดมันเทศ โดยใช้น้ำมันปาล์ม ในรูปทรงแบบแผ่นแบน (Sosa และคณะ, 2006)

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง คือ มันเทศสายพันธุ์กัวเตมาลา พม-02 (*Ipomoea batatas*) ที่นำมาปอกเปลือกและตัดแต่งให้เป็นแผ่นแบนขนาด 6 x 6 x 0.5 เซนติเมตร นำชิ้นมันเทศทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 5 ระดับ คือ 120 130 140 150 และ 160°C โดยใช้เครื่องทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep fryer) ยี่ห้อ Minolta รุ่น FMD01TM กำลังไฟขนาด 2000 วัตต์ วัดและติดตามอุณหภูมิของน้ำมันขณะทอดโดยใช้หัววัดแบบเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด T ต่อเชื่อมอยู่กับเครื่องบันทึกข้อมูล (Fluke Hydra Series II) นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดในแต่ละสภาวะซับด้วยกระดาษซับมันแล้วนำไปตรวจสอบความชื้นที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหลือของชิ้นตัวอย่าง คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยใช้สมการของ Fick’s second law of diffusion ในกรณีวัสดุรูปทรงเป็นแผ่นแบนมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงดังแสดงไว้ในสมการที่ 1

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(\frac{(2n+1)^2 \pi^2 Dt}{4L^2}\right) \qquad (1)$$

ซึ่ง $MR = (M-M_\infty)/(M_i-M_\infty)$

โดยที่ MR คือค่าสัดส่วนความชื้น, M คือความชื้นของชิ้นมันเทศหลังทอดที่เวลาใดๆ (% db), M_i คือความชื้นเริ่มต้นของมันเทศก่อนนำไปทอด (% db), $M\infty$ คือความชื้นสมดุลของมันเทศที่ทอดที่อุณหภูมิต่างๆ (% db), D คือค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้น (m^2/s), L คือระยะครึ่งหนึ่งของความหนาชิ้นอาหาร (m), t คือเวลาที่ใช้ในการทอด (s) และจะพบว่าตั้งแต่เทอมที่ n=1 เป็นต้นไปมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับเทอมแรกที่ n =0 และเพื่อความง่ายของการนำไปใช้งานสมการที่(1) จึงสามารถลดรูปลงเหลือเพียงเทอมแรกดังแสดงไว้ในสมการที่ (2)

$$MR = (8/\pi^2)\exp(-\pi^2 D/4L^2) \qquad (2)$$

และจัดเทอมให้อยู่ในรูปของสมการเส้นตรง

$$\ln(MR) = \ln(8/\pi^2) - (\pi^2 D/4L^2) \qquad (3)$$

จากสมการเส้นตรง เมื่อนำข้อมูลไปเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง ln(MR) และ t จะทำให้ได้ความชัน คือ $-\pi^2 D/4L^2$ เมื่อได้ค่าความชันของแต่ละชุดข้อมูลที่ทอดในสภาวะอุณหภูมิต่างๆ แล้วก็สามารถนำไปคำนวณ หาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้นที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับอุณหภูมิที่ใช้ทอดได้ (Ibrahim, 2010)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า ความชื้นของชิ้นมันเทศลดต่ำลงตามระยะเวลาการทอดที่เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงไว้ใน Figure 1 รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงความชื้นตามเวลามีแนวโน้มเดียวกันสำหรับการทอดที่อุณหภูมิต่างๆ ในช่วง 120-160°C เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละระดับอุณหภูมิที่ใช้ทอดพบว่า เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดเพิ่มสูงขึ้น อัตราการลดลงของความชื้นจะเพิ่มสูงขึ้นด้วย ทำให้การทอดที่อุณหภูมิสูงใช้เวลาน้อยลง ความชื้นในชิ้นมันเทศจะลดลงอย่างรวดเร็วใน

ช่วงแรกที่ทำการทอด อัตราการลดลงของความชื้นจะค่อยๆ ลดลงในเวลาต่อมา สำหรับการเปลี่ยนแปลงความชื้นในรูปแบบของค่าสัดส่วนความชื้นกับเวลา ได้แสดงไว้ใน Figure 2

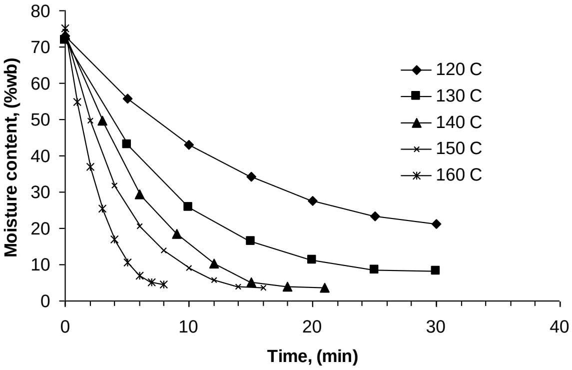


Figure 1 Changes in moisture contents of sweet potato pieces during frying at different temperatures

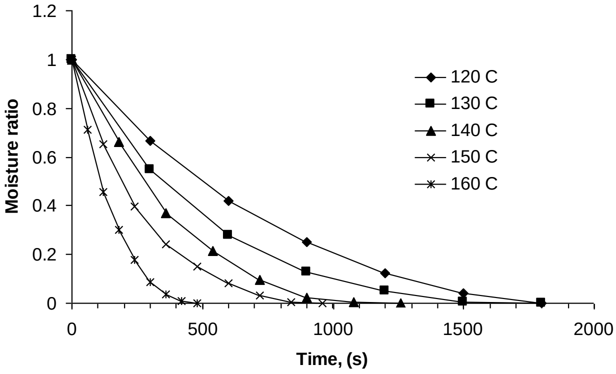


Figure 2 Changes in moisture ratio values of sweet potato pieces during frying at different temperatures

ข้อมูลที่ได้สามารถอธิบายด้วยสมการเส้นตรง ซึ่งเป็นความความสัมพันธ์ระหว่าง ln(MR) กับเวลา ดังแสดงไว้ใน Figure 3

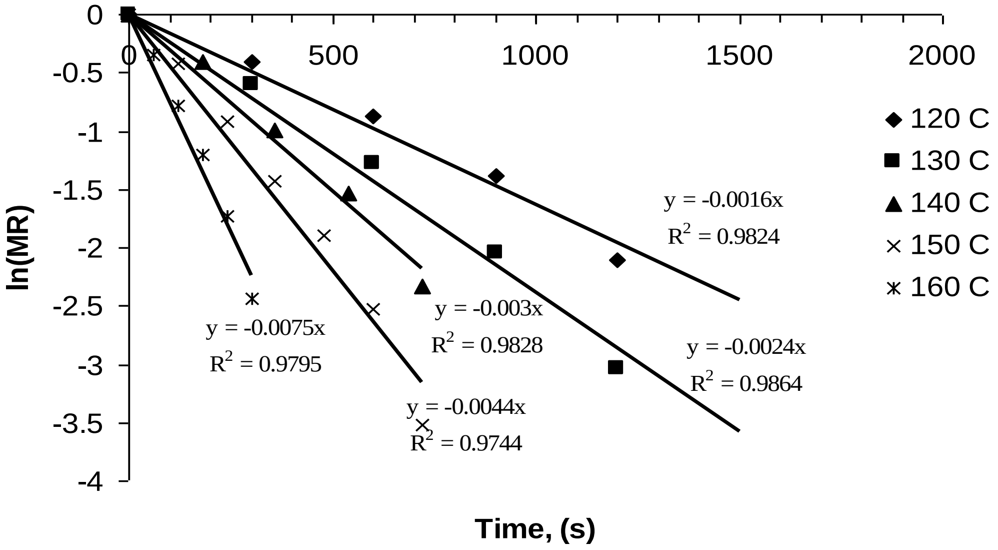


Figure 3 Relationship between ln (MR) and frying time at different temperatures

ความชันของกราฟที่ได้จากแต่ละอุณหภูมิที่ใช้ทอดมีค่าเท่ากับ $-\pi^2 D/4L^2$ ซึ่งค่า L มีค่าเท่ากับ 0.0025 เมตร จึงนำไปสู่การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้น (D) ของชิ้นตัวอย่างที่สภาวะการทดลองทอดต่างๆ ผลจากการคำนวณค่า D แสดงไว้ใน Table 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้นของชิ้นมันเทศเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังแสดงใน Figure 4 ซึ่งสามารถอธิบายดังกล่าวได้ในรูปแบบของสมการที่ 4

$$D = 5 \times 10^{-11} \exp(0.037T) \qquad (4)$$

เมื่อ T คืออุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอด, (^{o}C)

Table 1 Moisture diffusivity calculated from the slope of the relationship between ln (MR) and time

Frying temperature (°C)	Slope	Moisture diffusivity (m^2/s)
120	-0.0016	4.053×10^{-9}
130	-0.0024	6.079×10^{-9}
140	-0.0030	7.599×10^{-9}
150	-0.0044	1.114×10^{-8}
160	-0.0075	1.899×10^{-8}

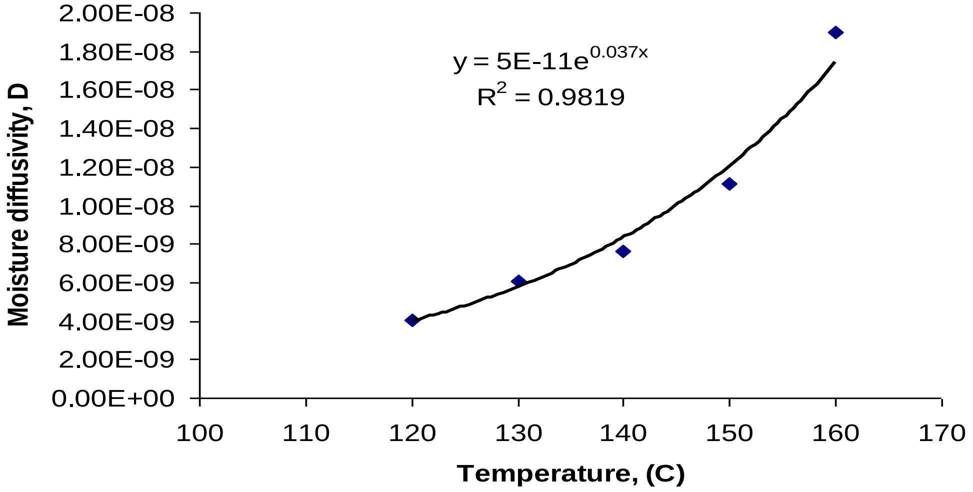


Figure 4 Changes in moisture diffusivity at different frying temperature

สรุปผล

ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้นในชิ้นของชิ้นมันเทศมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอด โดยมีค่าสูงขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำมัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะมีลักษณะเป็นเอ็กซ์โพเนนเชียล โดยมี ค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 4.053×10^{-9} ถึง 1.899x10-8 m^2/s ที่อุณหภูมิน้ำมันใช้ทอด 120 ถึง 160°C ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

Aygun, Y.T., Koray, P. and Ferruh, E., 2007, Determination of Heat and Mass Transfer Parameters during Frying of Potato Slices, Journal of Food Engineering, 79: 11-17.

Crank, J., 1975, The Mathematics of Diffusion, Oxford University Press, UK.

Ibrahim, D., 2010, Evaluation of Mathematic Models for Prediction of Thin-Layer Drying of Banana Slices, International Journal of Food Properties, 13: 486-497.

Sosa-Morales, M.E., Ronald Orzuna-Espiritu, J. and Velez-Ruiz, F., 2006, Mass, Thermal and Quality Aspects of Deep-Fat Frying of Pork Meat, Journal of Food Engineering, 77: 731-738.

ผลของไคโตซานต่อการยืดอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบ

Effect of Chitosan on Shelf-life Extension of Lookchup

ดวงใจ มาลัย[1] **นัทธ์ชนัน ยศปินตา**[2] **อกนิฎฐา พูนชัย**[3] **และ อมรรัตน์ บุญศรี**[4]

Malai, D.[1], Yotpinta, N.[2], Poonchai, A.[3] and Boonsri, A.[4]

Abstract

The purpose of this study is to determine the effect of chitosan on lookchup's shelf-life extension by coating lookchup with chitosan at different level of concentration. The concentrations of chitosan solution were varied at levels 0% (coated with acetic acid), 1%, 2% and 3% for the test groups, for the control group was preparing lookchup which no coating with neither acetic acid nor chitosan, then stored it at 25°C. Results showed that percentage of coating of lookchup coated with chitosan solution at 1, 2 and 3% were significantly difference ($p < 0.05$). Lokchup coated with chitosan solution at 3% showed the highest percentage of coating (3.20 ± 0.77%). Shelf-life of lookchup coated with chitosan solution at 0%, 1%, 2% and 3% was 3 days, without mold development. On the other hand, the shelf-life of the control was only 2 days. Mold counting of lookchup at all chitosan concentrations did not show significant difference ($p < 0.05$), while the control showed the significant difference of the highest mold count. Results of sensory evaluation found that no significant difference in the taste, flavor and texture of lookchup coated with chitosan solution at all concentrations. The preference test using the overall liking score, lookchup coated with chitosan solution at 1% had moderate liking scores while with chitosan solution at both 2% and 3% had slight liking scores.

Keywords: lookchup, chitosan, shelf-life

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของไคโตซานต่อการยืดอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบ โดยใช้การเคลือบผิวขนมลูกชุบด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างกันคือความเข้มข้นร้อยละ 0 (เคลือบกรดอะซิติก) 1 2 และ 3 และแบบที่ไม่เคลือบทั้งกรดอะซิติกและไคโตซาน (แบบควบคุม) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ลูกชุบที่เคลือบไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1 2 และ 3 มีการชุบติดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 3 มีการชุบติดมากที่สุดคือร้อยละ 3.20 ± 0.77 ลูกชุบที่เคลือบไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 1 2 และ3 สามารถเก็บได้ 3 วันโดยไม่ขึ้นรา ขณะที่ลูกชุบแบบควบคุมมีอายุการเก็บเพียง 2 วัน จากการวิเคราะห์จำนวนเชื้อรา พบว่าจำนวนเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อของลูกชุบที่เคลือบไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0 1 2 และ3 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจากลูกชุบแบบควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยลูกชุบแบบควบคุมมีจำนวนเชื้อรามากที่สุด และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส แบบ Scoring test ให้คะแนน 9 ระดับ จำนวน 30 คน พบว่า รสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของลูกชุบที่เคลือบด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และลูกชุบเคลือบด้วยไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 1 ได้รับความชอบปานกลาง ลูกชุบเคลือบด้วยไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 ได้รับความชอบเล็กน้อย

คำสำคัญ: ขนมลูกชุบ ไคโตซาน อายุการเก็บรักษา

คำนำ

ขนมลูกชุบเป็นขนมไทยที่ได้รับความนิยมบริโภคทั้งคนไทยและชาวต่างชาติ โดยพบว่ามียอดจำหน่ายจากนักท่องเที่ยวเป็นอันดับหนึ่งของสินค้าประเภทขนมสด และยังมีศักยภาพในการส่งออกด้วย (กัญญาลักษณ์ และคณะ, 2549) แต่มีข้อจำกัดที่เป็นอุปสรรคต่อการส่งออกจำหน่ายต่างประเทศคือมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1-2 วัน เมื่อบรรจุภายใต้สภาพบรรยากาศปกติ (ขนิษฐา, 2550) เนื่องจากมี

[1] **คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถ.ราชวิถี ราชเทวี กทม. 10400**

[1] Faculty of Public Health, Mahidol University 420/1 Rajavithi Rd., Rajathevee, Bangkok, 10400

[2] **ฝ่ายสิ่งแวดล้อมและสุขาภิบาล สำนักงานเขตหนองจอก 16 ถ.เชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กทม. 10530**

[2] Enviromental and Sanitation Offiec, Nongchok District, 16 Chuamsampan Rd., Kratumrai, Nongchok, Bangkok, 10530

[3] **บริษัทเครื่องดื่มกระทิงแดง จำกัด 39/13 หมู่ 8 ถ.เอกชัย แขวงบางบอน เขตบางบอน กทม. 10150**

[3] Red Bull Com, Co. 39/13 M.8 Akkachai Rd., Bangbon, Bangkok, 10150

[4] **บริษัท บี ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด 39 หมู่ 5 ต.ช่องสาลิกา อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี 15220**

[4] B. Foods Products International Com., Co. 39 M.5 Tambon Chongsarika, Amphor Patananikom, Lopburi, 15220

ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะ *Staphylococcus aureus Escherichia coli* ยีสต์และรา การใช้วัตถุกันเสียจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ยืดอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบ แต่การใช้วัตถุกันเสียมีการควบคุมที่เข้มงวดมากขึ้น และผู้บริโภคมีแนวโน้มที่จะยอมรับการใช้วัตถุกันเสียจากธรรมชาติมากกว่าการใช้สารเคมี (นิพร และคณะ, 2554) อีกทางเลือกหนึ่งคือการแช่แข็ง ซึ่งมีต้นทุนสูงและมีผลให้เนื้อสัมผัสแตกต่างไปจากเดิม ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการคิดค้นวิธีการยืดอายุลูกชุบเพื่อการส่งออก ลดต้นทุน และไม่ใช้สารเคมีเป็นวัตถุกันเสีย

ขนมลูกชุบใช้การชุบหรือเคลือบผิวขนมลูกชุบด้วยวุ้น ซึ่งเป็นฟิล์มจากธรรมชาติที่มีลักษณะใส ไม่มีสี มีลักษณะมันวาว มีลักษณะคล้ายกับแผ่นฟิล์มของไคโตซาน แผ่นฟิล์มของไคโตซานมีความเหนียว ยืดหยุ่นและไม่ฉีกขาดง่าย ป้องกันการสูญเสียน้ำหรือความชื้นและควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซได้ดี รับประทานได้ ไม่เป็นพิษ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์หลายชนิด (นภาพร และ ธนารัตน์, 2547) ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะที่ไม่พบในสารเคลือบผิวชนิดอื่นในกลุ่มที่บริโภคได้ จึงมีการใช้ไคโตซานในการทำบรรจุภัณฑ์หรือเคลือบบนผิวของอาหารเพื่อชะลอการเน่าเสียและถนอมคุณค่าของอาหาร จากการศึกษาของ พิมพ์ใจ (2548) พบว่า สตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 0°C มีการเข้าทำลายของเชื้อรา *Rhizopus* sp. น้อยกว่าสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อรา *Rhizopus* sp. และไม่ได้เคลือบผิว ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการเคลือบผิวขนมลูกชุบด้วยไคโตซาน เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของขนมลูกชุบ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบที่ใช้ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตลูกชุบมาจากผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด ได้แก่ ถั่วเขียวเลาะเปลือก น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลทรายขาว กะทิ ผงวุ้น และสีผสมอาหาร ส่วนไคโตซานซื้อจากบริษัท โมนาฟิเดส มาร์เก็ตติ้ง

2. การเตรียมขนมลูกชุบ สูตรต้นแบบดัดแปลงจากสูตรขนมไทย (2554) การเตรียมขนมลูกชุบ มี 3 ขั้นตอนคือ การทำไส้ถั่วกวน การเตรียมน้ำวุ้น และการชุบน้ำวุ้น โดยนำถั่วเขียวเลาะเปลือกมาทำความสะอาด แช่น้ำทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง นำไปต้มให้สุก แล้วสะเด็ดน้ำออก จากนั้นปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้ากับน้ำตาลทรายแดงและกะทิ จนเป็นเนื้อเดียวกัน เทลงในกระทะไฟฟ้าเคลือบเทปลอน กวนตลอดเวลาจนส่วนผสมแห้งและเหนียว ทิ้งให้เย็น นำมาปั้นเป็นรูปมะยม (ลูกละ 5 กรัม) แล้วเสียบไม้ไว้และทาสี การเตรียมน้ำวุ้น ใช้ผงวุ้น 24 กรัมผสมกับน้ำเปล่า 1,250 มล. และน้ำตาลทรายขาว 250 กรัม ต้มและคนตลอดเวลาจนผงวุ้นละลายหมด จากนั้นนำถั่วกวนข้างต้นมาจุ่มน้ำวุ้นให้ทั่ว (อุณหภูมิน้ำวุ้น 70°C) เป็นเวลา 3 วินาที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที นำมาจุ่มน้ำวุ้นครั้งที่ 2 และ 3 (อุณหภูมิน้ำวุ้น 60 และ 50°C ตามลำดับ) ทำเช่นเดียวกับครั้งแรก แล้วจึงนำไปจุ่มด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 1, 2 และ 3

3. การเตรียมสารละลายไคโตซาน สารละลายไคโตซานเตรียมโดยการชั่งไคโตซานเพื่อเตรียมความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 ละลายไคโตซานในกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 1 นำไปตั้งบน hot plate เพื่อช่วยให้ไคโตซานละลายได้หมด

4. การศึกษาการชุบติดของไคโตซาน ชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการชุบไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 หาน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป คำนวณหาร้อยละการชุบติดของไคโตซาน เก็บข้อมูลความเข้มข้นละ 10 ตัวอย่าง ทำ 2 ซ้ำ

5. การศึกษาผลของไคโตซานต่อการยับยั้งเชื้อรา เตรียมลูกชุบที่ชุบสารละลายไคโตซานความเข้มข้น ร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 โดยลูกชุบที่ชุบไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0 ใช้กรดอะซิติกเพียงอย่างเดียว และลูกชุบที่ไม่ชุบทั้งไคโตซานและกรดอะซิติก (control) บรรจุในกล่องพลาสติกใสชนิด PS ปิดผนึกด้วยลวดเย็บกระดาษ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C. เป็นเวลา 1, 2 และ 3 วัน บันทึกลักษณะปรากฏที่พบ และวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อราด้วย Potato Dextrose Agar (PDA) ซึ่งใช้วิธีดัดแปลงจาก Thoumas และคณะ (2011) โดยใช้อุณหภูมิในการบ่มที่ 37°C เป็นเวลา 4 วัน เก็บข้อมูลความเข้มข้นละ 2 กล่อง กล่องละ 6 ตัวอย่าง ทำ 2 ซ้ำ

6. การทดสอบทางประสาทสัมผัส นำลูกชุบที่เคลือบด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 ซึ่งผลิตในวันที่ 1 มาทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Scoring test ในด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ให้คะแนน 5 ระดับ โดย 5 คือมากที่สุด 3 คือปานกลาง และ 1 คือน้อยที่สุด และทดสอบความชอบโดยรวม ให้คะแนนเป็น 9 ระดับคือ 9 ชอบมากที่สุด 5 เฉยๆ และ 1 ไม่ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบประเภทกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีDuncan's new multiple range test (DMRT) ที่ $P \leq 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 11.5

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาการชุบติดของไคโตซาน ผลการทดลองพบว่าลูกชุบที่เคลือบไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 มีร้อยละการชุบติดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 3 มีการชุบติดมากที่สุดคือร้อยละ 1.86±0.37 รองลงมาคือไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 1 มีการชุบติดร้อยละ 2.49±0.36 และ 1.86±0.37 ตามลำดับ การชุบติดไคโตซานที่ความเข้มข้นแตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับความหนืดของสารละลายไคโตซาน

จากงานวิจัยของ วรรธิดา (2549) พบว่าความเข้มข้นของไคโตซานที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ moduli และ complex viscosity ของสารละลายมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นไคโตซานที่มีความเข้มข้นมาก มีความหนืดมากทำให้เคลือบติดตัวอาหาร (coating) ได้มากขึ้น

2. การศึกษาผลของไคโตซานต่อการยับยั้งเชื้อรา

2.1 การศึกษาอายุการเก็บรักษาลูกชุบ จากผลการศึกษาลักษณะปรากฏของลูกชุบจากการสังเกตด้วยตาเปล่า (ไม่แสดงข้อมูล) พบว่าวันที่ 1 ลูกชุบที่ไม่เคลือบไคโตซานและลูกชุบที่เคลือบไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0 และ 1 เริ่มมีไอน้ำเกาะที่ผิววุ้น ในขณะที่ลูกชุบเคลือบไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 ไม่มีไอน้ำเกาะที่ผิววุ้น เนื่องจากฟิล์มของไคโตซานนั้นมีคุณสมบัติป้องกันการสูญเสียน้ำหรือความชื้น (นภาพร และ ธนารัตน์, 2547) ในวันที่ 3 พบว่าลูกชุบที่ไม่เคลือบไคโตซานเริ่มมีเชื้อราขึ้น (เก็บไว้ 2 วัน) ในขณะที่ลูกชุบที่เคลือบไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 เริ่มมีเชื้อราขึ้นในวันที่ 4 (เก็บไว้ 3 วัน) จินตนา และคณะ (2549) พบว่าไคโตซานสามารถชะลอการงอกของสปอร์เชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคพืช และการยับยั้งจะมากขึ้นตามความเข้มข้นไคโตซานที่เพิ่มขึ้น โดยเกิดจากอิทธิพลร่วมของไคโตซานและกรดอะซิติก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้ นั่นคือลูกชุบที่เคลือบไคโตซานความเข้มข้นสูงสุด (ร้อยละ 3) สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราได้มากที่สุด จึงมีขนาดเชื้อราเล็กที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นร้อยละ 2, 1 และ 0 ตามลำดับ และลูกชุบที่เคลือบกรดอะซิติกเพียงอย่างเดียว (ร้อยละ 0) สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราได้เช่นเดียวกัน โดยมีขนาดเชื้อราเล็กกว่าลูกชุบที่ไม่เคลือบไคโตซาน

2.2 การศึกษาจำนวนเชื้อราและผลของไคโตซานต่อการยับยั้งเชื้อรา จำนวนเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อของลูกชุบที่เคลือบไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $P \leq 0.05$ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อของลูกชุบที่ไม่เคลือบผิว โดยลูกชุบที่ไม่เคลือบผิวมีจำนวนเชื้อรามากที่สุด แสดงว่าการเคลือบลูกชุบด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 สามารถช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อราในลูกชุบได้ นอกจากนี้องค์ประกอบของอาหารอาจทำปฏิกิริยากับไคโตซานส่งผลให้ลดประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (นภาพร และ ธนารัตน์, 2547) เนื่องจากลูกชุบมีส่วนประกอบหลักเป็นถั่วเขียว ซึ่งเป็นโปรตีน จึงไปลดคุณสมบัติยับยั้งจุลินทรีย์ของไคโตซาน ทำให้ฤทธิ์ของกรดอะซิติกมีอิทธิพลในการยับยั้งเชื้อราได้มากกว่า

3. การทดสอบทางประสาทสัมผัส จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของลูกชุบ พบว่าลักษณะปรากฏด้านความมันวาวและความเรียบเนียนของลูกชุบที่เคลือบด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ แต่ลูกชุบที่เคลือบด้วยไคโคซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 มีความแตกต่างกับลูกชุบที่เคลือบด้วยไคโคซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนรสชาติและกลิ่นรสมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกความเข้มข้น เนื่องมาจากไคโตซานไม่มีกลิ่นรสและรสชาติ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของลูกชุบ พบว่าลูกชุบที่เคลือบด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ในทุกความเข้มข้น แสดงให้เห็นว่าปริมาณไคโตซานที่ใช้มีผลต่อการยอมรับโดยรวม ซึ่งความเข้มข้นที่มีการยอมรับมากที่สุด คือ ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

สรุปผล

ไคโตซานมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา ทำให้การเคลือบขนมลูกชุบด้วยไคโตซานสามารถยืดอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบได้อีก 1 วัน ที่อุณหภูมิ 25°C (ขนมลูกชุบมีอายุการเก็บรักษา 3 วัน)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนักศึกษาคณะสาธารณสุขศาสตร์ ปีการศึกษา 2554 ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการเป็นผู้ทดสอบชิม

เอกสารอ้างอิง

กัญญาลักษณ์ อ่อนแก้ว ลักขณา จันทรโชติ และ จักรี ทองเรือง, 2549, การประยุกต์ใช้หลักการของ Hurdle concept เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบ, ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ขนิษฐา อุ้มอารีย์, 2550, การใช้กลีเซอรีน กัมอะราบิก และโซเดียมซิเตทในการยืดอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบ, ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

จินตนา ทำทอง ทักษอร บุญชู และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, 2549, ผลของไคโตซานต่อการงอกของสปอร์และการเจริญเติบโตของเส้นใยราสาเหตุโรคพืช, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 37(2):116-118.

นภาพร เชี่ยวชาญ และ ธนารัตน์ ศรีธุระวานิช, 2547, ไคโตแซนกับการยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหาร, อาหาร, 34(2): 120-124.

นิพร เดชสุข พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ มณฑิรา นพรัตน์ จิรศักดิ์ พัดทอง และ ทิวานันท์ ปัญญามูลวงษา, 2554, ผลของน้ำมันหอมระเหยจากดอกมะลิที่ถูกกักเก็บในแป้งดัดแปรต่อการมีชีวิตรอดของ *Staphylococcus aureus* ที่ใส่ลงไปในลูกชุบ, ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พิมพ์ใจ สีหะนาม, 2548, ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรรธิดา โสภิสเขื่อนขันธ์, 2549, ผลของน้ำหนักโมเลกุล ระดับการกำจัดหมู่แอซีทิล และความเข้มข้นของไคโตซานในตัวทำละลายต่างๆ ต่อสมบัติการไหลและการประยุกต์ในผลิตภัณฑ์น้ำส้มพร้อมดื่ม, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สูตรขนมไทย [สืบค้น], http://www.ezythaicooking.com/free_dessert_recipes/Green_peanut_in_jelly_th.html, [25/ March /2012].

Tournas, V., Stack, M.E., Mislivec, P.B., Koch, H.A. and Bandler, R., 2011, Yeast, Mold and Mycotoxins. [Online], Available: http://www.fda.gov/ Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm071435.htm, [15/ December /2011].

Table 1 Coating of chitosan of lookchup coated with chitosan at various concentrations

Concentration of chitosan (%)	Coating (%)
1	1.8613 ± 0.37[c]
2	2.4933 ± 0.36[b]
3	3.1989 ± 0.77[a]

Values follow by the same letter in the same column are not significantly difference (P≤0.05).

Table 2 Effect of chitosan at various concentrations on mold count

Concentration of chitosan (%)	Mold count (cfu/g) at shelf-life (day)		
	1	2	3
0	0.00[b]	1.25 ± 1. 89[a]	14.00 ± 3.16[a]
1	0.75 ± 0.96[a]	0.50 ± 1.00[a]	15.75 ± 1.50[a]
2	0.00[a]	0.50 ± 1.00[a]	12.75 ± 1.71[a]
3	0.25 ± 0.5[a]	1.75 ± 2.36[a]	14.75 ± 1.71[a]
control	1.75 ± 0.96[a]	6.00 ± 2.45[b]	41.00 ± 3.37[b]

Values follow by the same letter in the same column are not significantly difference (P≤0.05).

Table 3 Sensory evaluation of lookchup coated with chitosan at various concentrations

Attribute	Sensory score of lookchup coated with chitosan at concentration (%)		
	1	2	3
1. Appearance			
- Gloss	3.70 ± 1.24[a]	3.43 ± 1.17[b]	3.40 ± 1.19[b]
- Smoothness of surface	3.63 ± 1.06[a]	3.27 ± 1.11[b]	3.33 ± 1.09[b]
2. Taste			
- Sweetness	3.43 ± 0.94[a]	3.47 ± 0.90[a]	3.43 ± 0.94[a]
- Sourness	1.20 ± 0.41[a]	1.23 ± 0.57[a]	1.27 ± 0.52[a]
3. Flavor			
- Bean flavor	3.17± 1.531[a]	3.23 ± 1.48[a]	3.13 ± 1.50[a]
- Coconut milk flavor	2.97 ± 1.43[a]	2.87 ± 1.46[a]	2.87 ± 1.53[a]
- Sour flavor	1.37 ± 0.61[a]	1.53 ± 0.90[a]	1.57 ± 1.04[a]
4. Texture			
- Softness	3.97 ± 1.00[a]	3.97 ± 0.93[a]	3.89 ± 0.95[a]
- Dryness	2.87 ± 1.25[a]	2.87 ± 1.28[a]	2.77 ± 1.22[a]
5. Overall Liking	7.27 ± 1.23[a]	6.90 ± 1.50[ab]	6.50 ± 1.48[b]

Values follow by the same letter in the same row are not significantly difference (P≤0.05).

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเห็ดหูหนูขาว

Development of Silver Ear Mushroom Jam Product

อุทร ชิขุนทด[1] และ ไพรินทร์ กปิลานนท์[1]

Chikhuntod, U.[1] and Karpilanondh, P.[1]

Abstract

Product development of silver ear mushroom (*Tremella fuciformis*) jam mixed with Fuji apple (*Pyrus malus* cv.Fuji) juice and green apple (*Pyrus malus* cv.Granny smith) juice was studied. The formula which composed of 35.77% sugar, 15.90% fine chopped silver ear mushroom, 15.90% fine chopped green apple, 7.95% green apple juice, 0.63% pectin and 23.85% water was accepted by panelists with the score of 6.91. Measurement of chemical and physical properties of product showed that the texture was close to the control jam. The contents of protein, carbohydrates, fat, ash, fiber, a_w, total acid, pH, moisture content and total soluble solid were 0.34%, 62.06%, 0.10%, 0.22%, 0.19%, 0.79%, 0.02%, 3.20, 12.63% and 67°brix, respectively. The product can be stored at refrigeration temperature (4°C) and at room temperature (30°C) for 3 months.

Keywords: jam, mushroom, silver ear mushroom

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเห็ดหูหนูขาว(*Tremella fuciformis*) ผสมน้ำแอปเปิ้ลเขียว (*Pyrus malus* cv.Granny smith) น้ำแอปเปิ้ลฟูจิ (*Pyrus malus* cv.Fuji) และเนื้อแอปเปิ้ลเขียวสับละเอียดในสัดส่วนที่ต่างกัน พบว่า สูตรที่ 3 ประกอบด้วยน้ำตาล 35.77% เนื้อเห็ดหูหนูขาวสับละเอียด 15.90% เนื้อแอปเปิ้ลเขียวสับละเอียด15.90% น้ำแอปเปิ้ลเขียว 7.95% เพคติน 0.63% และน้ำ 23.85% เป็นสูตรที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับแยมสูตรควบคุม และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแยมอีกสองสูตร โดยมีคะแนนความชอบโดยรวม 6.91 คะแนน มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี พบว่ามีปริมาณโปรตีน 0.34% คาร์โบไฮเดรต 62.06% ไขมัน 0.10% เถ้า 0.22% ใยอาหาร 0.19% ค่า a_w 0.79% ปริมาณกรดทั้งหมด 0.02% ค่าความเป็นกรด-เบส 3.20 ปริมาณความชื้น 12.63% และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีค่า 67°brix เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (เฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส) ได้เป็นเวลา 3 เดือน โดยไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์

คำสำคัญ: แยม เห็ด เห็ดหูหนูขาว

คำนำ

แยม เป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่ถนอมรักษาด้วยน้ำตาลความเข้มข้นสูง (ไม่น้อยกว่า 65%) ผสมน้ำผลไม้หรือน้ำผลไม้เข้มข้นเพื่อทำให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสภาพเจลและความข้นหนืดที่เหมาะสม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2521)ผลิตภัณฑ์แยมจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในการรับประทานกับขนมปังเพื่อให้ขนมปังมีรสชาติอร่อยมากขึ้น หรือสอดไส้แต่งหน้าขนม จึงมีการใช้แยมในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อที่จะปรุงรส ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์แยมหลากหลายรสชาติทั้งแยมสับปะรด แยมสตรอเบอรี่ แยมบลูเบอรี่ และแยมรสผลไม้รวม เป็นต้น ในขณะที่ผู้บริโภคได้หันมาสนใจรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น จึงมีผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพใหม่ออกมาจำหน่ายมากขึ้น เช่น ผลิตภัณฑ์แยมแคลอรี่ต่ำ (กัลยานี, 2546)

เห็ดหูหนูขาว (*Tremella fuciformis*) Berk. เป็นเห็ดที่มีไขมันต่ำ 2-8% โปรตีน 3% ซึ่งเป็นโปรตีนที่สมบูรณ์มีกรดอะมิโนจำเป็น คือ มีดรรชนีกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid index) เท่ากับ 72-98% ของเนื้อสัตว์ เส้นใย 3-32%

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 1518 ถนนพิบูลสงคราม, เขตบางซื่อ, กทม. 10800 ประเทศไทย

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok. 1518 Pibulsongkram Road, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand.

และให้พลังงาน 60-90 แคลอรี่/ปอนด์ (สมาคมวิจัยเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย, 2545) นอกจากมีคุณค่าทางโภชนาการแล้ว เห็ดหูหนูขาวยังมีสรรพคุณทางยาคือ ช่วยการรักษาโรคความดันโลหิตสูง บรรเทาอาการไอมีเสมหะ เป็นยาบำรุงเลือด ไต และหัวใจ (ไพรินทร์, 2547)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมโดยการนำเห็ดที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีคุณสมบัติเป็นยาที่ช่วยเสริมภูมิคุ้มกันในร่างกายและช่วยลดอัตราความเสี่ยงจากโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน ความดันโลหิตสูง เป็นต้น (ชฎาพร, 2549) เช่น เห็ดหูหนูขาวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แยมผลไม้ผสมเห็ดหูหนูขาวเพื่อสุขภาพ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์แยมเห็ดที่มีคุณค่าทางโภชนาการ มีเนื้อสัมผัส กลิ่น และรสชาติ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่เห็ดหูหนูขาว

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดสอบการผลิตแยมเห็ดหูหนูขาวผสมผลไม้ชนิดต่างๆ ได้แก่ส้ม แอปเปิ้ลฟูจิและแอปเปิ้ลเขียว โดยดูการเซทตัวและการยอมรับจากผู้ทดสอบ จากนั้นทดสอบหาปริมาณเห็ดที่เหมาะสม โดยการนำเห็ดหูหนูขาวที่สับหยาบและสับละเอียด ในปริมาณ 100, 150 และ 200 กรัม มาผลิตแยมเปรียบเทียบดูการเซทตัวและการยอมรับจากผู้ทดสอบทั้ง 15 คนมากที่สุด จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมโดยการ นำเห็ดหูหนูขาว(*Tremella fuciformis*) น้ำแอปเปิ้ลเขียว (*Pyrus malus* cv.Granny smith) น้ำแอปเปิ้ลฟูจิ (*Pyrus malus* cv.Fuji) และเนื้อแอปเปิ้ลเขียวสับละเอียด ในสัดส่วนที่ต่างกัน มาทดลองหาสูตรการผลิตแยมเห็ดหูหนูขาวที่เหมาะสม 3 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1 เห็ดหูหนูขาวสับละเอียด 200 กรัม ผสมน้ำแอปเปิ้ลฟูจิ 100 กรัม

สูตรที่ 2 เห็ดหูหนูขาวสับละเอียด 200 กรัม ผสมเนื้อแอปเปิ้ลเขียว 200 กรัมและน้ำแอปเปิ้ลฟูจิ 100 กรัม

สูตรที่ 3 เห็ดหูหนูขาวสับละเอียด 200 กรัม ผสมเนื้อแอปเปิ้ลเขียว 200 กรัมและน้ำแอปเปิ้ลเขียว 100 กรัม

โดยทุกสูตรจะเติมเพคติน น้ำ และน้ำตาล ปรับค่าความหวานอยู่ในช่วง 61-65°brix บรรจุลงขวดที่นึ่งฆ่าเชื้อ ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ nine point-hedonic scale test นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีหาปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า ใยอาหาร ความชื้น และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w) ตามวิธีของ AOAC (1995) วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยวิเคราะห์ค่าสี ตามวิธี Hunter associates laboratory (1997) และตรวจลักษณะเนื้อสัมผัสในรูปค่าความแข็งแรงของเจล เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แยมเห็ดหูหนูขาวและแยมผลไม้ที่มีจำหน่ายทั่วไป ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิตู้เย็นและอุณหภูมิห้อง ทำการตรวจสอบทุก 1 เดือน เป็นเวลา 3 เดือน โดยการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และรา เชื้อ *E.coli* และ coliform (สาวิตรี, 2545)

ผลการทดลอง

จากการทดสอบนำผลไม้ 3 ชนิด คือ ส้ม แอปเปิ้ลฟูจิและแอปเปิ้ลเขียว มาเติมลงในผลิตภัณฑ์แยมเห็ดหูหนูขาว พบว่าแยมเห็ดหูหนูขาวผสมแอปเปิ้ลมีการเซทตัวและได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากกว่าแยมเห็ดหูหนูผสมส้ม จึงเลือกแอปเปิ้ลเป็นผลไม้ที่ใช้ผสมลงในผลิตภัณฑ์แยมเห็ดหูหนูขาว จากนั้นทดสอบหาปริมาณเห็ดหูหนูขาวที่เหมาะสมโดยใช้เห็ดหูหนูขาวที่สับหยาบและสับละเอียด ในปริมาณ 100, 150 และ 200 กรัม มาผลิตแยมเปรียบเทียบกันพบว่าแยมที่ใช้เห็ดหูหนูขาวสับละเอียด 200 กรัม มีการเซทตัวและได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมโดยการ นำเห็ดหูหนูขาว (*Tremella fuciformis*) น้ำแอปเปิ้ลเขียว (*Pyrus malus* cv.Granny smith) น้ำแอปเปิ้ลฟูจิ (*Pyrus malus* cv.Fuji) และเนื้อแอปเปิ้ลเขียวสับละเอียด ในสัดส่วนที่ต่างกัน มาทดลองหาสูตรการผลิตแยมที่เหมาะสม 3 สูตร พบว่าแยมเห็ดหูหนูขาวทั้ง 3 สูตร เกิดการเซทตัวเป็นแยมลักษณะเหมือนแยมที่จำหน่ายในท้องตลาด คือเซทตัวเป็นเจลอยู่ได้ไม่เป็นของเหลวไหลเอียงตามขวด Figure 1 จากการทดสอบความชอบโดยรวม พบว่าแยมสูตรที่ 3 ที่ประกอบด้วยน้ำแอปเปิ้ลเขียว 7.95% เนื้อแอปเปิ้ลเขียวสับละเอียด 15.90% เห็ดหูหนูขาวสับละเอียด 15.90% น้ำตาล 35.77% เพคติน 0.63% และน้ำ 23.85% เป็นสูตรที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับแยมสูตรควบคุม (แยมทรอปิคอล ฟรุต สเปรด ตราเบสท์ฟูดส์) และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบที่ทดสอบทางสถิติโดยรวม 6.91 คะแนน วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี พบว่ามีปริมาณโปรตีน 0.34% คาร์โบไฮเดรต 62.06% ไขมัน 0.10% เถ้า 0.22% ใยอาหาร 0.19% ค่า a_w 0.79% ปริมาณกรดทั้งหมด 0.02% ค่าความเป็นกรด-เบส 3.20 ปริมาณความชื้น 12.63% และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีค่า 67°brix ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ

ตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าไม่มีการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ รา *E. coli* และ coliform

Formula 1 Formula 2 Formula 3

Figure 1 The physical appearance of 3 formulas Silver Ear Mushroom Jam

วิจารณ์ผล

จากการทดสอบผลิตภัณฑ์แยมเห็ดหูหนูขาวผสมผลไม้ พบว่าการผสมแอปเปิ้ลจะให้รสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าและได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากกว่าการผสมส้ม ปริมาณเห็ดที่เหมาะสมมากที่สุดคือ 200 กรัม หากใช้ปริมาณน้อยกว่านี้จะไม่มีการเซทตัวเป็นเจล และต้องสับให้ละเอียดจะทำให้เนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับแยมที่จำหน่ายในท้องตลาด เมื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเห็ดหูหนูขาวผสมแอปเปิ้ลทั้ง 3 สูตร โดยการเอียงหรือคว่ำขวด พบว่าเกิดการเซทตัวเป็นแยมไม่ไหลเอียงตามขวด มีการเซทตัวเป็นเจลอยู่ได้ เจลจะอุ้มของเหลวไว้ทั้งหมด ทดสอบทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าแยมเห็ดหูหนูขาวผสมแอปเปิ้ลสูตร 3 ที่ประกอบด้วยเห็ดหูหนูขาวสับละเอียด 15.90% เนื้อแอปเปิ้ลเขียวสับละเอียด 15.90% น้ำแอปเปิ้ลเขียว 7.95% เพคติน 0.63% น้ำตาล 35.77% และน้ำ 23.85% ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด คือได้คะแนนความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.91 ต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของแยมเห็ดหูหนูขาวสูตร 3 และแยมทรอปิคอลฟรุต สเปรด ตราเบสท์ฟูดส์ พบว่าแยมทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณใยอาหารและคาร์โบไฮเดรต ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีปริมาณใยอาหาร 0.19±0.00% และปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 62.06% แยมเห็ดหูหนูขาวมีปริมาณเถ้า และโปรตีน สูงกว่า คือ 0.22±0.00 และ 0.34±0.05% ตามลำดับ แต่มีไขมัน 0.10% ซึ่งต่ำกว่าแยมทรอปิคอลฟรุต สเปรด ตราเบสท์ฟูดส์ที่มีไขมัน 1.17±0.01% เนื่องจากเห็ดหูหนูขาวมีปริมาณไขมันต่ำ มีปริมาณโปรตีนสูง (กองโภชนาการ กรมอนามัย พ.ศ. 2530 และ 2535) ค่า a_w 0.79% ค่า a_w ที่อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มลดลงมากกว่าที่ระยะเริ่มต้นของการเก็บรักษา และที่อุณหภูมิตู้เย็นมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ ที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์แยมมะละกอในระหว่างเก็บรักษา พบว่าค่า a_w จะลดลง เมื่อระยะการเก็บนาน 6 เดือน เนื่องจากน้ำในผลิตภัณฑ์แยมจะระเหยออกไปบางส่วนในระหว่างเก็บรักษา ซึ่งผลิตภัณฑ์แยมควรจะมีการลดค่า a_w ให้ต่ำกว่า 0.8 เพื่อเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปริมาณกรดทั้งหมด 0.02% ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) 3.20 ซึ่งมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำตาลซูโครสให้น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส และกรดน้ำตาล (sugar acid) จากการออกซิไดซ์น้ำตาลด้วยกรด (กล้าณรงค์, 2536; อรอุมา, 2549) ปริมาณความชื้น 12.63% และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีค่า 67°brix พบว่ามีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา วิเคราะห์สีพบว่ามีค่า L* อยู่ในช่วง 20.14-29.27 ค่า a* อยู่ในช่วง 0.20-4.24 มีค่าเป็นบวกเป็นค่าที่บอกค่าสีแดง ค่า b* อยู่ในช่วง 13.72-18.09 มีค่าเป็นบวกเป็นค่าที่บอกสีเหลือง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น มีสีเหลืองลดลง และมีสีแดงเพิ่มขึ้น และศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของแยมเห็ดหูหนูขาว ที่อุณหภูมิตู้เย็นและอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าไม่มีการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ รา *E. coli* และ coliform สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 342 (2547) และการทดลองของ Herschdoerfer (1972) พบว่าแยมที่บรรจุเสร็จแล้วควรเก็บในตู้เย็นที่แห้งและสะอาด ขวดแก้วที่บรรจุแยมจะต้องมีฝาปิดด้านบนให้สนิท เพื่อป้องกันการเกิดช่องว่างของอากาศมากเกินไปซึ่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนได้

สรุปผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมเห็ดหูหนูขาว สูตรที่ประกอบด้วยน้ำแอปเปิ้ลเขียว 7.95% เนื้อแอปเปิ้ลเขียวสับละเอียด 15.90% เห็ดหูหนูขาวสับละเอียด 15.90% น้ำตาล 35.77% เพคติน 0.63% และน้ำ 23.85% เป็นสูตรที่มีลักษณะเนื้อ

สัมผัสใกล้เคียงกับแยมสูตรควบคุม และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุดโดยมีคะแนนความชอบโดยรวม 6.91 คะแนน วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี พบว่ามีปริมาณโปรตีน 0.34% คาร์โบไฮเดรต 62.06% ไขมัน 0.10% เถ้า 0.22% ใยอาหาร 0.19% ค่า a_w 0.79% ปริมาณกรดทั้งหมด 0.02% ค่าความเป็นกรด-เบส 3.20 ปริมาณความชื้น 12.63% และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีค่า 67 เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นและอุณหภูมิห้องได้นาน 3 เดือน โดยไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ประจำปี 2554.

เอกสารอ้างอิง

กัลยาณี ชาวนา, 2546, แยมแครอทจากกลูโคแมนแนน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชฎาพร นุชจังหรีด, 2549, ประโยชน์ของเห็ดนานาชนิด, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ไพรินทร์ กปิลานนท์, 2547, เทคโนโลยีเห็ด, ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแยม เยลลี่และมาร์มาเลด, เล่ม 95, หน้า 86.

สมาคมวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย, 2545, เห็ดไทย, กรุงเทพฯ, หน้า 3-4.

Baker, R.A., Berry, N. and Hui, Y.H., 1996, Fruit Preserves and Jam, In: Processing fruit, Science and Technology, vol.1, ed. Somogyi, L.P. and Ramaswamy, H.S., Laucaster-Basel, 117-133p.

BAM, 1992, Bacteriological Analytical Manual, Food and Drug Administration, U.S.

Herschdoerfer, S.M., 1972, Quality Control in the Food Industry, London: Academic Press.

การลดความฝาดของใบทำมังด้วยคาร์บอนไดออกไซด์

Removal Astringency of *Listea petiolata* by Carbondioxide

นลินี พูลพิพัฒน์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

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

Abstract

The objective of this study was to reduce astringency of *Listea petiolata* Hook.f. by three carbon dioxide (CO_2) incubation treatments; 95% carbondioxide gas (for 1, 2, 3 and 4 days), 5, 10 and 15% carbonic acid for 24 h, and fire smoke for 5 min. The results showed that 95% carbondioxide gas for 4 days could de astringency, which its total phenolic, pungency and tannins was reduced at 0.49 0.25 and 0.13 mg/100g, respectively. However, the astringency of carbondioxide treatment was less than carbonic acid and smoke treatments, and its chemicals were three times lower than the control (without CO_2 treatment). Sensory evaluation of bitterness, pungency, astringentcy, flavor and overall acceptance of of *Listea petiolata* treated with 95% carbondioxide gas was in agrrement with phenolics, pungency, and tannins content.

Keywords: carbondioxide, *Listea petiolata,* phenolics, pungency

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความฝาดของใบทำมัง (*Listea petiolata* Hook.f.) โดยการบ่มด้วยสารให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3 รูปแบบ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 วัน กรดคาร์บอนิก ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และการรมควันไฟจากการเผาไหม้ เป็นเวลา 5 นาที พบว่าการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 บ่มนาน 4 วัน สามารถลดปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนิน โดยมีปริมาณเท่ากับ 0.49, 0.25 และ 0.13 mg/100g ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าการใช้กรดคาร์บอนิก และการรมควันไฟจากการเผาไหม้ และมีปริมาณต่ำกว่าใบทำมังที่ไม่ผ่านการลดความฝาด 3 เท่า สำหรับผลการทดสอบประสาทสัมผัสด้านรสขม รสเผ็ด รสฝาด กลิ่นรสใบทำมัง และการยอมรับโดยรวม สอดคล้องกับปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และแทนนิน

คำสำคัญ: คาร์บอนไดออกไซด์ ทำมัง ฟีนอลิค สารระคายซ่า

คำนำ

ทำมัง (*Litsea Petiolata* Hook.f.) อยู่ใน สกุล Litsea วงศ์ Lauraceae ไม้ในวงศ์นี้มีอยู่ถึง 400 ชนิด ทำมังพบกระจายในเขตร้อนและกึ่งร้อนของเอเชีย ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์และอเมริกา ประเทศไทยมีถิ่นกำเนิดและกระจายพันธุ์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ ส่วนของใบ เปลือก ลำต้น และเนื้อไม้ของต้นทำมังมีกลิ่นคล้ายแมลงดานา จึงนิยมนำมาผสมในน้ำพริก นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณทางยาใช้ขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ จุกเสียด และบำรุงประสาท สาโรจน์ (2537) สกัดน้ำมันหอมระเหยใบทำมังพบว่ามีกลิ่นคล้ายแมลงดานาและมีสารสำคัญ คือ 2-nonanone, 11-dodecen-2-one, 7-octane-2-one และ undecanone ส่วนณภัทร (2551) สกัดน้ำมันหอมระเหยใบทำมังจากการกลั่นด้วยไอน้ำพบสารหอมระเหย 11 ชนิด มีสารสำคัญ 5 ชนิด ได้แก่ undec-10-en-2-one, 2-undecanone, tridec-12-en-2-one, undecanal และ 2-tridecanone เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในอาหารเป็นส่วนผสมในน้ำพริกที่ความเข้มข้นที่ร้อยละ 0.5 ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสมีกลิ่นแมลงดานาชัดเจน แต่ยังมีรสชาติขมและฝาด ซึ่งรสชาติฝาดขมอาจเกิดจากการที่มีสารประเภทฟีนอลิคอยู่ เช่น สารในกลุ่มฟลาวาโนน ได้แก่ naringin กลุ่มฟลาโวน ได้แก่ tangeretin กลุ่มฟลาวาน ได้แก่ catechin เป็นสารกลุ่มที่ให้รสขม ส่วนสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ และกลุ่มไอโซฟลาโวนและกลุ่มของแทนนินเป็นสารกลุ่มที่ให้รสฝาด (Drewnowski และคณะ, 2000) อย่างไรก็ตาม ณภัทร (2551) พบว่าทำมังมีปริมาณของแทนนินอยู่สูง มีงานวิจัยที่ศึกษากระบวนการลดความฝาดที่เกิดจากแทนนินโดยมีการใช้สารในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์การใช้เพคตินในการตกตะกอนแทนนินในไวน์แดง การใช้กัม และ carboxymethylcellulose (CMC) ใน black chokeberry ชาเขียว และลูกวอลล์นัต

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tein-talay 25 Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

(Colonna และคณะ, 2004; Troszynska และคณะ, 2010) มีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในการลดความฝาดลูกพลับ (ณัฐพล, 2551) การบ่มพลับพันธุ์ *Diospyros kiki* L ด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 99.99 เป็นเวลา 20 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณแทนนินได้ทั้งหมด (Hribar และคณะ, 2000) แต่ยังไม่มีรายงานการลดความฝาดจากใบทำมัง เพื่อให้มีรสชาติดี ฝาดน้อย และนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความฝาดในใบทำมังด้วยการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ 3 รูปแบบ

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำมัง *Listea petiolata* Hook.f. จากจังหวัดนราธิวาส ใช้ส่วนใบวัดจากปลายยอด ประมาณ 60 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาด จากนั้นใบทำมังนำมาลดความฝาดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3 รูปแบบ ได้แก่ การบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การรมควันไฟจากการเผาไหม้ และการใช้กรดคาร์บอนิก

-ขั้นตอนการลดความฝาดรูปแบบที่ 1 คือ นำใบทำมังมาบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 โดยชั่งตัวอย่างทรีทเมนต์ละ 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกขนาด 28 x 40 เซนติเมตร เติมคาร์บอนไดออกไซด์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 1 นาที ปิดปากถุงให้สนิท บ่มเป็นระยะเวลานาน 4 วัน เก็บตัวอย่างทุก 1, 2, 3 และ 4 วัน

-ขั้นตอนการลดความฝาดรูปแบบที่ 2 คือ การรมควันไฟจากการเผาไหม้ ชั่งตัวอย่างใบทำมัง 20 กรัม นำมารมควันไฟจากการเผาไหม้ของไม้สนในถังที่ปิดสนิทเป็นเวลา 5 นาที

-ขั้นตอนการลดความฝาดรูปแบบที่ 3 คือ การแช่ในสารละลายกรดคาร์บอนิก โดยนำตัวอย่างใบทำมังมาตัดให้มีขนาด 1x1 เซนติเมตร ชั่งตัวอย่างใบทำมังทรีทเมนต์ละ 20 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร โดยแปรความเข้มข้นของสารละลายกรดคาร์บอนิกร้อยละ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ จากนั้นตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลากรองสารละลายกรดคาร์บอนิก ออกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำใบทำมังล้างด้วยน้ำจนสารละลายกรดคาร์บอนิกออกจนหมด

ใบทำมังที่ผ่านกระบวนการลดความฝาดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3 รูปแบบ มาวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิค วิธี Folin-ciocalteau phenol test (Miliauskas และคณะ, 2004) วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ปริมาณสารระคายซ่า วิธีของ Schwimmer และ Weston (1961) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 720 นาโนเมตร ปริมาณสารแทนนิน วิธี Modified vanillin (Price และคณะ, 1978) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร วิเคราะห์ค่าสี L*, a* และ b* ด้วยเครื่อง Miniscan ZE (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, USA) และทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสขม รสเผ็ด รสฝาด กลิ่นรสใบทำมัง และการยอมรับโดยรวม วิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) ให้คะแนนแบบ 7 point scoring test วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความน่าเชื่อถือ 95% ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่าการลดความฝาดด้วยการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 บ่มเป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 วัน การรมควันไฟจากการเผาไหม้ไม้สน และกรดคาร์บอนิก ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15 สามารถลดปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนินได้แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 บ่มเป็นระยะเวลา 4 วัน สามารถลดปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนิน ได้ดีที่สุดโดยมีปริมาณเท่ากับ 0.49, 0.25 และ 0.13 mg/100g ตามลำดับ มีปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนินต่ำกว่าใบทำมังที่ไม่ผ่านการลดความฝาดถึง 3 เท่า การลดลงของปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนิน อาจเกิดจากการที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เร่งการสร้าง acetaldehyde ทำให้ soluble tannins เกิดการรวมตัวและกลายเป็น insoluble tannins (Yamada และคณะ, 2002) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 15 คน พบว่าการลดความฝาดใบทำมังด้วยการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 บ่มเป็นเวลา 4 วัน ใบทำมังได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านรสขม รสเผ็ด รสฝาดน้อย และมีค่าคะแนนกลิ่นรสใบทำมังและการยอมรับโดยรวมมากที่สุดสอดคล้องกับปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนิน ที่ลดลงมากกว่าการรมควันไฟจากการเผาไหม้ไม้สน และการใช้กรดคาร์บอนิก (Figure 1) ใบทำมังที่ลดความฝาดด้วยการบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 การรมควันไฟจากการเผาไหม้ไม้สน และการใช้กรดคาร์บอนิกมี ค่า L*, a* และ b* แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

สรุปผล

การลดความฝาดในใบทำมังด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3 รูปแบบ ได้แก่ การบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การรมควันไฟจากการเผาไหม้ไม้สน และการใช้กรดคาร์บอนิก สามารถลดปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่าและสารแทนนินได้ แต่การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 บ่มเป็นระยะเวลานาน 4 วัน ลดปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่าและสารแทนนิน ดีที่สุดและให้ค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านรสขม รสเผ็ด รสฝาด กลิ่นรสใบทำมัง และการยอมรับโดยรวมดีที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

ณัติฐพล ไข่แสงศรี, 2551, การปรับปรุงคุณภาพของพลับโดยการใช้เอทธิฟอนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณภัทร พิมพ์ผะกา, 2551, การศึกษาวิธีการสกัดสารปรุงแต่งกลิ่นรสแมลงดานาจากต้นทำมัง (*Litsea petiolata*), วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 101 หน้า

ปิยะ เฉลิมกลิ่น, 2538, ต้นไม้กลิ่นแมงดา, ในวิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน 8, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ หน้า 100-101.

ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545, การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation), ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 435 หน้า

สาโรจน์ ปัญญามงคล, 2537, การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบและกิ่งต้นทำมัง *Litsea petiolata* Hook.f เพื่อเป็นสารแต่งกลิ่นรสอาหาร, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาคเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Bibi, N., Khattak, A. and Mehmmod, Z., 2007, Quality Improvement and Shelf Life Extension of Persimmon Fruit (*Diospyros kiki*), Journal of Food Engineering, 79: 1359-1363.

Colonna, A.E., Adams, D.O. and Noble, A.C., 2004, Comparison of Procedures for Reducing Astringency Carry-Over Effects in Evaluation of Red Wines, Australian Journal Grape and Wine Research,10: 26–31.

Drewnowski, A. and Gomez-Carneros, C., 2000, Bitter Taste, Phytonutrients and the Consumer, Journal Clinical nutrition, 72: 1424-1435.

Hribar, J., Zavrtanik, M., Simcic, M. and Vidrih, R., 2000, Changes During Storing and Astringency Removal of Persimmon Fruit (*Diospyros kiki* L.), Acta Alimentaria, 29: 123-136.

Lee, C.A., 2008, The Astringency of Whey Protein Beverages is Caused by their Acidity, Journal of International Dairy, 18: 1153–1156.

Troszynska, A., Narolewska, O., Robredo, S., Estrella, I., Hernández, T., Lamparski, G. and Amarowicz, R., 2010, The Effect of Polysaccharides on the Astringency Induced by Phenolic Compounds, Journal Food Quality and Preference, 21: 463–469.

Yamada, M., Taira, S., Ohtsuki, M., Sato, A., Iwanami, H., Yakushiji, H., Wang, R., Yang, Y. and Li, G., 2002, Varietal Differences in the Ease of Astringency Removal by Carbondioxide Gas and Ethanol Vapor Treatment Among Oriental Astrigent Persimmons of Japanese and Chinese Origin, Science Horticulturae, 94: 63-72.

Table 1 Effect of reduce astringency on phenolic pyruvic acid and tannin content (mg/100g DW) of *Listea petiolata* Hook.f

Treatments	Astringency substance (mg/100g)		
	Phenolic	pyruvic acid	tannin
Control	6.37[a]	1.48[a]	0.36[a]
CO_2 1 day	3.01[b]	0.94[b]	0.29[b]
CO_2 2 days	1.47[e]	0.57[d]	0.19[g]
CO_2 3 days	0.95[f]	0.50[e]	0.17[h]
CO_2 4 days	0.49[i]	0.25[i]	0.13[i]
Fire smoke	2.04[c]	0.71[c]	0.23[b]
5% carbonic acid	1.89[d]	0.42[f]	0.28[c]
10% carbonic acid	0.79[g]	0.36[g]	0.24[d]
15% carbonic acid	0.60[h]	0.32[h]	0.19[f]
F-test	*	*	*
c.v.(%)	1.07	0.64	0.32
LSD	0.81	0.45	0.21

* mean the letters in the same column are significant difference ($p \leq 0.05$)
ns mean the letters in the same column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
a, b, c,… mean in the same column with different letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

Table 2 Colors of *Listea petiolata* Hook.f

Treatments	Colors		
	L*	a*	b*
Control	38.04[a]	5.33[a]	16.69[a]
CO_2 1 day	37.84[b]	4.56[b]	16.60[b]
CO_2 2 days	34.85[c]	3.01[c]	11.96[d]
CO_2 3 days	33.03[d]	2.68[d]	14.76[c]
CO_2 4 days	29.74[e]	2.62[e]	10.95[e]
Fire smoke	29.01[f]	1.13[i]	7.82[f]
5% carbonic acid	0.79[g]	1.42[f]	0.28[g]
10% carbonic acid	0.60[h]	1.36[g]	0.24[h]
15% carbonic acid	0.49[i]	1.32[h]	0.19[i]
F-test	*	*	*
c.v.(%)	0.95	0.47	0.24
LSD	0.81	0.39	0.17

* mean the letters in the same column are significant difference ($p \leq 0.05$)
ns mean the letters in the same column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
a, b, c,… mean in the same column with different letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

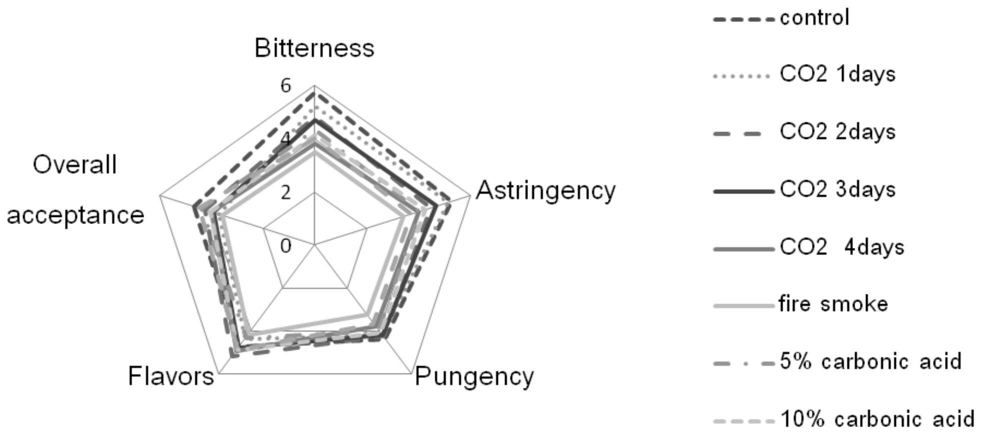


Figure1 Flavor profile of sensory evaluation of reduce astringency from *Listea petiolata* Hook.f

การลดความฝาดของใบทำมังด้วยคาร์บอนไดออกไซด์

Removal Astringency of *Listea petiolata* by Carbondioxide

นลินี พูลพิพัฒน์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Pulpipat, N.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The objective of this study was to reduce astringency of *Listea petiolata* Hook.f. by three carbon dioxide (CO_2) incubation treatments; 95% carbondioxide gas (for 1, 2, 3 and 4 days), 5, 10 and 15% carbonic acid for 24 h, and fire smoke for 5 min. The results showed that 95% carbondioxide gas for 4 days could de astringency, which its total phenolic, pungency and tannins was reduced at 0.49 0.25 and 0.13 mg/100g, respectively. However, the astringency of carbondioxide treatment was less than carbonic acid and smoke treatments, and its chemicals were three times lower than the control (without CO_2 treatment). Sensory evaluation of bitterness, pungency, astringentcy, flavor and overall acceptance of of *Listea petiolata* treated with 95% carbondioxide gas was in agrrement with phenolics, pungency, and tannins content.
Keywords: carbondioxide, *Listea petiolata,* phenolic, pungency

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความฝาดของใบทำมัง (*Listea petiolata* Hook.f.) โดยการบ่มด้วยสารให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3 รูปแบบ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 วัน กรดคาร์บอนิก ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และการรมควันไฟจากการเผาไหม้ เป็นเวลา 5 นาที พบว่าการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 บ่มนาน 4 วัน สามารถลดปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนิน โดยมีปริมาณเท่ากับ 0.49, 0.25 และ 0.13 mg/100g ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าการใช้กรดคาร์บอนิก และการรมควันไฟจากการเผาไหม้ และมีปริมาณต่ำกว่าใบทำมังที่ไม่ผ่านการลดความฝาด 3 เท่า สำหรับผลการทดสอบประสาทสัมผัสด้านรสขม รสเผ็ด รสฝาด กลิ่นรสใบทำมัง และการยอมรับโดยรวม สอดคล้องกับปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และแทนนิน
คำสำคัญ: คาร์บอนไดออกไซด์ ทำมัง ฟีนอลิค สารระคายซ่า

คำนำ

ทำมัง (*Litsea Petiolata* Hook.f.) อยู่ใน สกุล Litsea วงศ์ Lauraceae ไม้ในวงศ์นี้มีอยู่ถึง 400 ชนิด ทำมังพบกระจายในเขตร้อนและกึ่งร้อนของเอเชีย ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์และอเมริกา ประเทศไทยมีถิ่นกำเนิดและกระจายพันธุ์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ ส่วนของใบ เปลือก ลำต้น และเนื้อไม้ของต้นทำมังมีกลิ่นคล้ายแมลงดานา จึงนิยมนำมาผสมในน้ำพริก นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณทางยาใช้ขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ จุกเสียด และบำรุงประสาท สาโรจน์ (2537) สกัดน้ำมันหอมระเหยใบทำมังพบว่ามีกลิ่นคล้ายแมลงดานาและมีสารสำคัญ คือ 2-nonanone, 11-dodecen-2-one, 7-octane-2-one และ undecanone ส่วนณภัทร (2551) สกัดน้ำมันหอมระเหยใบทำมังจากการกลั่นด้วยไอน้ำพบสารหอมระเหย 11 ชนิด มีสารสำคัญ 5 ชนิด ได้แก่ undec-10-en-2-one, 2-undecanone, tridec-12-en-2-one, undecanal และ 2-tridecanone เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในอาหารเป็นส่วนผสมในน้ำพริกที่ความเข้มข้นที่ร้อยละ 0.5 ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสมีกลิ่นแมลงดานาชัดเจน แต่ยังมีรสชาติขมและฝาด ซึ่งรสชาติฝาดขมอาจเกิดจากการที่มีสารประเภทฟีนอลิคอยู่ เช่น สารในกลุ่มฟลาวาโนน ได้แก่ naringin กลุ่มฟลาโวน ได้แก่ tangeretin กลุ่มฟลาวาน ได้แก่ catechin เป็นสารกลุ่มที่ให้รสขม ส่วนสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ และกลุ่มไอโซฟลาโวนและกลุ่มของแทนนินเป็นสารกลุ่มที่ให้รสฝาด (Drewnowski และคณะ, 2000) อย่างไรก็ตาม ณภัทร (2551) พบว่าทำมังมีปริมาณของแทนนินอยู่สูง มีงานวิจัยที่ศึกษากระบวนการลดความฝาดที่เกิดจากแทนนินโดยมีการใช้สารในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์การใช้เพคตินในการตกตะกอนแทนนินในไวน์แดง การใช้กัม และ carboxymethylcellulose (CMC) ใน black chokeberry ชาเขียว และลูกวอลล์นัต

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tein-talay 25 Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

(Colonna และคณะ, 2004; Troszynska และคณะ, 2010) มีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในการลดความฝาดลูกพลับ (ณัฐพล, 2551) การบ่มพลับพันธุ์ *Diospyros kiki* L ด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 99.99 เป็นเวลา 20 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณแทนนินได้ทั้งหมด (Hribar และคณะ, 2000) แต่ยังไม่มีรายงานการลดความฝาดจากใบทำมัง เพื่อให้มีรสชาติดี ฝาดน้อย และนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความฝาดในใบทำมังด้วยการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ 3 รูปแบบ

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำมัง *Listea petiolata* Hook.f. จากจังหวัดนราธิวาส ใช้ส่วนใบวัดจากปลายยอด ประมาณ 60 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาด จากนั้นใบทำมังนำมาลดความฝาดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3 รูปแบบ ได้แก่ การบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การรมควันไฟจากการเผาไหม้ และการใช้กรดคาร์บอนิก

-ขั้นตอนการลดความฝาดรูปแบบที่ 1 คือ นำใบทำมังมาบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 โดยชั่งตัวอย่างทรีทเมนต์ละ 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกขนาด 28 x 40 เซนติเมตร เติมคาร์บอนไดออกไซด์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 1 นาที ปิดปากถุงให้สนิท บ่มเป็นระยะเวลานาน 4 วัน เก็บตัวอย่างทุก 1, 2, 3 และ 4 วัน

-ขั้นตอนการลดความฝาดรูปแบบที่ 2 คือ การรมควันไฟจากการเผาไหม้ ชั่งตัวอย่างใบทำมัง 20 กรัม นำมารมควันไฟจากการเผาไหม้ของไม้สนในถังที่ปิดสนิทเป็นเวลา 5 นาที

-ขั้นตอนการลดความฝาดรูปแบบที่ 3 คือ การแช่ในสารละลายกรดคาร์บอนิก โดยนำตัวอย่างใบทำมังมาตัดให้มีขนาด 1x1 เซนติเมตร ชั่งตัวอย่างใบทำมังทรีทเมนต์ละ 20 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร โดยแปรความเข้มข้นของสารละลายกรดคาร์บอนิกร้อยละ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ จากนั้นตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลากรองสารละลายกรดคาร์บอนิก ออกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำใบทำมังล้างด้วยน้ำจนสารละลายกรดคาร์บอนิกออกจนหมด

ใบทำมังที่ผ่านกระบวนการลดความฝาดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3 รูปแบบ มาวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิค วิธี Folin-ciocalteau phenol test (Miliauskas และคณะ, 2004) วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ปริมาณสารระคายซ่า วิธีของ Schwimmer และ Weston (1961) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 720 นาโนเมตร ปริมาณสารแทนนิน วิธี Modified vanillin (Price และคณะ, 1978) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร วิเคราะห์ค่าสี L*, a* และ b* ด้วยเครื่อง Miniscan ZE (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, USA) และทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสขม รสเผ็ด รสฝาด กลิ่นรสใบทำมัง และการยอมรับโดยรวม วิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) ให้คะแนนแบบ 7 point scoring test วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความน่าเชื่อถือ 95% ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่าการลดความฝาดด้วยการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 บ่มเป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 วัน การรมควันไฟจากการเผาไหม้ไม้สน และกรดคาร์บอนิก ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15 สามารถลดปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนินได้แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 บ่มเป็นระยะเวลา 4 วัน สามารถลดปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนิน ได้ดีที่สุดโดยมีปริมาณเท่ากับ 0.49, 0.25 และ 0.13 mg/100g ตามลำดับ มีปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนินต่ำกว่าใบทำมังที่ไม่ผ่านการลดความฝาดถึง 3 เท่า การลดลงของปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนิน อาจเกิดจากการที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เร่งการสร้าง acetaldehyde ทำให้ soluble tannins เกิดการรวมตัวและกลายเป็น insoluble tannins (Yamada และคณะ, 2002) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 15 คน พบว่าการลดความฝาดใบทำมังด้วยการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 บ่มเป็นเวลา 4 วัน ใบทำมังได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านรสขม รสเผ็ด รสฝาดน้อย และมีค่าคะแนนกลิ่นรสใบทำมังและการยอมรับโดยรวมมากที่สุดสอดคล้องกับปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนิน ที่ลดลงมากกว่าการรมควันไฟจากการเผาไหม้ไม้สน และการใช้กรดคาร์บอนิก (Figure 1) ใบทำมังที่ลดความฝาดด้วยการบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 การรมควันไฟจากการเผาไหม้ไม้สน และการใช้กรดคาร์บอนิกมี ค่า L*, a* และ b* แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

สรุปผล

การลดความฝาดในใบทำมังด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3 รูปแบบ ได้แก่ การบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การรมควันไฟจากการเผาไหม้ไม้สน และการใช้กรดคาร์บอนิก สามารถลดปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่าและสารแทนนินได้ แต่การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 บ่มเป็นระยะเวลานาน 4 วัน ลดปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่าและสารแทนนิน ดีที่สุดและให้ค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านรสขม รสเผ็ด รสฝาด กลิ่นรสใบทำมัง และการยอมรับโดยรวมดีที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

ณัติฐพล ไข่แสงศรี, 2551, การปรับปรุงคุณภาพของพลับโดยการใช้เอทธิฟอนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณภัทร พิมพ์ผะกา, 2551, การศึกษาวิธีการสกัดสารปรุงแต่งกลิ่นรสแมลงดานาจากต้นทำมัง (*Litsea petiolata*), วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 101 หน้า

ปิยะ เฉลิมกลิ่น, 2538, ต้นไม้กลิ่นแมงดา, ในวิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน 8, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ หน้า 100-101.

ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545, การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation), ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 435 หน้า

สาโรจน์ ปัญญามงคล, 2537, การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบและกิ่งต้นทำมัง *Litsea petiolata* Hook.f เพื่อเป็นสารแต่งกลิ่นรสอาหาร, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาคเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Bibi, N., Khattak, A. and Mehmmod, Z., 2007, Quality Improvement and Shelf Life Extension of Persimmon Fruit (*Diospyros kiki*), Journal of Food Engineering, 79: 1359-1363.

Colonna, A.E., Adams, D.O. and Noble, A.C., 2004, Comparison of Procedures for Reducing Astringency Carry-Over Effects in Evaluation of Red Wines, Australian Journal Grape and Wine Research,10: 26–31.

Drewnowski, A. and Gomez-Carneros, C., 2000, Bitter Taste, Phytonutrients and the Consumer, Journal Clinical nutrition, 72: 1424-1435.

Hribar, J., Zavrtanik, M., Simcic, M. and Vidrih, R., 2000, Changes During Storing and Astringency Removal of Persimmon Fruit (*Diospyros kiki* L.), Acta Alimentaria, 29: 123-136.

Lee, C.A., 2008, The Astringency of Whey Protein Beverages is Caused by their Acidity, Journal of International Dairy, 18: 1153–1156.

Troszynska, A., Narolewska, O., Robredo, S., Estrella, I., Hernández, T., Lamparski, G. and Amarowicz, R., 2010, The Effect of Polysaccharides on the Astringency Induced by Phenolic Compounds, Journal Food Quality and Preference, 21: 463–469.

Yamada, M., Taira, S., Ohtsuki, M., Sato, A., Iwanami, H., Yakushiji, H., Wang, R., Yang, Y. and Li, G., 2002, Varietal Differences in the Ease of Astringency Removal by Carbondioxide Gas and Ethanol Vapor Treatment Among Oriental Astrigent Persimmons of Japanese and Chinese Origin, Science Horticulturae, 94: 63-72.

Table 1 Effect of reduce astringency on phenolic pyruvic acid and tannin content (mg/100g DW) of *Listea petiolata* Hook.f

Treatments	Astringency substance (mg/100g)		
	Phenolic	pyruvic acid	tannin
Control	6.37[a]	1.48[a]	0.36[a]
CO_2 1 day	3.01[b]	0.94[b]	0.29[b]
CO_2 2 days	1.47[e]	0.57[d]	0.19[g]
CO_2 3 days	0.95[f]	0.50[e]	0.17[h]
CO_2 4 days	0.49[i]	0.25[i]	0.13[i]
Fire smoke	2.04[c]	0.71[c]	0.23[b]
5% carbonic acid	1.89[d]	0.42[f]	0.28[c]
10% carbonic acid	0.79[g]	0.36[g]	0.24[d]
15% carbonic acid	0.60[h]	0.32[h]	0.19[f]
F-test	*	*	*
c.v.(%)	1.07	0.64	0.32
LSD	0.81	0.45	0.21

* mean the letters in the same column are significant difference ($p \leq 0.05$)
ns mean the letters in the same column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
a, b, c,… mean in the same column with different letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

Table 2 Colors of *Listea petiolata* Hook.f

Treatments	Colors		
	L*	a*	b*
Control	38.04[a]	5.33[a]	16.69[a]
CO_2 1 day	37.84[b]	4.56[b]	16.60[b]
CO_2 2 days	34.85[c]	3.01[c]	11.96[d]
CO_2 3 days	33.03[d]	2.68[d]	14.76[c]
CO_2 4 days	29.74[e]	2.62[e]	10.95[e]
Fire smoke	29.01[f]	1.13[i]	7.82[f]
5% carbonic acid	0.79[g]	1.42[f]	0.28[g]
10% carbonic acid	0.60[h]	1.36[g]	0.24[h]
15% carbonic acid	0.49[i]	1.32[h]	0.19[i]
F-test	*	*	*
c.v.(%)	0.95	0.47	0.24
LSD	0.81	0.39	0.17

* mean the letters in the same column are significant difference ($p \leq 0.05$)
ns mean the letters in the same column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
a, b, c,… mean in the same column with different letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

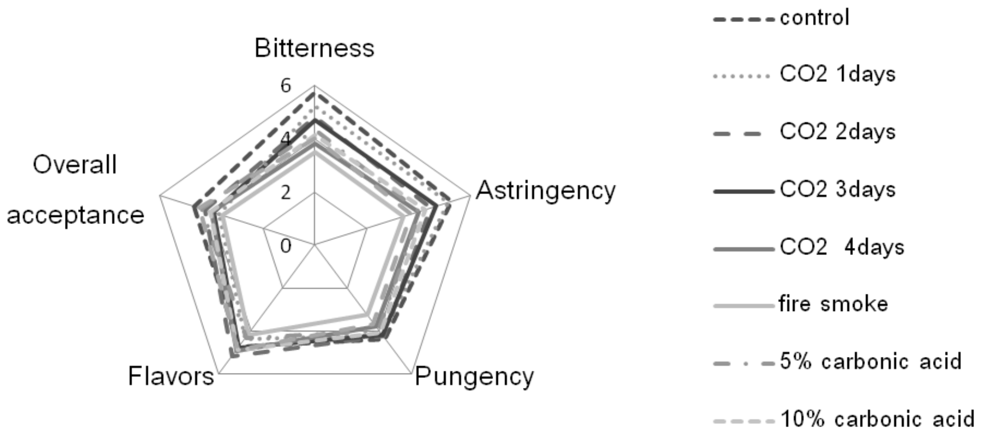


Figure1 Flavor profile of sensory evaluation of reduce astringency from *Listea petiolata* Hook.f

ศักยภาพการเป็นสารให้กลิ่นรสของสาหร่ายไส้ไก่ที่ย่อยสลายด้วยกรด

Potential Use of Flavoring Agent *Ulva intestinalis* Protein Hydrolysate by Acid Hydrolysis

รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Tanuttawongcharoen, R.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Potential study aimed to produce flavoring agent from *Ulva intestinalis* protein hydrolyzed with 1N and 6N hydrochloric acid (a-SWPH) and hydrolysis time for 12 and 24 h. Result showed that a-SWPH with 6N HCl for 24 h had the highest degree of hydrolysis (DH) and low salt content at 71.98% and 17.5%, respectively. Color of a-SWPH was dark brown color (L* = 59.12, a* = 4.19 and b* = 29.53). Volatile compounds of a-SWPH were identified by dynamic headspace solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry (DHS-SPME-HS-GC-MS). Major volatile compounds of the a-SWPH with 6N HCl for 24 h were 2-pentyl-furan, furfural, benzaldehyde, 5-methyl-2-furancarboxaldehyde and 2-acetyl-5-methylfuran. The a-SWPH with 6N HCl for 24 h could be further used as the precursor of seafood flavoring agent.

Keywords: *Ulva intestinalis*, acid hydrolysis, hydrolyzed vegetable protein, volatile compounds

บทคัดย่อ

การศึกษาศักยภาพการเป็นสารให้กลิ่นรสของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*) ย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก (a-SWPH) ความเข้มข้น 1 และ 6 นอร์มัล และระยะเวลาการย่อยสลาย 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า การย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 นอร์มัล เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เป็นภาวะที่ดีที่สุด โดยให้ค่าการย่อยสลายสูงสุดในการผลิต a-SWPH ซึ่งมีค่าระดับการย่อยสลายและปริมาณเกลือเป็นร้อยละ 71.98 และ 17.5 ตามลำดับ และ a-SWPH มีสีน้ำตาลเข้ม (L* = 59.12, a* = 4.19 และ b* = 29.53) เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้ dynamic headspace solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry (DHS-SPME-GC-MS) พบว่า a-SWPH ย่อยด้วยกรดเข้มข้น 6 นอร์มัล 24 ชั่วโมง มีสารให้กลิ่นรสที่สำคัญ ได้แก่ 2-pentyl-furan, furfural, benzaldehyde, 5-methyl-2-furancarboxaldehyde และ 2-acetyl-5-methylfuran ซึ่งสามารถนำมาเป็นสารตั้งต้นสำหรับสารให้กลิ่นรส seafood ได้

คำสำคัญ: *Ulva intestinalis* การย่อยสลายด้วยกรด โปรตีนไฮโดรไลเซท สารหอมระเหย

คำนำ

สาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*) จัดอยู่ในกลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Division Chlorophyta) มีลักษณะเป็นท่อกลวง ต้นอ่อนอาจเรียบ ต้นแก่มีรอยยับย่นคล้ายไส้ไก่ สีเขียวเหลือง ถึงเขียวเข้มที่ส่วนโคนต้นมีรากเล็กๆ ยึดเกาะกับวัสดุต่างๆ เช่น ก้อนหิน เปลือกหอย เศษกิ่งไม้ สาหร่ายไส้ไก่นิยมนำมาใช้ในการบำบัดคุณภาพน้ำในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ประหยัด, 2550) และนำมาเลี้ยงร่วมกับกุ้งกุลาดำ (ชลอ และคณะ, 2551) สาหร่ายไส้ไก่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 35.5 และโปรตีน ร้อยละ 10.5 แต่มีไขมันต่ำ เพียงร้อยละ 2.9 (Rohani-Ghadikolaei และคณะ, 2011) มีแร่ธาตุและวิตามินที่สำคัญ ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี แมงกานีส และเหล็ก และยังอุดมด้วยวิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบีรวม ทั้งบี1 บี3 บี9 และบี12 (ปัทมา และคณะ, 2552) นอกจากนี้มีกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น ทริโอนีน ไลซีน ทริปโตเฟน ซิสเตอีน เมทไทโอนีน ฮิสทิดีน (Galland-Irmouli และคณะ, 1999) จากการที่สาหร่ายไส้ไก่มีกรดอะมิโนที่สามารถทำให้เกิดรสอร่อย คือ กรดแอสปาร์ติกและกรดกลูตามิก จึงเหมาะในการนำมาแปรรูปเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซท (Hydrolyzed vegetable protein, HVP) HVP ได้จากการย่อยโปรตีนจากพืชที่มีโปรตีนสูง เช่น ข้าว ข้าวสาลี ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ข้าวโพด เป็นต้น ได้เป็นกรดอะมิโน เพปไทด์ และสารประกอบอื่นๆ เช่น เกลือ โดยทั่วไปในการผลิต HVP จากโปรตีนพืช ใช้กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4-6 นอร์มัล ที่อุณหภูมิสูง 100-130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-24 ชั่วโมง (Dzanic และคณะ, 1985) ได้ HVPปริมาณสูง มีกลิ่นรสที่แรง เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ใช้ต้นทุนต่ำ และ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Teintalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ระยะเวลาสั้น (Nagodawithana, 1995) แต่การผลิต HVP จากสาหร่ายยังไม่มีรายงานวิจัยมากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาศักยภาพการเป็นสารให้กลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรด

อุปกรณ์และวิธีการ

นำสาหร่ายไส้ไก่ล้างทำความสะอาด อบแห้งด้วย hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยเครื่อง Hammer mill ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช ทำแห้ง และบรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสาหร่ายไส้ไก่ เติมกรดไฮโดรคลอริก โดยใช้ความเข้มข้นกรดที่ 1 และ 6 นอร์มัล เวลาย่อยสลาย 12 และ 24 ชั่วโมง ย่อยที่ 95 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปปรับให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 6 นอร์มัล โดยให้มีพีเอชประมาณ 6 กรองแยกกากออกด้วยกระดาษกรอง No. 1 และนำโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี ปริมาณเกลือ ไทเทรตด้วย $AgNO_3$ (AOAC, 2000) ระดับการย่อยสลาย (%degree of hydrolysis, %DH) ตามวิธีของ Netto และ Galeazzi (1998) วิเคราะห์สารหอมระเหยของโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายทุกภาวะ โดยใช้ dynamic headspace solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry (DHS-SPME-GC-MS) อุ่นสารตัวอย่างปริมาตร 3 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดซับไอสารระเหยด้วยไฟเบอร์ 2cm-50/30 μm DVB/Carboxen™ /PDMS StableFlex™ เป็นเวลา 20 นาที นำเข้าเครื่อง GC ใช้คอลัมน์ DB-WAX และก๊าซฮีเลี่ยมเป็นตัวพา ให้เวลาในการชะสารระเหยออกจากไฟเบอร์เป็นเวลา 20 นาที โปรแกรมอุณหภูมิของ oven โดยเริ่มจากอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 180 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และเพิ่มอุณหภูมิจาก 180 เป็น 200 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 8 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที วิเคราะห์สารระเหยด้วยเครื่อง MSD (scan range 35-350 amu) ที่อุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียส และแปรผลเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ %quality match ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 และเทียบกับสารละลายมาตรฐานอัลเคน (C_8-C_{20} alkanes) วางแผนการทดลองแบบ 2×2 Factorial in Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan’s New Multiple Range Test (QDA) ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สาหร่ายไส้ไก่อบแห้งที่ไฮโดรไลซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 และ 6 นอร์มัล ย่อยเป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า ความเข้มข้นของกรดและระยะเวลาที่ใช้ย่อยสลายมีผลต่อค่าร้อยละระดับการย่อยสลาย (%DH) และปริมาณเกลือ (%NaCl) ($p\leq0.05$) (Table 1) เนื่องจากความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่สูงสามารถไฮโดรไลซ์พันธะเพปไทด์ของโปรตีน และองค์ประกอบอื่นๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต และไขมันได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Peterson และ Johnson, 1978) ซึ่งสาหร่ายที่ย่อยสลายด้วยกรด HCl 6 นอร์มัล เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มี %DH และ %NaCl สูงสุดเท่ากับ 71.98 และ 17.5 ตามลำดับ สำหรับปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดขึ้นในขั้นตอนการปรับพีเอชหลังการย่อยสลายให้เป็นกลางโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งทำให้คลอไรด์ของกรดเกลือ ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนค่าสีพบว่า ค่าความสว่าง (L*) ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ระหว่าง 55.29-60.86 ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่า เมื่อย่อยสลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่เข้มข้นมาก และระยะเวลาย่อยสลายนาน ค่า a* และ b* มากขึ้น ($p\leq0.05$) เนื่องจากสาหร่ายไส้ไก่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและกรดอะมิโน เมื่อถูกความร้อนจึงทำให้เกิดปฏิกิริยา maillard ซึ่งมีกรดด่าง หรือเกลือเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารสีน้ำตาลขึ้น (Aaslung และคณะ, 1998) และเมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยทุกภาวะการย่อยสลาย พบองค์ประกอบของสารหอมระเหยมากขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดและระยะเวลาการย่อยสลายนานขึ้น โดยที่ภาวะระดับการย่อยสลายสูงสุดพบสารสำคัญ ได้แก่ 2-pentyl-furan, furfural, benzaldehyde, 5-methyl-2-furancarboxaldehyde, 2-acetyl-5-methylfuran, methoxy-phenyl-oxime, hexanoic acid และ octanoic acid (Table 2) โดยมีคุณลักษณะกลิ่นหวาน กลิ่นเค็ม คล้ายอาหารทะเลมากกว่าภาวะการย่อยสลายอื่น (Figure 1)

สรุปผล

การย่อยสลายโปรตีนสาหร่ายไส้ไก่ด้วย HCl เข้มข้น 6 นอร์มัล ย่อยสลาย 24 ชั่วโมง ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่มีลักษณะของกลิ่นรสแบบหวาน คาว เค็ม สามารถนำมาเป็นสารตั้งต้นสำหรับสารให้กลิ่นรส seafood ได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และโครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากรเพื่อการวิจัยและพัฒนา สำหรับภาคอุตสาหกรรม (NUI-RC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

เอกสารอ้างอิง

ชลอ ลิ้มสุวรรณ ชัชรี แก้วสุรลิขิต นิติ ชูเชิด ประยูร หงส์รัตน์ และ เดชา บันลือเดช, 2551, การเลี้ยงกุ้งร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่, 4-5 หน้า.

ประหยัด มะหมัด, 2550, การใช้สาหร่ายทะเลบำบัดคุณภาพน้ำในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.

ปัทมา ระตะนะอาพร นงนุช รักสกุลไทย ชัชรี แก้วสุรลิขิต นิติ ชูเชิด และ ประยูร หงส์รัตน์, 2552, การใช้ประโยชน์สาหร่ายไส้ไก่ จากบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อการบริโภค, 4-5 หน้า.

Aaslyng, M.D., Martoens, M., Poll, L., Nielsen, P.M., Flyge, H. and Larsen, L.M., 1998, Chemical and Sensory Characterization of Hydrolyzed Vegetable Protein, a Savory Flavoring, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 481-489.

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

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.

Galland-Irmouli, A.V., Fleurence, J., Lamghari, R., Luçon, M., Rouxel, C., Barbaroux, O., Bronowicki, J.P., Villaume, C. and Guéant, J.L., 1999, Nutritional Value of Proteins from Edible Seaweed *Palmaria palmata* (dulse), Journal Nutrition Biochem, 10: 353–359.

Nagodawithana, T.W., 1995, Savory Flavors, Esteekay Associates, Inc., Milwaukee, WI, 401-434.

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.

Peterson, M.S. and Johnson, A.H., 1978, Encyclopedia of Food Science, AVI Publishing Company, Connecticut, 1005.

Rohani-Ghadikolaei, K., Abdulalian, E. and Keong, N,W., 2011, Evaluation of the Proximate, Fatty Acid and Mineral Composition of Representative Green, Brown and Red Seaweeds from the Persian Gulf of Iran as Potential Food and Feed Resources. Food Scientists and Technologists, 10; 1-7.

Table 1 %Degree of hydrolysis, salt content and color of seaweed protein hydrolysate at 1 and 6 N HCl, hydrolysis time at 12 and 24 h

conc HCl (N)	Time (h)	%DH	%NaCl	Color		
				L*	a*	b*
1	12	43.72^{d}	5.70^{d}	56.34	2.62^{b}	27.90^{c}
	24	45.21^{c}	6.10^{c}	55.29	2.43^{c}	28.07^{b}
6	12	69.59^{b}	16.90^{b}	60.86	3.57^{ab}	30.04^{a}
	24	71.98^{a}	17.50^{a}	59.12	4.19^{a}	29.53^{ab}
F-test		*	*	ns	*	*
C.V. (%)		1.37	2.04	0.63	0.41	0.29
LSD		1.11	1.86	0.52	0.13	0.22

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 of seaweed protein hydrolysate at 1 and 6 N HCl, hydrolysis time at 12 and 24 h

Volatile compounds	RI	Relative Peak Area (%)				Odor description*
		1N 12h	1N 24h	6N 12h	6N 24h	
2-pentyl-furan	1236	0.43	0.41	-	0.11	fruity, green
1,2,3-trimethyl-benzene	1333	0.62	-	-	-	distinctive aromatic odor
4,5-dihydro-5,5-dimethyl-4-isopropylidene-1H-pyrazole	1411	0.84	-	0.63	0.26	-
furfural	1474	23.63	22.61	20.82	10.95	bread, almond, sweet
benzaldehyde	1533	-	-	-	2.05	almond, burnt sugar
5-methyl-2-furancarboxaldehyde	1588	57.82	55.53	59.98	56.29	almond, caramel, burnt sugar
2-acetyl-5-methylfuran	1628	-	-	-	2.60	nutty, sweet
3,5-dimethyl-1H-indazole	1712	-	-	0.99	-	-
methoxy-phenyl-oxime	1779	4.76	3.35	1.65	1.63	sweet, green
hexanoic acid	1856	-	1.60	2.31	2.45	fatty, cheesy, waxy
3-(3-furanyl)-2-methyl-2-propenal	1887	-	-	3.33	9.66	-
octanoic acid	2083	-	-	-	2.70	sweat, cheesy
5-pentyl-2(5H)-furanone	-	-	2.94	-	1.42	-
decanoic acid	2361*	3.32	2.00	1.11	1.32	rancid, fat
2,4-bis(1,1-dimethylethyl)phenol	-	8.58	8.32	6.90	6.04	-
5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-2(4H)-benzofuranone	-	-	1.75	1.10	1.19	sweet, tea-like
dodecanoic acid	2361*	-	1.49	1.18	1.31	fatty

Note: RI = Retention indices, *http://flavournet.org

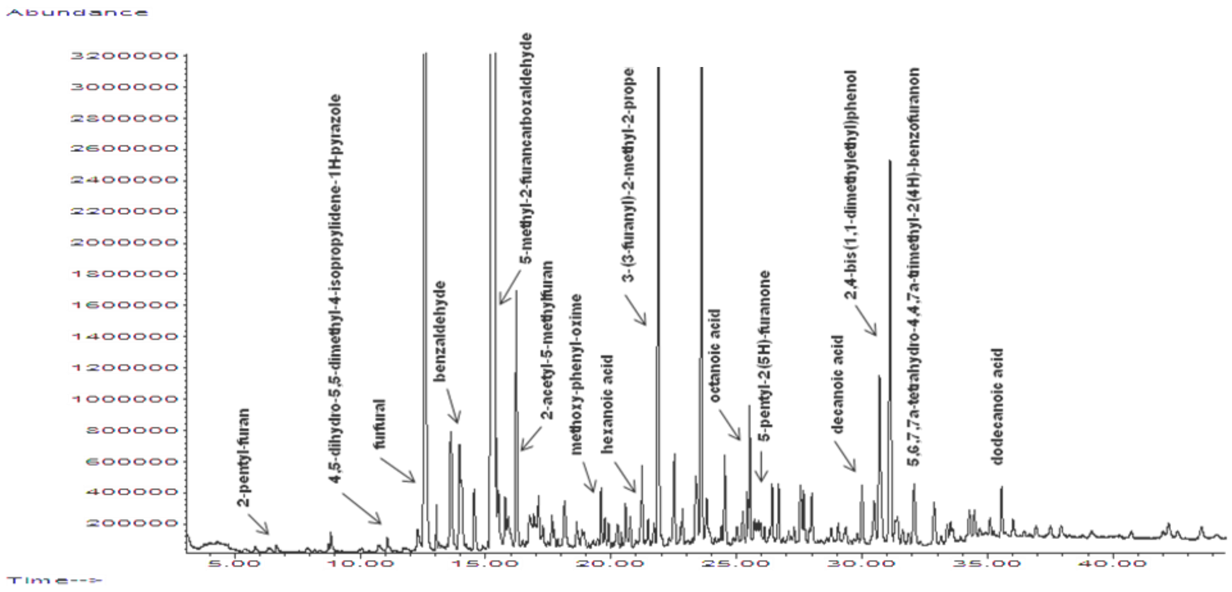


Figure 1 Gas chromatogram of volatile compounds from acid seaweed protein hydrolysate at 6N HCl 24 h

ประสิทธิภาพการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดธัญพืชงอกหมัก

Biological Activities of Fermented Germinated Cereals Extracts

วรัมพร วงศ์สุดิน[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Vongsudin, W.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

This study was aimed to enhance the phytochemicals and biological activities of germinated cereals; "Hom-Nil" rice, maize, soybean and sesame fermented by *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae*. Results showed that phytochemicals of four fermented germinated cereals were dramatically increased at 1-4 times compared to control cereals. Moreover, gallic acid and kojic acid contents were also found in fermented germinated cereals. Kojic acid was enhanced and reached the highest contents in four germinated cereals fermented with *L. plantarum*. However, the kojic acid induced by bacteria is the newly findings, not report anywhere. In addition, the four fermented germinated cereals, rice with *A. oryzae* for 72 h, maize with *L. plantarum* for 24 h, *B. subtilis* for 72 h and sesame with *L. plantarum* for 72 h had high antioxidant activity and anti-tyrosinase activity.

Keywords: fermentation, antioxidant activity, anti-tyrosinase activity, enzyme inhibition

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณสารพฤกษเคมีและประสิทธิภาพการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของธัญพืชงอกหมัก 4 ชนิด คือ ข้าวหอมนิล ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำที่ผ่านกระบวนการงอกแล้วนำมาหมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum, Bacillus subtilis, Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus oryzae* พบว่า ธัญพืชงอกหมัก 4 ชนิดมีสารพฤกษเคมีเพิ่มขึ้น 1-4 เท่า เทียบกับธัญพืช control รวมทั้งพบ gallic acid และ kojic acid ในธัญพืชงอกหมัก โดยปริมาณ kojic acid พบสูงสุดในธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิด ที่หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *L. plantarum* เป็นการค้นพบใหม่ที่ยังไม่มีการรายงานการสร้าง kojic acid โดยเชื้อแบคทีเรียมาก่อน นอกจากนี้ธัญพืชงอกหมักมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส โดยเฉพาะข้าวหอมนิลงอกหมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* นาน 72 ชั่วโมง และข้าวโพดงอกหมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* นาน 24 ชั่วโมง ถั่วเหลืองงอกที่หมักด้วยเชื้อ *B. subtilis* นาน 72 ชั่วโมง และงาดำงอกหมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* นาน 72 ชั่วโมง

คำสำคัญ: กระบวนการหมัก สารต้านอนุมูลอิสระ สารยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส รูปแบบการยับยั้งเอนไซม์

คำนำ

สารพฤกษเคมี (phytochemicals) ในธัญพืชประกอบด้วยสารปฐมภูมิ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และสารทุติยภูมิ ได้แก่ วิตามิน สารฟีนอลิค รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระต่างๆ เช่น gamma-butyric acid (GABA) และ gamma oryzanol (γ-oryzanol) ที่พบมากในข้าว และ isoflavone ที่พบมากในถั่วเหลือง เป็นต้น โดยทั่วไปปริมาณสารพฤกษเคมีในธัญพืชมีน้อย แต่มีรายงานว่ากระบวนการงอกและกระบวนการหมักสามารถปรับปรุงปริมาณสารพฤกษเคมีและเพิ่มประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารพฤกษเคมีในธัญพืชได้ เช่น ข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกพบปริมาณสารฟีนอลิคและ GABA ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (Ngyuen และคณะ, 2008) เช่นเดียวกับถั่วเหลืองที่มีปริมาณสารฟีนอลิคเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการงอก (Paucar-Menacho และคณะ, 2009) และการหมักข้าวด้วยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* สามารถเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิคสูงกว่าเชื้อราชนิดอื่น (Yen และคณะ, 2003) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของธัญพืชหมัก เช่น Futamura และคณะ (2001) ปรับปรุงปริมาณ kojic acid ในข้าวสาลีที่หมักด้วยเชื้อ *Aspergillus oryzae* โดย kojic acid เป็นสารที่มีสมบัติในการต้านการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส เป็นต้น แต่งานวิจัยที่ศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในธัญพืชงอกที่นำมาหมักมีไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในข้าวหอมนิล ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำงอกและนำมาหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* และ *Bacillus subtilis* และ เชื้อรา *Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus oryzae* ที่สภาวะการหมักต่างๆ เพื่อทดแทนการนำเข้าธัญพืชจากต่างประเทศ

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวหอมนิล ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 และงาดำพันธุ์บุรีรัมย์ นำมาผ่านกระบวนการงอกโดยแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 30°C ระยะเวลา 48 ชั่วโมง และแช่ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำที่อุณหภูมิ 30°C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง (Rusydi และคณะ, 2011) จนกระทั่งรากงอกยาว 1 มิลลิเมตร วิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนี้ วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิค ดัดแปลงวิธีของ Randhir และ Shetty (2005) และวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร วิเคราะห์ปริมาณ GABA ดัดแปลงตามวิธีของ Liu และคณะ (1995) และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร วิเคราะห์ปริมาณ γ-oryzanol และ vitamin E ดัดแปลงตามวิธีของ Choi และคณะ (2002) ด้วยเทคนิค HPLC และคำนวณปริมาณ γ-oryzanol และ vitamin E เทียบกับสารมาตรฐาน γ-oryzanol และ vitamin E ความเข้มข้น 1000 μg/mL วิเคราะห์ปริมาณ daidzein และ genistein ดัดแปลงตามวิธีของ Yokota และคณะ (1996) ด้วยเทคนิค HPLC และคำนวณปริมาณ daidzein และ genistein เทียบกับสารมาตรฐาน daidzein และ genistein ความเข้มข้น 1000 μg/mL และวิเคราะห์สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH˙) scavenging activity assay ดัดแปลงตามวิธีของ Lee และคณะ (2008) โดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

จากนั้นนำธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิด มาหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* และ *Bacillus subtilis* ที่ 37°C แปรเวลาหมักที่ 12, 24, 36, 48, 60 และ 72 ชั่วโมง เก็บผลทุก 12 ชั่วโมง และหมักด้วยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus oryzae* ที่ 30°C แปรเวลาหมักที่ 24, 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง เก็บผลทุก 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาหมัก นำธัญพืชงอก-หมักมาอบที่ 65°C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง บดและเก็บใน dessicator เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวข้างต้น

วิเคราะห์ปริมาณ lactic acid, acetic acid และ gallic acid ตามวิธีของ Lee และคณะ (1999) ด้วยเทคนิค HPLC และคำนวณปริมาณเทียบกับสารมาตรฐาน lactic acid, acetic acid และ gallic acid ที่ความเข้มข้น 10000 μg/mL วิเคราะห์ปริมาณ kojic acid ตามวิธีของ Noh และคณะ (2009) ด้วยเทคนิค HPLC และคำนวณปริมาณ kojic acid เทียบกับสารมาตรฐาน kojic acid ที่ความเข้มข้น 1000 μg/mL วิเคราะห์สมบัติการเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ดัดแปลงตามวิธีของ Noh และคณะ (2009) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 475 นาโนเมตร เทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน kojic acid

วิเคราะห์ความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดธัญพืชงอก-หมักที่ทำให้อนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 ดัดแปลงตามวิธีของ Lee และคณะ (2008) และความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดธัญพืชงอก-หมักที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสร้อยละ 50 ดัดแปลงตามวิธีของ Noh และคณะ (2009) โดยนำสภาวะการหมักที่เหมาะสมของธัญพืชงอกแต่ละชนิดที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี และทดสอบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสมบัติการเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสในธัญพืชงอก-หมัก แปรความเข้มข้นของสารสกัดธัญพืชงอก-หมักเป็น 0 ถึง 1280 μg/mL พลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % DPPH และความเข้มข้นของสารสกัด และ % tyrosinase inhibition และความเข้มข้นของสารสกัด เพื่อหาความเข้มข้นต่ำสุดที่ให้ % DPPH และ % tyrosinase inhibition เท่ากับ ร้อยละ 50 ศึกษารูปแบบการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ดัดแปลงตามวิธีของ Sakuma และคณะ (1998)

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Least Significant Difference (LSD) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ธัญพืชทั้ง 4 ชนิด เมื่อผ่านกระบวนการงอก พบว่า ข้าวหอมนิลงอกมีปริมาณสารฟีนอลิค GABA, γ-oryzanol, vitamin E, daidzein และ genistein เท่ากับ 55.71, 22.22, 4.85, 0.71, 1.28 และ 1.26 mg/100g ตามลำดับ ข้าวโพดงอกมีปริมาณสารฟีนอลิค GABA, γ-oryzanol และ vitamin E เท่ากับ 40.13, 17.89, 0.34 และ 0.46 mg/100g ตามลำดับ สำหรับถั่วเหลืองงอกมีปริมาณสารฟีนอลิค GABA, γ-oryzanol, vitamin E, daidzein และ genistein เท่ากับ 52.48, 15.82, 0.43, 0.70, 52.33 และ 36.23 mg/100g ตามลำดับ และงาดำงอกมีปริมาณสารฟีนอลิค GABA, γ-oryzanol และ vitamin E เท่ากับ 51.34, 12.65, 0.22 และ 0.53 mg/100g ตามลำดับ แต่ไม่พบปริมาณ daidzein และ genistein ในงาดำงอก เมื่อนำธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิด มาหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *L. plantarum* และ *B. subtilis* และเชื้อรา *A. oryzae* และ *R. oryzae* พบว่า กระบวนการงอก ระยะเวลาหมักและเชื้อจุลินทรีย์ มีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารพฤกษเคมีในธัญพืชงอก-หมักทั้ง 4 ชนิด ($p \leq 0.05$) โดยกระบวนการหมักด้วยเชื้อทุกชนิด ทำให้ปริมาณสารฟีนอลิค GABA, γ-oryzanol, vitamin E, daidzein และ genistein เพิ่มขึ้น 1-4 เท่า จากธัญพืชเริ่มต้น โดยอาศัยเอนไซม์ที่ถูกสังเคราะห์จากจุลินทรีย์ทำปฏิกิริยากับสารพฤกษเคมีในธัญพืช เกิดกระบวนการทางชีวเคมีและเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารพฤกษเคมีในธัญพืช (Arora และคณะ, 2010; Osman, 2011) ธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิด ที่หมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* มีปริมาณสารฟีนอลิคสูงสุด โดยเชื้อ *L. plantarum* สร้างเอนไซม์

เบต้ากลูโคซิเดส เพื่อเป็นสารคะตะไลซ์ในการสร้างสารฟีนอลิคผ่าน phenylpropanoid pathway ปริมาณสารฟีนอลิคจึงเพิ่มขึ้น (Dordevic และคณะ, 2010) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ GABA เป็นผลมาจากเอนไซม์ glutamate decarboxylase ที่ในสิ่งมีชีวิตโดยอยู่ในรูป glutamic acid decarboxylase (GAD) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนกรดอะมิโนกลูตาเมทเป็น GABA (Lee และคณะ, 2010) ปริมาณ γ-oryzanol และ vitamin E เพิ่มขึ้น เกิดจากการสังเคราะห์ผ่าน isoprenoid biosynthesis pathways โดยมีสารตั้งต้นคือ glyceraladehyde-3-phosphate (G3P) และ สารไพรูเวทที่ได้จากกระบวนการ glycolysis (Lange และคณะ, 2000) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ daidzein และ genistein เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ β-glucosidase ที่เชื้อสร้างขึ้น มีกิจกรรมสูงขึ้นและเปลี่ยนรูปไกลโคไซด์ของ isoflavone เป็นรูปอะไกลโคน ปริมาณ daidzein และ genistein จึงเพิ่มสูงขึ้น (Choi และคณะ, 2002) นอกจากนี้ยังพบปริมาณกรดอินทรีย์ ได้แก่ lactic acid, acetic acid, gallic acid และ kojic acid ในธัญพืชงอก-หมักทั้ง 4 ชนิดด้วย (Yamabe และคณะ, 2007; Gao และคณะ, 2008) โดยปริมาณ kojic acid พบสูงสุดในธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิด ที่หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *L. plantarum* เป็นงานวิจัยใหม่ที่ยังไม่มีการรายงานการสร้าง kojic acid โดยเชื้อแบคทีเรียมาก่อน ธัญพืชงอก-หมักทั้ง 4 ชนิด มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน trolox ที่มีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 82.31 และมีสมบัติเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน kojic acid ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสเท่ากับร้อยละ 91.35 จากการหาสภาวะการหมักธัญพืช 4 ชนิด ที่ดีที่สุด และนำสารสกัดมาวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในสารสกัดธัญพืชงอก-หมักทั้ง 4 ชนิด ที่ทำให้สารอนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสร้อยละ 50 พบว่า สารสกัดข้าวหอมนิลงอก-หมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* ที่ 72 ชั่วโมง สารสกัดข้าวโพดงอก-หมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* ที่ 24 ชั่วโมง สารสกัดถั่วเหลืองงอก-หมักด้วยเชื้อ *B. subtilis* ที่ 72 ชั่วโมง และสารสกัดงาดำงอก-หมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* ที่ 72 ชั่วโมง มีปริมาณสารพฤกษเคมีและสมบัติการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Table 1 และ 2) โดยสารสกัดข้าวหอมนิลงอก-หมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* ที่ 72 ชั่วโมง (Figure 1a) และสารสกัดข้าวโพดงอก-หมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* ที่ 24 ชั่วโมง (Figure 1b) มีรูปแบบการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสแบบ competitive inhibition และมีความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดต่อการยับยั้งอนุมูลอิสระร้อยละ 50 และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสร้อยละ 50 เท่ากับ 260 และ 120 µg/mL ตามลำดับ ส่วนสารสกัดถั่วเหลืองงอก-หมักด้วยเชื้อ *B. subtilis* ที่ 72 ชั่วโมง (Figure 1c) และสารสกัดงาดำงอก-หมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* ที่ 72 ชั่วโมง (Figure 1d) มีรูปแบบการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสแบบ non-competitive inhibition และมีความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดต่อการยับยั้งอนุมูลอิสระร้อยละ 50 และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสร้อยละ 50 เท่ากับ 200 และ 140 µg/mL ตามลำดับ

สรุปผล

ข้าวหอมนิล ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำงอกเมื่อนำมาหมัก พบปริมาณสารพฤกษเคมีและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจากธัญพืชงอก และธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิดที่หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *L. plantarum* พบปริมาณ kojic acid สูงสุด เป็นการค้นพบใหม่ที่ยังไม่มีรายงานการสร้าง kojic acid โดยเชื้อแบคทีเรียมาก่อน นอกจากนี้ธัญพืชงอกหมักทั้ง 4 ชนิด มีสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัทสยามเนเชอรัล โปรดักส์ จำกัด ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัยทุน สกว.-อุตสาหกรรม และคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Arora, S., Jood, S. and Khetarpaul, N., 2010, Effect of Germination and Probiotic Fermentation on Nutrient Composition of Barley Based Food Mixtures, Food Chemistry, 119: 779–784.

Choi, Y.B., Kim, K.S. and Rhee, J.S., 2002. Hydrolysis of Soybean Isoflavone Glucosides by Lactic Acid Bacteria, Biotechnology Letters, 24: 2113-2116.

Dordevic, T.M., Siler-Marinkovic, S.S. and Dimitrijevic-Brankovic, S.I., 2010, Effect of Fermentation on Antioxidant Properties of some Cereals and Pseudo Cereals, Food Chemistry, 119: 957-963.

Futamura, T., Okabe, M., Tamura, T., Toda, K., Matsunobu, T., and Park, Y.S., 2001, Improvement of Production of Kojic Acid by a Mutant Strain *Aspergillus oryzae*, MK107-39, Journal of Bioscience and Bioengineering, 91: 272-276.

Lange, B.M., Rujan, T., Martin, W. and Croteau, R., 2000, Isoprenoid Biosynthesis: The Evolution of Two Ancient and Distinct Pathways across Genomes, Proceedings of the National Academy of Sciences, 97: 13172-13177.

Lee, J.H., Lee, S.K., Park, K.H., Hwang, I.K. and Ji, G.E, 1999, Fermentation of Rice using Amylolytic Bifidobacterium, International Journal of Food Microbiology, 50: 155-161.

Lee, Y.L., yang, J.H. and Mau, J.L., 2008, Antioxidant Properties of Water Extracts from Monascus Fermented Soybean, Food Chemistry, 106: 1128-1137.

Lee, B.J., Kim, J.S., Kang, Y.M., Lim, J.H., Kim, Y.M., Lee, M.S., Jeong, M.H., Ahn, C.B. and Je, J.Y., 2010, Antioxidant Activity and γ-Aminobutyric Acid (GABA) Content in Sea Tangle Fermented by *Lactobacillus brevis* BJ20 Isolated from Traditional Fermented Food, Food chemistry, 122: 271-276.

Noh, J.M., Kwak, S.Y., Seo, H.S., Seo, J.H. and Lee, Y.S., 2009, Kojic Acid–Amino Acid Conjugates as Tyrosinase Inhibitors, Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters, 19: 5586–5589.

Ngyuen, J.S. and Ooraikul, B., 2008, The Physico-Chemical, Eating and Sensorial Properties of Germinated Brown Rice, International Journal of Food Agriculture and Environment, 6(2): 119–124.

Paucer-Menacho, L.M., Berhow, M.A., Mandarino, J.M.G., Mejia, E.G. and Chang, Y.K., 2010, Optimisation of Germination Time and Temperature on the Concentration of Bioactive Compounds in Brazilian Soybean Cultivar BRS 133 using Response Surface Methodology, Food Chemistry, 119: 636-642.

Randhir, R. and Shetty, K., 2005, Development Stimulation of Total Phenolics and Related Antioxidant Activity in Light and Dark Germinated Corn by Natural Elicitors, Process Biochemistry, 40: 1721-1732

Rusydi, M.M.R., Noraliza, C.W., Azrina, A. and Zulkhairi, A., 2011, Nutritional Changes in Germinated Legumes and Rice Varieties, International Food Research Journal, 18: 705-713.

Sakuma, M., Kametani, S. and Akanuma, H., 1998, Purification and some Properties of A Hepatic NADPH-Dependent Reductase that Specifically Acts on 1,5-Anhydro-D-Fructose, Journal of Biochemistry, 123: 189–193.

Yamabe, S., Hattori, K.K., Kaneko, K., Endo, H. and Takita, T., 2007, Effect of Soybean Varities on the Content and Composition of Isoflavone in Rice-Koji Miso, Food Chemistry, 100: 369-374.

Yen, G.C., Chang, Y.C., Su and S.W., 2003, Antioxidant Activity and Active Compounds of Rice Koji Fermented with *Aspergillus candidus*, Food Chemistry, 83: 49–54.

Table 1 Phenolic compound, GABA, γ-oryzanol, vitamin E, daidzein and genistein contents (mg/100g) of the best conditions of four fermented germinated cereals.

The best conditions	Phytochemicals content (mg/100g)					
	phenolic compound	GABA	γ-oryzanol	daidzein	genistein	vitamin E
Fermented germinated rice with *A. oryzae* (72 h)	65.88^{b}±1.21	42.84^{a}±1.29	9.24^{a}±0.56	1.81^{b}±1.11	1.91^{b}±1.32	1.45^{a}±0.57
Fermented germinated maize with *L. plantarum* (24 h)	68.79^{a}±0.53	22.01^{c}±0.67	0.46^{c}±0.22	n.d.	n.d.	1.13^{d}±0.33
Fermented germinated soybean with *B. subtilis* (72 h)	50.50^{d}±0.81	32.82^{b}±1.61	1.51^{b}±0.58	68.76^{a}±1.67	53.34^{a}±1.27	1.40^{b}±0.74
Fermented germinated sesame with *L. plantarum* (72 h)	54.53^{c}±1.04	20.13^{d}±1.02	0.48^{c}±0.45	n.d.	n.d.	1.27^{c}±0.18
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	0.66	0.71	0.48	1.73	1.57	0.36
LSD	0.47	0.36	0.12	0.56	1.12	0.31

** mean the letters in the same column are significant difference ($p \leq 0.001$)

a, b, c,... means within a column with different superscripts are significant difference ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

Table 2 Lactic acid, acetic acid, gallic acid and kojic acid (mg/100g), antioxidant activity and anti-tyrosinase inhibition of the best conditions of four fermented germinated cereals.

The best conditions	Acid contents (mg/100g)				Antioxidant activity (DPPH˙ scavenging activity)	Anti-tyrosinase inhibition
	lactic acid	acetic acid	gallic acid	kojic acid		
Fermented germinated rice with *A. oryzae* (72 h)	2.50^{a}±2.11	2.02^{a}±1.87	8.63^{a}±0.48	186.22^{d}±0.57	73.39^{b}±0.21	87.70^{a}±1.14
Fermented germinated maize with *L. plantarum* (24 h)	1.36^{c}±1.06	1.13^{c}±1.28	5.18^{c}±0.11	666.83^{a}±0.43	70.37^{c}±0.53	86.02^{b}±1.05
Fermented germinated soybean with *B. subtilis* (72 h)	2.01^{ab}±0.68	1.21^{b}±0.63	7.26^{b}±0.46	188.93^{c}±1.12	78.20^{a}±1.12	87.57^{ab}±1.46
Fermented germinated sesame with *L. plantarum* (72 h)	1.48^{b}±1.12	1.30^{b}±0.28	5.45^{c}±0.23	524.70^{b}±1.18	68.02^{d}±0.38	85.83^{c}±0.78
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	1.24	1.19	0.67	1.13	0.88	0.48
LSD	0.49	0.86	0.35	1.02	0.37	0.15

** mean the letters in the same column are significant difference ($p \leq 0.001$)

a, b, c,... means within a column with different superscripts are significant difference ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

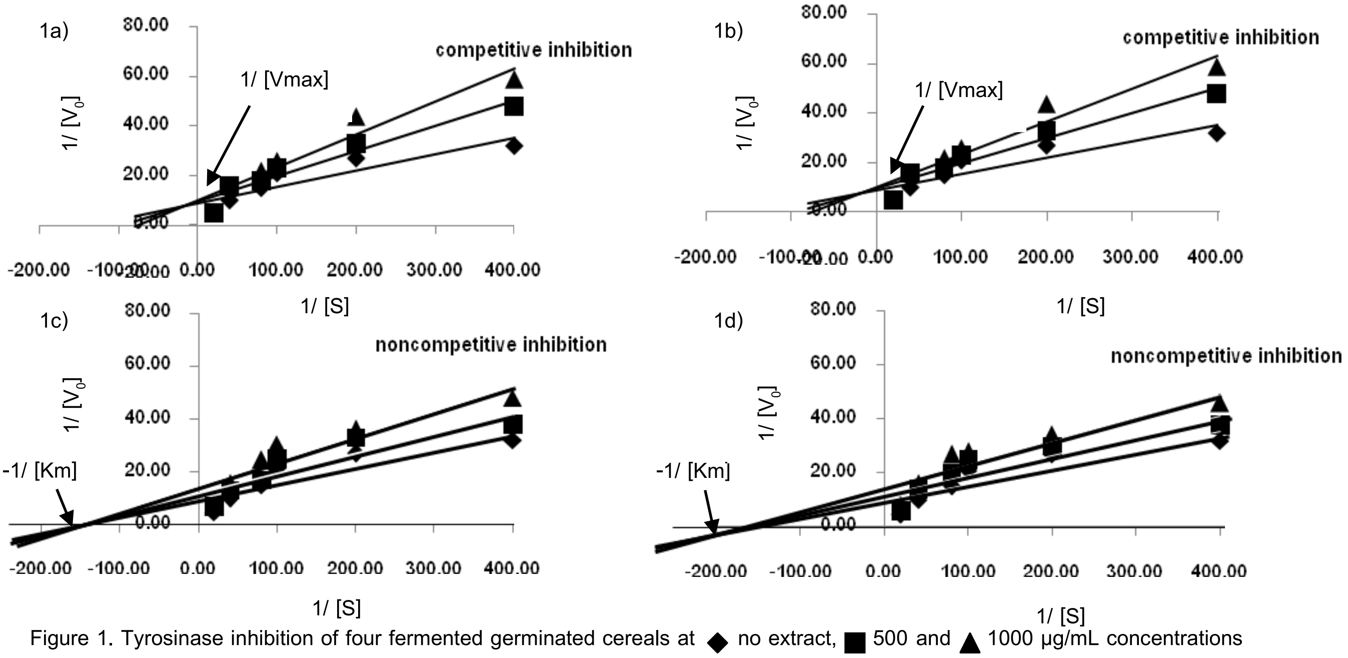


Figure 1. Tyrosinase inhibition of four fermented germinated cereals at ◆ no extract, ■ 500 and ▲ 1000 μg/mL concentrations

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 461-464 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 461-464 (2555)

ประสิทธิภาพการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดธัญพืชงอกหมัก

The Biological Activities of Fermented Germinated Cereals Extracts

วรัมพร วงศ์สุดิน[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Vongsudin, W.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

This study was aimed to enhance the phytochemicals and biological activities of germinated cereals; “Hom-Nil” rice, maize, soybean and sesame fermented by *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae*. Results showed that phytochemicals of four fermented germinated cereals were dramatically increased at 1-4 times compared to control cereals. Moreover, gallic acid and kojic acid contents were also found in fermented germinated cereals. Kojic acid was enhanced and reached the highest contents in four germinated cereals fermented with *L. plantarum*. However, the kojic acid induced by bacteria is the newly findings, not report anywhere. In addition, the four fermented germinated cereals, rice with *A. oryzae* for 72 h, maize with *L. plantarum* for 24 h, *B. subtilis* for 72 h and sesame with *L. plantarum* for 72 h had high antioxidant activity and anti-tyrosinase activity.

Keywords: fermentation, antioxidant activity, anti-tyrosinase activity, enzyme inhibition

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณสารพฤกษเคมีและประสิทธิภาพการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของธัญพืชงอกหมัก 4 ชนิด คือ ข้าวหอมนิล ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำที่ผ่านกระบวนการงอกแล้วนำมาหมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum, Bacillus subtilis, Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus oryzae* พบว่า ธัญพืชงอกหมัก 4 ชนิดมีสารพฤกษเคมีเพิ่มขึ้น 1-4 เท่า เทียบกับธัญพืช control รวมทั้งพบ gallic acid และ kojic acid ในธัญพืชงอกหมัก โดยปริมาณ kojic acid พบสูงสุดในธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิด ที่หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *L. plantarum* เป็นการค้นพบใหม่ที่ยังไม่มีการรายงานการสร้าง kojic acid โดยเชื้อแบคทีเรียมาก่อน นอกจากนี้ธัญพืชงอกหมักมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส โดยเฉพาะข้าวหอมนิลงอกหมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* นาน 72 ชั่วโมง และข้าวโพดงอกหมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* นาน 24 ชั่วโมง ถั่วเหลืองงอกที่หมักด้วยเชื้อ *B. subtilis* นาน 72 ชั่วโมง และงาดำงอกหมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* นาน 72 ชั่วโมง

คำสำคัญ: กระบวนการหมัก สารต้านอนุมูลอิสระ สารยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส รูปแบบการยับยั้งเอนไซม์

คำนำ

สารพฤกษเคมี (phytochemicals) ในธัญพืชประกอบด้วยสารปฐมภูมิ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และสารทุติยภูมิ ได้แก่ วิตามิน สารฟีนอลิค รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระต่างๆ เช่น gamma-butyric acid (GABA) และ gamma oryzanol (γ-oryzanol) ที่พบมากในข้าว และ isoflavone ที่พบมากในถั่วเหลือง เป็นต้น โดยทั่วไปปริมาณสารพฤกษเคมีในธัญพืชมีน้อย แต่มีรายงานว่ากระบวนการงอกและกระบวนการหมักสามารถปรับปรุงปริมาณสารพฤกษเคมีและเพิ่มประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารพฤกษเคมีในธัญพืชได้ เช่น ข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกพบปริมาณสารฟีนอลิคและ GABA ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (Ngyuen และคณะ, 2008) เช่นเดียวกับถั่วเหลืองที่มีปริมาณสารฟีนอลิคเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการงอก (Paucar-Menacho และคณะ, 2009) และการหมักข้าวด้วยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* สามารถเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิคสูงกว่าเชื้อราชนิดอื่น (Yen และคณะ, 2003) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของธัญพืชหมัก เช่น Futamura และคณะ (2001) ปรับปรุงปริมาณ kojic acid ในข้าวสาลีที่หมักด้วยเชื้อ *Aspergillus oryzae* โดย kojic acid เป็นสารที่มีสมบัติในการต้านการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส เป็นต้น แต่งานวิจัยที่ศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในธัญพืชงอกที่นำมาหมักมีไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในข้าวหอมนิล ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำงอกและนำมาหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* และ *Bacillus subtilis* และ เชื้อรา *Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus oryzae* ที่สภาวะการหมักต่างๆ เพื่อทดแทนการนำเข้าธัญพืชจากต่างประเทศ

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, 49, Teintalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวหอมนิล ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 และงาดำพันธุ์บุรีรัมย์ นำมาผ่านกระบวนการงอกโดยแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 30°C ระยะเวลา 48 ชั่วโมง และแช่ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำที่อุณหภูมิ 30°C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง (Rusydi และคณะ, 2011) จนกระทั่งรากงอกยาว 1 มิลลิเมตร วิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนี้ วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิค ดัดแปลงวิธีของ Randhir และ Shetty (2005) และวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร วิเคราะห์ปริมาณ GABA ดัดแปลงตามวิธีของ Liu และคณะ (1995) และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร วิเคราะห์ปริมาณ γ-oryzanol และ vitamin E ดัดแปลงตามวิธีของ Choi และคณะ (2002) ด้วยเทคนิค HPLC และคำนวณปริมาณ γ-oryzanol และ vitamin E เทียบกับสารมาตรฐาน γ-oryzanol และ vitamin E ความเข้มข้น 1000 µg/mL วิเคราะห์ปริมาณ daidzein และ genistein ดัดแปลงตามวิธีของ Yokota และคณะ (1996) ด้วยเทคนิค HPLC และคำนวณปริมาณ daidzein และ genistein เทียบกับสารมาตรฐาน daidzein และ genistein ความเข้มข้น 1000 µg/mL และวิเคราะห์สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH$^{\bullet}$) scavenging activity assay ดัดแปลงตามวิธีของ Lee และคณะ (2008) โดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

จากนั้นนำธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิด มาหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* และ *Bacillus subtilis* ที่ 37°C แปรเวลาหมักที่ 12, 24, 36, 48, 60 และ 72 ชั่วโมง เก็บผลทุก 12 ชั่วโมง และหมักด้วยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus oryzae* ที่ 30°C แปรเวลาหมักที่ 24, 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง เก็บผลทุก 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาหมัก นำธัญพืชงอก-หมักมาอบที่ 65°C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง บดและเก็บใน dessicator เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวข้างต้น

วิเคราะห์ปริมาณ lactic acid, acetic acid และ gallic acid ตามวิธีของ Lee และคณะ (1999) ด้วยเทคนิค HPLC และคำนวณปริมาณเทียบกับสารมาตรฐาน lactic acid, acetic acid และ gallic acid ที่ความเข้มข้น 10000 µg/mL วิเคราะห์ปริมาณ kojic acid ตามวิธีของ Noh และคณะ (2009) ด้วยเทคนิค HPLC และคำนวณปริมาณ kojic acid เทียบกับสารมาตรฐาน kojic acid ที่ความเข้มข้น 1000 µg/mL วิเคราะห์สมบัติการเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ดัดแปลงตามวิธีของ Noh และคณะ (2009) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 475 นาโนเมตร เทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน kojic acid

วิเคราะห์ความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดธัญพืชงอก-หมักที่ทำให้อนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 ดัดแปลงตามวิธีของ Lee และคณะ (2008) และความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดธัญพืชงอก-หมักที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสร้อยละ 50 ดัดแปลงตามวิธีของ Noh และคณะ (2009) โดยนำสภาวะการหมักที่เหมาะสมของธัญพืชงอกแต่ละชนิดที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี และทดสอบสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสมบัติการเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสในธัญพืชงอก-หมัก แปรความเข้มข้นของสารสกัดธัญพืชงอก-หมักเป็น 0 ถึง 1280 µg/mL พลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % DPPH และความเข้มข้นของสารสกัด และ % tyrosinase inhibition และความเข้มข้นของสารสกัด เพื่อหาความเข้มข้นต่ำสุดที่ให้ % DPPH และ % tyrosinase inhibition เท่ากับ ร้อยละ 50 ศึกษารูปแบบการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ดัดแปลงตามวิธีของ Sakuma และคณะ (1998)

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Least Significant Difference (LSD) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ธัญพืชทั้ง 4 ชนิด เมื่อผ่านกระบวนการงอก พบว่า ข้าวหอมนิลงอกมีปริมาณสารฟีนอลิค GABA, γ-oryzanol, vitamin E, daidzein และ genistein เท่ากับ 55.71, 22.22, 4.85, 0.71, 1.28 และ 1.26 mg/100g ตามลำดับ ข้าวโพดงอกมีปริมาณสารฟีนอลิค GABA, γ-oryzanol และ vitamin E เท่ากับ 40.13, 17.89, 0.34 และ 0.46 mg/100g ตามลำดับ สำหรับถั่วเหลืองงอกมีปริมาณสารฟีนอลิค GABA, γ-oryzanol, vitamin E, daidzein และ genistein เท่ากับ 52.48, 15.82, 0.43, 0.70, 52.33 และ 36.23 mg/100g ตามลำดับ และงาดำงอกมีปริมาณสารฟีนอลิค GABA, γ-oryzanol และ vitamin E เท่ากับ 51.34, 12.65, 0.22 และ 0.53 mg/100g ตามลำดับ แต่ไม่พบปริมาณ daidzein และ genistein ในงาดำงอก เมื่อนำธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิด มาหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *L. plantarum* และ *B. subtilis* และเชื้อรา *A. oryzae* และ *R. oryzae* พบว่า กระบวนการงอก ระยะเวลาหมักและเชื้อจุลินทรีย์ มีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารพฤกษเคมีในธัญพืชงอก-หมักทั้ง 4 ชนิด ($p \leq 0.05$) โดยกระบวนการหมักด้วยเชื้อทุกชนิด ทำให้ปริมาณสารฟีนอลิค GABA, γ-oryzanol, vitamin E, daidzein และ genistein เพิ่มขึ้น 1-4 เท่า จากธัญพืชเริ่มต้น โดยอาศัยเอนไซม์ที่ถูกสังเคราะห์จากจุลินทรีย์ทำปฏิกิริยากับสารพฤกษเคมีในธัญพืช เกิดกระบวนการทางชีวเคมีและเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารพฤกษเคมีในธัญพืช (Arora และคณะ, 2010; Osman, 2011) ธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิด ที่หมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* มีปริมาณสารฟีนอลิคสูงสุด โดยเชื้อ *L. plantarum* สร้างเอนไซม์

เบต้ากลูโคซิเดส เพื่อเป็นสารคะตะไลซ์ในการสร้างสารฟีนอลิคผ่าน phenylpropanoid pathway ปริมาณสารฟีนอลิคจึงเพิ่มขึ้น (Dordevic และคณะ, 2010) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ GABA เป็นผลมาจากเอนไซม์ glutamate decarboxylase ที่ในสิ่งมีชีวิตโดยอยู่ในรูป glutamic acid decarboxylase (GAD) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนกรดอะมิโนกลูตาเมทเป็น GABA (Lee และคณะ, 2010) ปริมาณ γ-oryzanol และ vitamin E เพิ่มขึ้น เกิดจากการสังเคราะห์ผ่าน isoprenoid biosynthesis pathways โดยมีสารตั้งต้นคือ glyceraladehyde-3-phosphate (G3P) และ สารไพรูเวทที่ได้จากกระบวนการ glycolysis (Lange และคณะ, 2000) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ daidzein และ genistein เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ β-glucosidase ที่เชื้อสร้างขึ้น มีกิจกรรมสูงขึ้นและเปลี่ยนรูปไกลโคไซด์ของ isoflavone เป็นรูปอะไกลโคน ปริมาณ daidzein และ genistein จึงเพิ่มสูงขึ้น (Choi และคณะ, 2002) นอกจากนี้ยังพบปริมาณกรดอินทรีย์ ได้แก่ lactic acid, acetic acid, gallic acid และ kojic acid ในธัญพืชงอก-หมักทั้ง 4 ชนิดด้วย (Yamabe และคณะ, 2007; Gao และคณะ, 2008) โดยปริมาณ kojic acid พบสูงสุดในธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิด ที่หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *L. plantarum* เป็นงานวิจัยใหม่ที่ยังไม่มีการรายงานการสร้าง kojic acid โดยเชื้อแบคทีเรียมาก่อน ธัญพืชงอก-หมักทั้ง 4 ชนิด มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน trolox ที่มีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 82.31 และมีสมบัติเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน kojic acid ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสเท่ากับร้อยละ 91.35 จากการหาสภาวะการหมักธัญพืช 4 ชนิด ที่ดีที่สุด และนำสารสกัดมาวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในสารสกัดธัญพืชงอก-หมักทั้ง 4 ชนิด ที่ทำให้สารอนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสร้อยละ 50 พบว่า สารสกัดข้าวหอมนิลงอก-หมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* ที่ 72 ชั่วโมง สารสกัดข้าวโพดงอก-หมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* ที่ 24 ชั่วโมง สารสกัดถั่วเหลืองงอก-หมักด้วยเชื้อ *B. subtilis* ที่ 72 ชั่วโมง และสารสกัดงาดำงอก-หมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* ที่ 72 ชั่วโมง มีปริมาณสารพฤกษเคมีและสมบัติการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Table 1 และ 2) โดยสารสกัดข้าวหอมนิลงอก-หมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* ที่ 72 ชั่วโมง (Figure 1a) และสารสกัดข้าวโพดงอก-หมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* ที่ 24 ชั่วโมง (Figure 1b) มีรูปแบบการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสแบบ competitive inhibition และมีความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดต่อการยับยั้งอนุมูลอิสระร้อยละ 50 และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสร้อยละ 50 เท่ากับ 260 และ 120 μg/mL ตามลำดับ ส่วนสารสกัดถั่วเหลืองงอก-หมักด้วยเชื้อ *B. subtilis* ที่ 72 ชั่วโมง (Figure 1c) และสารสกัดงาดำงอก-หมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* ที่ 72 ชั่วโมง (Figure 1d) มีรูปแบบการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสแบบ non-competitive inhibition และมีความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดต่อการยับยั้งอนุมูลอิสระร้อยละ 50 และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสร้อยละ 50 เท่ากับ 200 และ 140 μg/mL ตามลำดับ

สรุปผล

ข้าวหอมนิล ข้าวโพด ถั่วเหลืองและงาดำงอกเมื่อนำมาหมัก พบปริมาณสารพฤกษเคมีและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจากธัญพืชงอก และธัญพืชงอกทั้ง 4 ชนิดที่หมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *L. plantarum* พบปริมาณ kojic acid สูงสุด เป็นการค้นพบใหม่ที่ยังไม่มีรายงานการสร้าง kojic acid โดยเชื้อแบคทีเรียมาก่อน นอกจากนี้ธัญพืชงอกหมักทั้ง 4 ชนิด มีสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัทสยามเนเชอรัล โปรดักส์ จำกัด ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัยทุน สกว.-อุตสาหกรรม และคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Arora, S., Jood, S. and Khetarpaul, N., 2010, Effect of Germination and Probiotic Fermentation on Nutrient Composition of Barley Based Food Mixtures, Food Chemistry, 119: 779–784.

Choi, Y.B., Kim, K.S. and Rhee, J.S., 2002. Hydrolysis of Soybean Isoflavone Glucosides by Lactic Acid Bacteria, Biotechnology Letters, 24: 2113-2116.

Dordevic, T.M., Siler-Marinkovic, S.S. and Dimitrijevic-Brankovic, S.I., 2010, Effect of Fermentation on Antioxidant Properties of some Cereals and Pseudo Cereals, Food Chemistry, 119: 957-963.

Futamura, T., Okabe, M., Tamura, T., Toda, K., Matsunobu, T., and Park, Y.S., 2001, Improvement of Production of Kojic Acid by a Mutant Strain *Aspergillus oryzae*, MK107-39, Journal of Bioscience and Bioengineering, 91: 272-276.

Lange, B.M., Rujan, T., Martin, W. and Croteau, R., 2000, Isoprenoid Biosynthesis: The Evolution of Two Ancient and Distinct Pathways across Genomes, Proceedings of the National Academy of Sciences, 97: 13172-13177.

Lee, J.H., Lee, S.K., Park, K.H., Hwang, I.K. and Ji, G.E, 1999, Fermentation of Rice using Amylolytic Bifidobacterium, International Journal of Food Microbiology, 50: 155-161.

Lee, Y.L., yang, J.H. and Mau, J.L., 2008, Antioxidant Properties of Water Extracts from Monascus Fermented Soybean, Food Chemistry, 106: 1128-1137.

Lee, B.J., Kim, J.S., Kang, Y.M., Lim, J.H., Kim, Y.M., Lee, M.S., Jeong, M.H., Ahn, C.B. and Je, J.Y., 2010, Antioxidant Activity and γ-Aminobutyric Acid (GABA) Content in Sea Tangle Fermented by *Lactobacillus brevis* BJ20 Isolated from Traditional Fermented Food, Food chemistry, 122: 271-276.

Noh, J.M., Kwak, S.Y., Seo, H.S., Seo, J.H. and Lee, Y.S., 2009, Kojic Acid–Amino Acid Conjugates as Tyrosinase Inhibitors, Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters, 19: 5586–5589.

Ngyuen, J.S. and Ooraikul, B., 2008, The Physico-Chemical, Eating and Sensorial Properties of Germinated Brown Rice, International Journal of Food Agriculture and Environment, 6(2): 119–124.

Paucer-Menacho, L.M., Berhow, M.A., Mandarino, J.M.G., Mejia, E.G. and Chang, Y.K., 2010, Optimisation of Germination Time and Temperature on the Concentration of Bioactive Compounds in Brazilian Soybean Cultivar BRS 133 using Response Surface Methodology, Food Chemistry, 119: 636-642.

Randhir, R. and Shetty, K., 2005, Development Stimulation of Total Phenolics and Related Antioxidant Activity in Light and Dark Germinated Corn by Natural Elicitors, Process Biochemistry, 40: 1721-1732

Rusydi, M.M.R., Noraliza, C.W., Azrina, A. and Zulkhairi, A., 2011, Nutritional Changes in Germinated Legumes and Rice Varieties, International Food Research Journal, 18: 705-713.

Sakuma, M., Kametani, S. and Akanuma, H., 1998, Purification and some Properties of A Hepatic NADPH-Dependent Reductase that Specifically Acts on 1,5-Anhydro-D-Fructose, Journal of Biochemistry, 123: 189–193.

Yamabe, S., Hattori, K.K., Kaneko, K., Endo, H. and Takita, T., 2007, Effect of Soybean Varities on the Content and Composition of Isoflavone in Rice-Koji Miso, Food Chemistry, 100: 369-374.

Yen, G.C., Chang, Y.C., Su and S.W., 2003, Antioxidant Activity and Active Compounds of Rice Koji Fermented with *Aspergillus candidus*, Food Chemistry, 83: 49–54.

Table 1 Phenolic compound, GABA, γ-oryzanol, vitamin E, daidzein and genistein contents (mg/100g) of the best conditions of four fermented germinated cereals.

The best conditions	Phytochemicals content (mg/100g)					
	phenolic compound	GABA	γ-oryzanol	daidzein	genistein	vitamin E
Fermented germinated rice with *A. oryzae* (72 h)	65.88^{b}±1.21	42.84^{a}±1.29	9.24^{a}±0.56	1.81^{b}±1.11	1.91^{b}±1.32	1.45^{a}±0.57
Fermented germinated maize with *L. plantarum* (24 h)	68.79^{a}±0.53	22.01^{c}±0.67	0.46^{c}±0.22	n.d.	n.d.	1.13^{d}±0.33
Fermented germinated soybean with *B. subtilis* (72 h)	50.50^{d}±0.81	32.82^{b}±1.61	1.51^{b}±0.58	68.76^{a}±1.67	53.34^{a}±1.27	1.40^{b}±0.74
Fermented germinated sesame with *L. plantarum* (72 h)	54.53^{c}±1.04	20.13^{d}±1.02	0.48^{c}±0.45	n.d.	n.d.	1.27^{c}±0.18
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	0.66	0.71	0.48	1.73	1.57	0.36
LSD	0.47	0.36	0.12	0.56	1.12	0.31

** mean the letters in the same column are significant difference (p≤0.001)

a, b, c,... means within a column with different superscripts are significant difference (p≤0.05) according to DMRT.

Table 2 Lactic acid, acetic acid, gallic acid and kojic acid (mg/100g), antioxidant activity and anti-tyrosinase inhibition of the best conditions of four fermented germinated cereals.

The best conditions	Acid contents (mg/100g)				Antioxidant activity (DPPH˙ scavenging activity)	Anti-tyrosinase inhibition
	lactic acid	acetic acid	gallic acid	kojic acid		
Fermented germinated rice with *A. oryzae* (72 h)	2.50^{a}±2.11	2.02^{a}±1.87	8.63^{a}±0.48	186.22^{d}±0.57	73.39^{b}±0.21	87.70^{a}±1.14
Fermented germinated maize with *L. plantarum* (24 h)	1.36^{c}±1.06	1.13^{c}±1.28	5.18^{c}±0.11	666.83^{a}±0.43	70.37^{c}±0.53	86.02^{b}±1.05
Fermented germinated soybean with *B. subtilis* (72 h)	2.01^{ab}±0.68	1.21^{b}±0.63	7.26^{b}±0.46	188.93^{c}±1.12	78.20^{a}±1.12	87.57^{ab}±1.46
Fermented germinated sesame with *L. plantarum* (72 h)	1.48^{b}±1.12	1.30^{b}±0.28	5.45^{c}±0.23	524.70^{b}±1.18	68.02^{d}±0.38	85.83^{c}±0.78
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	1.24	1.19	0.67	1.13	0.88	0.48
LSD	0.49	0.86	0.35	1.02	0.37	0.15

** mean the letters in the same column are significant difference (p≤0.001)

a, b, c,... means within a column with different superscripts are significant difference (p≤0.05) according to DMRT.

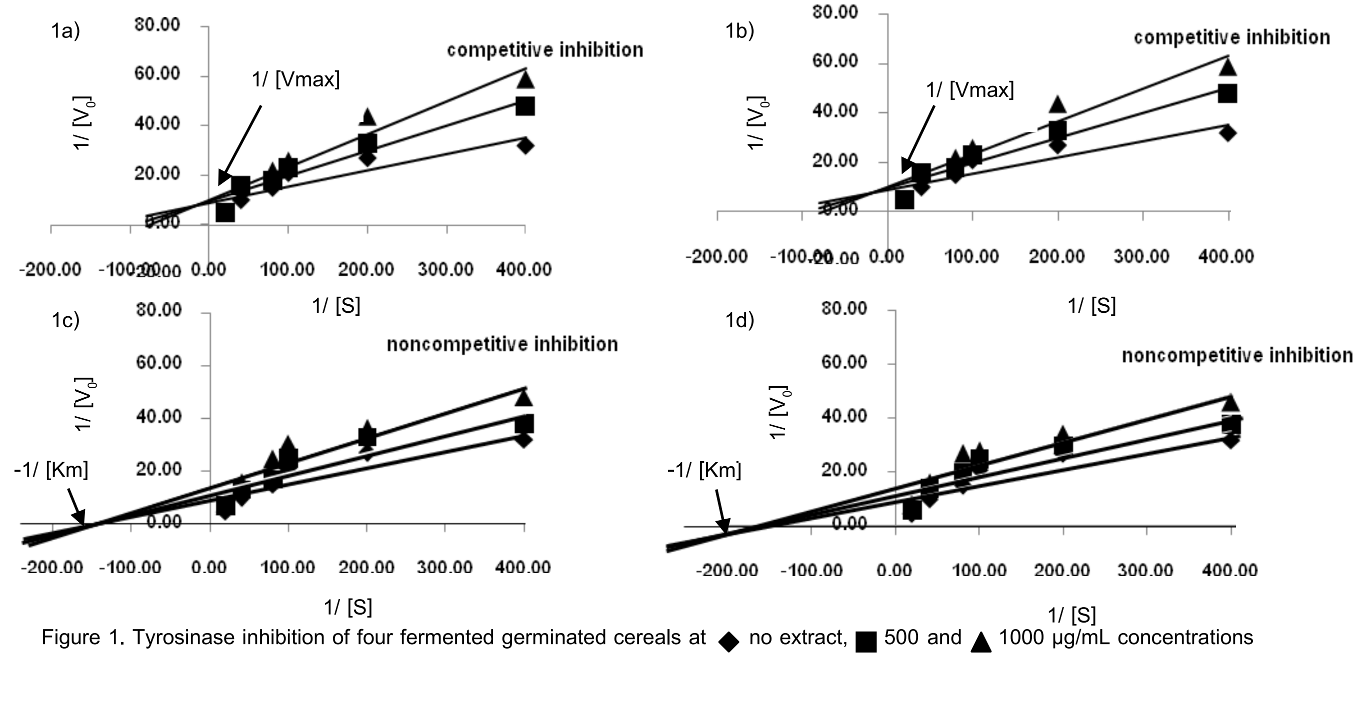


Figure 1. Tyrosinase inhibition of four fermented germinated cereals at ◆ no extract, ■ 500 and ▲ 1000 μg/mL concentrations

คุณลักษณะทางเคมีและกลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน

Chemical and Flavor Characteristics of *Ulva intestinalis* Protein Hydrolysate by Bromelain

รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Tanuttawongcharoen, R.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Enzymatic bromelain seaweed protein hydrolysates (eb-SWPH) were hydrolyzed by various enzyme concentrate at 0, 5, 10, 15 and 20% (w/w of seaweed) and hydrolysis times at 0.5, 3, 6, 12, 18 and 24 h. Results showed that the interaction of enzyme concentrations and hydrolysis times influenced on degree of hydrolysis (DH). The optimum hydrolysis condition to produce eb-SWPH with the highest degree of hydrolysis (%DH) and low salt content was the hydrolysis with 15% bromelain for 3 h which its degree hydrolysis was at 59.40% and salt content was at 1.29%. Volatile compounds of eb-SWPH were identified by dynamic headspace solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry (DHS-SPME-GC-MS). It was found that predominant odorants were 2-pentyl-furan, tran-2-(2-pentenyl) furan, 3-(methylthio)-propanal, furfural and benzaldehyde. It had odor description with fruity, greeny, beany, buttery, sweet, potato-like, bread-like, almond and burnt sugar.

Keywords: seaweed, enzymatic hydrolysis, protein hydrolysate, volatile compounds

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน (eb-SWPH) โดยแปรปริมาณเอนไซม์เท่ากับร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 (%w/w ของสาหร่าย) และระยะเวลาการย่อยสลาย 0.5, 3, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาการย่อยสลายมีอิทธิพลร่วมกัน ($p \leq 0.05$) ต่อค่าร้อยละระดับการย่อยสลาย ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต eb-SWPH โดยมีร้อยละระดับการย่อยสลายสูงและร้อยละเกลือต่ำ คือ การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ร้อยละ 15 ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีร้อยละระดับการย่อยสลายสูงสุดเท่ากับ 59.40 และร้อยละเกลือเท่ากับ 1.29 และมีสารหอมระเหยที่สำคัญ วิเคราะห์ด้วย dynamic headspace solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry (DHS-SPME-GC-MS) ได้แก่ 2-pentyl-furan, tran-2-(2-pentenyl)furan, 3-(methylthio)-propanal, furfural และ benzaldehyde โดยมีลักษณะเป็นกลิ่น fruity, greeny, beany, buttery, sweet, potato-like, bread-like, almond และ burnt sugar

คำสำคัญ: สาหร่ายทะเล การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ โปรตีนไฮโดรไลเซท สารหอมระเหย

คำนำ

สาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*) จัดอยู่ในกลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Division Chlorophyta) มีลักษณะเป็นท่อกลวง ต้นอ่อนอาจเรียบ ต้นแก่มีรอยยับย่นคล้ายไส้ไก่ สีเขียวเหลืองถึงเขียวเข้ม สาหร่ายไส้ไก่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 35.5 และโปรตีน ร้อยละ 10.5 แต่มีไขมันต่ำ เพียงร้อยละ 2.9 (Rohani-Ghadikolaei และคณะ, 2011) มีแร่ธาตุและวิตามินที่สำคัญ ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี แมงกานีส และเหล็ก และยังอุดมด้วยวิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบีรวม ทั้งบี1 บี3 บี9 และบี12 (ปัทมา และคณะ, 2552) นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น ทริโอนีน ไลซีน ทริปโตเฟน ซิสเตอีน เมทไทโอนีน ฮิสทิดีน (Galland-Irmouli และคณะ, 1999) กรดอะมิโนที่พบมาก ได้แก่ กรดแอสปาร์ติก และกรดกลูตามิก ซึ่งกรดอะมิโนสองชนิดนี้มีบทบาทในการเสริมสร้างรสชาติทำให้เกิดรสอร่อย โดยทั่วไปมีการนำสาหร่ายไส้ไก่มาบริโภคแทนผักในเมนูอาหารต่างๆ เช่น ไข่เจียว ไข่ตุ๋น แกงจืด ยำรวมมิตร ไข่ยัดไส้ (ปัทมา และคณะ, 2549) แม้ว่าการบริโภคสาหร่ายทำให้ได้เยื่อใย แต่ร่างกายไม่สามารถย่อยสารอาหารเหล่านี้ในระบบทางเดินอาหาร (Mamatha และคณะ, 2007) เพื่อให้ได้โปรตีน กรดอะมิโน และสารอาหารที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ สาหร่ายไส้ไก่จึงเหมาะในการนำมาแปรรูปเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซท (Hydrolyzed vegetable protein, HVP) เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในอาหาร ซึ่ง HVP ได้จากการย่อยโปรตีนพืชด้วยกรดแก่และ

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

อุณหภูมิสูง ซึ่งทำให้เกิดสาร 3-monochloro-propanediols (3-MCPD) เป็นสารพิษสามารถก่อมะเร็งในคนได้ (คงศักดิ์, 2544) ปัจจุบันจึงนิยมย่อยสลายด้วยเอนไซม์โปรติเอส เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ภาวะไม่รุนแรง (Sinha และคณะ, 2007) ได้เพปไทด์และกรดอะมิโนที่ดีได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเสริมกลิ่นและรสชาติ ซึ่งเอนไซม์ที่นิยมใช้ในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทส่วนใหญ่เป็นเอนไซม์ทางการค้าต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ส่วนเอนไซม์โบรมิเลนจากสับปะรดสามารถผลิตได้ภายในประเทศ มีงานวิจัยที่ใช้เอนไซม์โบรมิเลนไฮโดรไลซ์โปรตีนจากเห็ด (แพรวไพลิน, 2552) กากถั่วเขียว (ชนิกานต์, 2552) งา (รัชฎาภรณ์, 2553) และสาหร่าย *Gracilaria fisheri* (อรพรรณ, 2553) ได้ HVP ที่มีศักยภาพเป็นสารตั้งต้นให้กลิ่นรสอาหารคาว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำสาหร่ายไส้ไก่ล้างทำความสะอาด อบแห้งด้วย hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยเครื่อง Hammer mill ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช ทำแห้งจากนั้นบรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสาหร่ายไส้ไก่ เติมเอนไซม์โบรมิเลน (activity 137,079 unit/g) โดยแปรปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 และเวลาย่อยสลาย 0.5, 3, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ย่อยที่ 50 องศาเซลเซียส หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นกรองแยกกากออกด้วยกระดาษกรอง No. 1 และนำโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (hue chroma) ปริมาณเกลือไทเทรตด้วย $AgNO_3$ (AOAC, 2000) ระดับการย่อยสลาย (%degree of hydrolysis, %DH) ตามวิธีของ Netto และ Galeazzi (1998) วิเคราะห์สารหอมระเหยของโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายทุกภาวะ โดยใช้ dynamic headspace solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry (DHS-SPME-GC-MS) อุ่นสารตัวอย่างปริมาตร 3 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดซับไอสารระเหยด้วยไฟเบอร์ 2cm-50/30 µm DVB/Carboxen^{TM} /PDMS StableFlex^{TM} เป็นเวลา 20 นาที นำเข้าเครื่อง GC ใช้คอลัมน์ DB-WAX และก๊าซฮีเลี่ยมเป็นตัวพา ให้เวลาในการชะสารระเหยออกจากไฟเบอร์เป็นเวลา 20 นาที โปรแกรมอุณหภูมิของ oven โดยเริ่มจากอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 180 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และเพิ่มอุณหภูมิจาก 180 เป็น 200 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 8 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที วิเคราะห์สารระเหยด้วยเครื่อง MSD (scan range 35-350 amu) ที่อุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียส และแปรผลเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ % quality match ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 และเทียบกับสารละลายมาตรฐานอัลเคน (C_8-C_{20} alkanes) วางแผนการทดลองแบบ 4×6 Factorial in Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan's New Multiple Range Test (QDA) ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ด้วยเอนไซม์โบรมิเลน (Bromelain enzymatic seaweed protein hydrolysate; eb-SWPH) พบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาการย่อยสลายมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าร้อยละระดับการย่อยสลาย ($p \leq 0.05$) โดยที่ทุกๆ ความเข้มข้นของเอนไซม์ทำให้ค่าร้อยละระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาในการย่อยสลาย 0-0.5 ชั่วโมง จากนั้นอัตราการย่อยสลายเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงที่เวลา 3 ชั่วโมง อัตราการย่อยสลายเริ่มคงที่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (enzyme substrate saturation) ทำให้สารตั้งต้นและสายเพปไทด์คงที่ตลอดระยะการย่อยสลาย (Andler-Nissen, 1986) แสดงให้เห็นว่าปริมาณเอนไซม์และระยะเวลาการย่อยสลายมีผลต่อความสามารถในการย่อยสลายของเอนไซม์ในช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น (Figure 1 a) ส่วนปริมาณเกลือนั้นมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (Figure 1b) ส่วนค่าสีของ eb-SWPH มีค่าความสว่าง (L*) ไม่แตกต่างกัน และค่าเฉดสี (Hue angle) มีค่าอยู่ในช่วง 94.81-100.01 (Table 1) ซึ่งค่าเฉดสีมีค่าเข้าใกล้ 90 องศา จึงทำให้ eb-sWPH ทุกภาวะการย่อยสลายมีสีเหลืองอ่อน (McGuire, 1992) ซึ่งภาวะที่เหมาะสมในการผลิต eb-SWPH โดยมีร้อยละระดับการย่อยสลายสูงและร้อยละเกลือต่ำ คือ การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ร้อยละ 15 ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีร้อยละระดับการย่อยสลายสูงสุดเท่ากับ 59.40 ปริมาณเกลือเท่ากับ 1.29 และมีค่าสี L*= 67.03 และ hue angle= 97.30 (Table 1) เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยด้วย DHS-SPME-HS-GC-MS พบสารสำคัญคล้ายกันในทุกภาวะการย่อยสลาย ได้แก่ 2-pentyl-furan, tran-2-(2-pentenyl)furan, 3-(methylthio)-propanal, furfural และ benzaldehyde โดยมีลักษณะเป็นกลิ่น fruity, green, beany, buttery, sweet, potato, bread, almond และ burnt sugar แต่เมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์มากขึ้นและระยะเวลาการย่อยสลายนาน ลักษณะของกลิ่นรสที่ได้มีกลิ่นหวานมากขึ้น โดยภาวะการย่อยสลายที่ใช้เอนไซม์ความเข้มข้นร้อยละ 15 นาน 3 ชั่วโมง มีสารสำคัญไม่ต่างกับภาวะการย่อยสลายที่เวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง นอกจากนี้มีปริมาณเกลือและค่าสีไม่ต่างเช่นกัน (Table 2)

สรุปผล

ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทคือ การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ร้อยละ 15 นาน 3 ชั่วโมง ซึ่งให้ร้อยละระดับการย่อยสลายสูง ปริมาณเกลือต่ำ และสารหอมระเหยที่ได้มีกลิ่นรสแบบ almond, green, oily, sweet และ fruity สามารถนำไปพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และโครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากรเพื่อการวิจัยและพัฒนา สำหรับภาคอุตสาหกรรม (NUI-RC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

เอกสารอ้างอิง

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

ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น, 2552, การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเขียวโดยใช้โปรติเอส, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปัทมา ระตะนะอาพร นงนุช รักสกุลไทย ชัชรี แก้วสุรลิขิต นิติ ชูเชิด และประยูร หงส์รัตน์, 2552, การใช้ประโยชน์สาหร่ายไส้ไก่ จากบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อการบริโภค, 4-5 หน้า.

แพรวไพลิน ตันติบุตร, 2552, การผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากโปรตีนไฮโดรไลเซทเห็ดย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

รัชฎาภรณ์ คะประสบ, 2553, การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทและสารอาหารจากกากงาใช้เป็นอาหารเสริม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อรพรรณ เสลามาศสกุล, 2553, การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายด้วยเอนไซม์เพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารและสารเสริมสุขภาพ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Adler-Nissen, J., 1986, Enzymatic Hydrolysis of Food Proteins, Elsevier Applied Science Publishers, London, 122-124.

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

Galland-Irmouli AV., Fleurence J., Lamghari R., Luçon M., Rouxel C., Barbaroux O., Bronowicki JP., Villaume C. and Guéant JL., 1999, Nutritional Value of Proteins from Edible Seaweed *Palmaria palmata* (dulse). Journal Nutrition Biochem, 10: 353–359.

McGuire, R.G., 1992, Reporting of Objective Color Measurements, HortScience, 27: 1254-1255.

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.

Rohani-Ghadikolaei, K., Abdulalian, E. and Keong Ng, W., 2011. Evaluation of the Proximate, Fatty Acid and Mineral Composition of Representative Green, Brown and Red Seaweeds from the Persian Gulf of Iran as Potential Food and Feed Resources, Food Scientists and Technologists, 10: 1-7.

Sinha, R., Radha, C., Prakash, J. and Kaul, P., 2007, Whey Protein Hydrolysate: Functional Properties, Nutritional Quality and Utilization in Beverage Formulation, Food Chemistry, 101(4): 1484-1491.

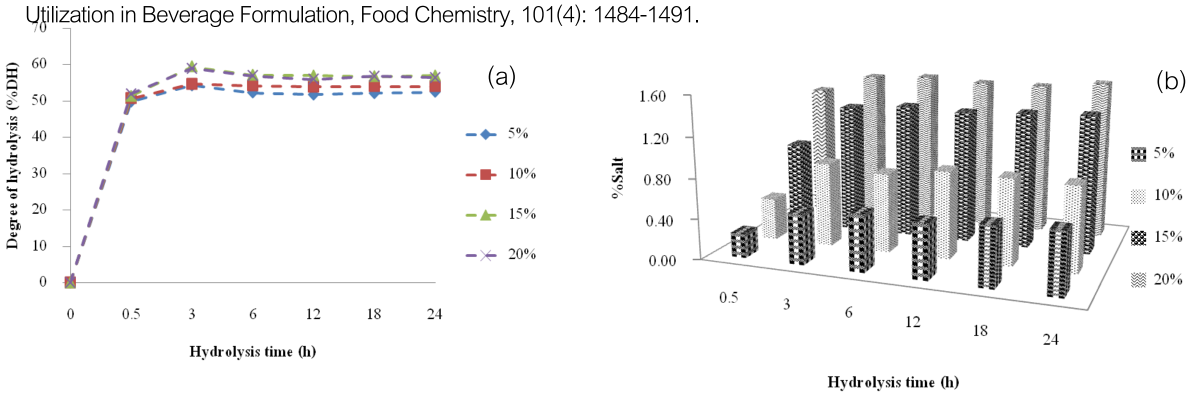


Figure 1 Degree of hydrolysis (a) and salt content (b) of seaweed protein hydrolysate by bromelain at concentration of enzyme: 5, 10, 15 and 20% (%w/w) and hydrolysis time at 0.5, 3, 6, 12, 18 and 24 h

Table 1 Color value of seaweed protein hydrolysate at concentration of enzyme: 5, 10, 15 and 20% (%w/w) and hydrolysis time at 0.5, 3, 6, 12, 18 and 24 h

%enzyme	Time (h)	L*	Hue angle
5	0.5	66.94±0.44	97.29±0.53
	3	67.82±0.20	96.41±0.38
	6	66.40±0.51	97.38±1.02
	12	67.37±0.17	99.16±0.50
	18	66.21±0.90	97.95±0.87
	24	68.17±0.26	98.88±0.78
10	0.5	66.72±0.28	96.66±0.17
	3	66.76±0.09	96.87±0.19
	6	66.83±0.66	96.85±0.83
	12	67.96±0.29	100.01±0.47
	18	67.62±0.22	98.88±0.21
	24	67.20±0.82	96.83±0.39
15	0.5	66.34±0.50	96.71±0.45
	3	67.03±0.81	97.30±0.71
	6	67.73±0.29	98.09±0.11
	12	66.16±0.50	97.66±0.29
	18	65.45±1.82	96.08±1.37
	24	65.39±0.38	97.29±0.48
20	0.5	66.83±0.11	96.52±0.33
	3	66.28±0.19	95.69±0.36
	6	66.40±0.13	95.51±0.22
	12	65.02±0.44	97.90±0.19
	18	65.42±0.33	95.91±0.20
	24	66.24±0.29	94.81±0.19
F-test		ns	ns
C.V. (%)		0.86	1.36
LSD		0.32	1.04

Table 2 Volatile compounds in seaweed protein hydrolysate by 15% bromelain at 3 h

Volatile Compounds	RI	%relative peak area	Odor description*
2-pentyl-furan	1236	1.09	fruity, green
trans-2-(2-pentenyl)furan	1300	8.21	-
3-(methylthio)-propanal	1465	2.85	sulfureous, onion-like
furfural	1474	33.53	bread, almond, sweet
benzaldehyde	1533	3.48	almond, burnt sugar
5-methyl-2-furancarboxaldehyde	1588	2.36	almond, caramel, burnt sugar
benzeneacetaldehyde	1652	1.91	rosy odor
methoxy-phenyl-oxime	1779	5.75	sweet, green
hexanoic acid	1856	2.49	fatty, cheesy, waxy
decanoic acid	2361*	5.03	racid, fat
2,4-bis(1,1-dimethylethyl)phenol	-	11.66	-
5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-2(4H)-benzofuranone	-	13.23	sweet, tea-like
dodecanoic acid	2361*	8.41	fatty

Note: RI = Retention indices, *http://flavournet.org

อิทธิพลของฟอสฟอรัสต่อปริมาณฟีนอลิคและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเซลล์แขวนลอยองุ่น

Effects of Phosphorus on Phenolic Compounds and Antioxidant Activity in *Vitis vinifera* Cell Suspension

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

Abstract

Growth responses, phenolics and 2, 2-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic) radical ($ABTS^+$) activity of *Vitis vinifera* cv. Ribier (Pok Dum) cell suspension were analyzed after treated with potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4) at various concentration (0, 200, 500 and 1,000 mg/L). It was found that the dried biomass was lower than that the control. However, the cell biomass of grape cell suspension culture was the highest (2.44 g/L DW) in cells treated with 1,000 mg/L KH_2PO_4. Total phenolic contents of the cell suspension culture were evaluated by Folin–Ciocalteau method. In cell suspension culture of *V. vinifera*, 200 mg/L KH_2PO_4 favored the phenolics production which accumulated 39.78 mg/g DW in 7 days of cultured. In addition, the highest antioxidant activity ($ABTS^+$) (2.10 mM trolox/100g DW) was detected at the lowest concentration (200 mg/L) of KH_2PO_4.

Keywords: *Vitis vinifera*, phenolics, antioxidant activity, suspension culture

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโต ปริมาณฟีนอลิค และคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี 2, 2-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic) radical ($ABTS^+$) ของ *Vitis vinifera* cv. Ribier (Pok Dum) เมื่อเพาะเลี้ยงแบบเซลล์แขวนลอยที่เติมโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 5 ความเข้มข้นคือ 0, 200, 500, และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าเซลล์แขวนลอยองุ่นมีน้ำหนักแห้งต่ำกว่าชุดควบคุม อย่างไรก็ตามเซลล์แขวนลอยองุ่นมีน้ำหนักแห้งสูงสุดเมื่อเติมโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเท่ากับ 2.44 กรัมต่อลิตร สำหรับปริมาณฟีนอลิคของเซลล์แขวนลอยองุ่นเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin–Ciocalteau พบว่า การเติมโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำเซลล์แขวนลอยขององ่น ให้มีปริมาณ phenolics สูงที่สุด เท่ากับ 39.78 mg/g น้ำหนักแห้งนอกจากนี้การเติมโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในอาหารเหลว 200 มิลลิกรัมต่อลิตรมีผลทำให้เซลล์แขวนลอยองุ่นมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เท่ากับ 2.10 mM trolox/100g น้ำหนักแห้ง

คำสำคัญ: องุ่น ฟีนอลิค สารต้านอนุมูลอิสระ เซลล์แขวนลอย

Introduction

Cell cultures of *Vitis vinifera* have been the subject of many investigations focused on stimulating production of phenolic compounds, which are important secondary metabolites synthesized in plants and function as a defense mechanism in response to various stress factors (Gao *et al.*, 2011). Polyphenols are well-known as antioxidants, veinotonics and they may be determinant in the interest of fruits and vegetables consumptions for prevention of chronic degenerative diseases, especially against atherosclerosis and concretization (Kris-Etherton *et al.*, 2002). Plant cell culture has recently received a lot of attention as an effective technology for the production of valuable secondary metabolites. Plant cell culture produce higher quantities of secondary metabolites, often with different profiles compared to their parent plants (Cai *et al.*,

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University, 49 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

2012). In this study, the effects of various phosphorus elicitors on production of phenolics on grape cell suspension culture were investigated. Antioxidant activity determined by $ABTS^+$ assay was monitored to examine the relationship between the production of desired secondary metabolites and the defense mechanism of the plant. Here, we investigated phosphorus-induced elicitation responses in *V. vinfera* cell suspension culture. In particular, we reported on the cell biomass and the level of accumulation of phenolics.

Materials and Methods

Plant material

Seed was separated from *Vitis vinifera* cv. Ribier (Pok Dum) purchased from Talad Thai Market. Surface cleaning of grape seed was done by soaking in 75% alcohol for 30 s, then by 10% NaOCl for 10 min and 5% NaOCl for 15 min, followed by three sequential rinses for 5 min in sterile distilled water. The seed was subjected into solid Murashige and Skoog (1962) medium (MS) and observed until root and shoot protuberance or emergence which was about 30 days. When shoot and root were 5-6 cm length, they were cut into 5±1 mm segments, and used as explants. The explant was sterile with 75% alcohol for 30 s, then in 10% NaOCl for 10 min and 5% NaOCl for 15 min, followed by three sequential rinses for 5 min in sterile distilled water, similar to surface cleaning of seed. The sterile pieces of shoot and root were subjected into MS medium for initiation to callus.

Suspension culture

MS basal medium containing 0.1 mg/L BA without agar was used for suspension culture. About 200 mg callus tissues were transferred from solidified medium into 150 mL conical flasks containing 50 mL of liquid medium. The cultures were incubated on a rotary shaker operated at 120 rpm.

Effect of potassium dihydrogen phosphate on cell culture

To stimulate phenolic production from cell suspension, potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4) was tested. To investigate the effects of KH_2PO_4, cells were cultured in liquid MS-based medium with KH_2PO_4 at different concentrations (0, 200, 500, and 1,000 mg/L). Cells were collected immediately (time 0) and at 7, 14, 21, 28 days after treated with KH_2PO_4. The harvested cells on the filter paper were used for determination of dry cell weight, phenolic content and antioxidant activity.

Parameters

Analysis plant growth; the biomass = total dry weight/initial volume (g/L)

Analysis of chemical plant; phenolic content (measurement with UV-visible spectrophotometer) and antioxidant activity radical (measurement with reducing properties of 2, 2-azinobis-(3-ethylbenzoline sulfonic); $ABTS^+$).

Results and Discussion

The effects of potassium dihydrogen phosphate with varied concentrations play an important role in biomass accumulations and secondary metabolite productions (Ramachandra and Ravishankar, 2002). Cell growth was monitored by measuring the dry cell weight (DW) at days 0, 7, 14, 21, and 28. In this study, the effect of KH_2PO_4 on 28-day-old cultures grown of grape cell suspension culture is shown in Figure 1. Dry weight of elicited cell culture was lower than that the control. However, the cell dry weight of grape cell suspension culture was the highest in cell treated with 1,000 mg/L KH_2PO_4 (2.44 g/L DW), followed by 200 mg/L KH_2PO_4 which produced 2.20 g/L DW. Similarly high strength of KH_2PO_4favored the optimum of dry weight of *Bacopa monnieri* (L.) (Naik *et al.*, 2010). In cell suspension culture of *V. vinifera,* 200 mg/L KH_2PO_4 favored the phenolics production which accumulated 39.78 mg/g DW in 7 days of cultured but decreased in the 14 days. The KH_2PO_4 500 and 1,000 mg/L enhanced the maximum value of phenolics at day 14^{th} (25.23

and 24.09 mg/g DW, respectively) (Figure 2). Therefore, optimizing macro elements concentrations, especially for phosphate in the culture medium was a key step towards higher production of secondary metabolite in plant cell and organ culture (Preveen *et al.*, 2011). Antioxidant activity of KH_2PO_4 determined by $ABTS^+$ assay (Figure 3) ranged from 0.58-2.10 mM trolox/100g DW. The highest (2.10 mM trolox/100g DW) antioxidant activity was detected at the lowest concentration (200 mg/L) of KH_2PO_4 followed by slightly lower (2.07 mM trolox/100g DW) value at 500 mg/L KH_2PO_4.

Summary

In conclusion, our present study on cultures of cell suspensions of *V. vinifera* has shown that both the biomass and secondary metabolites accumulation were influenced by potassium dihydrogen phosphate. The highest accumulation of biomass was recorded in the medium with $KH_2PO_4$1,000 mg/L and the highest production of phenolic contents was recorded in the medium with 200 mg/L. The highest antioxidant activity ($ABTS^+$) production of 2.10 mM trolox/100g DW in liquid medium supplemented with NH_2NO_3 at 200 mg/L.

Acknowledgments

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

Literature cited

Cai, Z., Kastell, A., Mewis, I., Knorr, D. and Smetanska, I., 2012, Polysaccharide Elicitors Enhance Anthocyanin and Phenolic Acid Accumulation in Cell Suspension Cultures of *Vitis vinifera*, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 108: 401-409.

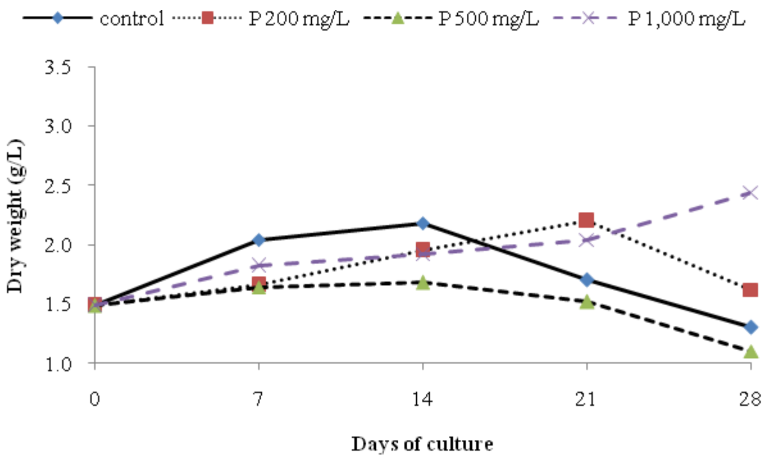
Gao, J.J., Shen, X.F., Zhang, Z., Peng, R.H., Xiong, A.S., Xu, J., Zhu, B., Zheng, J.L. and Yao, Q.H., The myb Transcription Factor *MdMYB6* Suppresses Anthocyanin Biosynthesis in Transgenic Arabidopsis, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 106(2): 235-242.

Kris-Etherton, P.M., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F., Griel, A.E. and Etherton, T.D., 2002, Bioactive Compounds in Foods: Their Role in the Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer, American Journal of Medicine, 113(Suppl 9B): 71S–88S.

Naik, P.M., Manohar, S.H. and Murthy H.N., 2010, Effects of Macro Elements and Nitrogen Source on Biomass Accumulatin and Bacoside a Production from Adventitious Shoot Cultures of *Bacopa monnieri* (L.), Acta Physiologiae Plantarum, 33(4): 1553-1557.

Preveen, N. and Murthy, H.N., 2011, Effects of Macro Elements and Nitrogen Source on Biomass Accumulation and Withanolide-A Production from Cell Suspension Cultures of *Withania somnifera* (L.) Dunal, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 104: 119-124.

Ramachandra, R.S. and Ravishankar, G.A., 2002, Plant Cell Cultures: Chemical Factories for Secondary Metabolites, Biotechnology, Advances, 20(2): 101-153.



Figrue 1 Growth of *V. vinifera* cv Pok Dum cell suspension cultures after elicitor with potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)

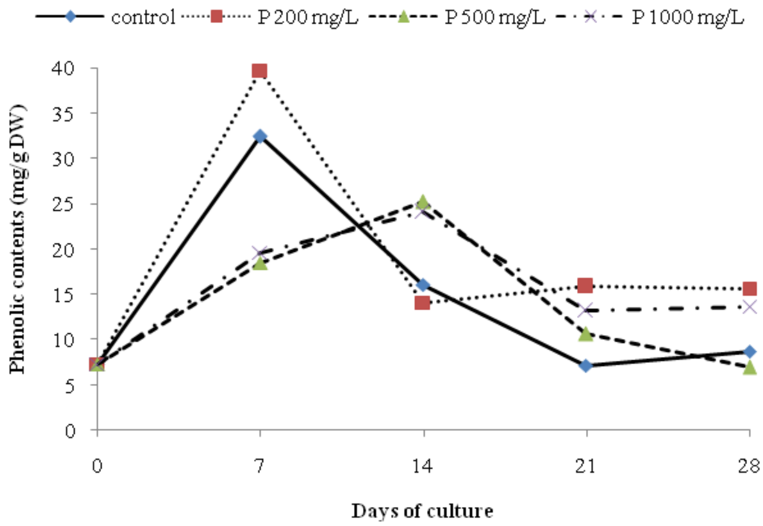


Figure 2 Effect of potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4) on phenolic contents (mg/g DW) of the *Vitis vinifera* cell suspension cultures

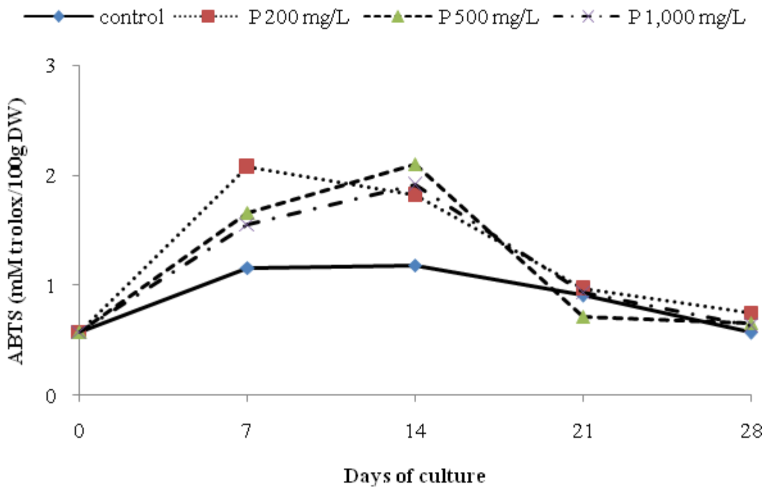


Figure 3 Effect of potassium dihydrogen phosphate level on antioxidant activity measured in $ABTS^+$ and expressed in trolox equivalent (mM trolox/100g DW) of the *Vitis vinifera* cell suspension cultures

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 473-476 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 473-476 (2555)

ผลของระดับการย่อยสลายต่อรสขมของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเขียว

Effect of Degree of Hydrolysis on Bitterness of Mungbean Meal Protein Hydrolysate by Bromelain

ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Sonklin, C.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The present research was to study degree of hydrolysis (DH) effecting on bitterness of enzymatic mungbean meal protein hydrolysate (eb-MPH). Mungbean meal was hydrolysed at 50˚C and pH 6 to obtain various DH with Bromelain at E/S ration 0, 5, 10, 15 and 20% (w/w) and hydrolysis time for 6, 12, 18 and 20 h. Increasing DH resulted in increasing the bitterness for all evaluated treatment combination. The 15% protease for 12 h which was 49.23% DH posed the highest bitterness (Bitterness score = 3.89) whereas the 0% protease (control) for all hydrolysis time which showed the low DH (21-25%) possed the low bitterness (Bitterness score = 1). Moreover, eb-MPH was found the high bitter amino acid content. The phenylalanine presented the highest content, followed by tyrosine, leucine, arginine, histidine, valine, methionine, isoleucine which was 800.97, 555.96, 418.92, 377.59, 196.29, 113.60, 94.13 and 39.55 mg/100 g of protein, respectively.

Keywords: meal protein hydrolysate, mungbean meal, Bromelain, bitterness

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของระดับการย่อยสลายต่อรสขมของโปรตีนสกัดจากกากถั่วเขียว โดยย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์โบรมิเลนความเข้มข้นร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 (w/w) เวลาการย่อยสลาย 6, 12, 18 และ 20 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50˚C และ pH เท่ากับ 6 วัดค่าระดับการย่อยสลายด้วย trichloroacetic acid (TCA) ผลการศึกษาพบว่าเมื่อค่าระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้น โปรตีนสกัดมีรสขมเพิ่มขึ้น โดยที่เอนไซม์โบรมิเลนร้อยละ 15 เวลาการย่อยสลาย 12 ชั่วโมง มีค่าระดับการย่อยสลายเท่ากับร้อยละ 49.23 ให้คะแนนรสขมมากที่สุด (คะแนนรสขม เท่ากับ 3.89) ในขณะที่เอนไซม์โบรมิเลนร้อยละ 0 (ตัวแปรควบคุม) ของทุกๆ ภาวะของการย่อยสลาย มีค่าระดับการย่อยสลายเท่ากับร้อยละ 21-25 ให้คะแนนด้านรสขมต่ำ (คะแนนรสขม เท่ากับ 1) นอกจากนี้ยังพบกรดอะมิโนที่ให้รสขมในโปรตีนสกัดในปริมาณสูง พบฟีนิลอะลานีนในปริมาณสูงสุด รองลงมาคือ ไทโรซีน ลิวซีน อาจีนีน ฮีสทีดีน วาลีน เมทไธโอนีน และไอโซลิวซีน ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 800.97, 555.96, 418.92, 377.59, 196.29, 113.60, 94.13 และ 39.55 mg/100 g โปรตีน ตามลำดับ

คำสำคัญ: โปรตีนสกัด กากถั่วเขียว โบรมิเลน รสขม

Introduction

In general, the flavor of a protein hydrolysate is due to the presence of free amino acids and small/large peptides. Peptides are known to be important to both unprocessed and processed flavors. Peptides of varying structure and length possess unique taste properties including sweet, salty, sour, bitter, and umami (Shahdi *et al.*, 1998). Peptides have unique functional characteristics i.e. solubility, emulsifying ability, flavor property, and biological activity (Chen *et al.*, 2004; Wu *et al.*, 1998). Peptides have been recognized as an important flavor potentiator and precursor of the Maillard reaction, a complex network of chemical reactions between reducing sugars and amino groups of protein. It is strongly influenced by some factors i.e. temperature, time, initial pH and water activity (Ajandouz *et al.*, 2006). The properties of peptides are closely related to their amino acid constituents and their sequences (Chen *et al.*, 1998). Various

[1] สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] Division Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkuntien) 49 Tein-talay Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

researches reported the taste properties of peptides, for example, glutamic acid-rich oligopeptides possess an umami taste. The 500-1000Da fraction (hydrolyzed wheat gluten) added to an umami solution enhanced its strength (Ishi *et al*., 1994). The bitter taste of protein hydrolysates is a major barrier to their use in food stuffs and health care products. The intensity of bitterness is proportional to the number of hydrophobic amino acid in the hydrolysate However, the intact protein or crude protein is not bitter because the hydrophobic part is hidden in the interior of the molecule and is not accessible to taste receptors (Penderson *et al*., 1994). One of Ney model hypothesized that the degree of hydrophobicity was the most important predicator of the peptide bitterness, and thus proposed the Q rule that was defined as the sum of the free energies transfer of the amino acid side chains from ethanol to water, divided by the number of amino acid residues in the peptide ($(Q)=\Sigma\triangle f/n$). Ney found that all bitter peptides identified had Q values >1400 cal/mol molecular masses >6 kDa, whereas all nonbitter peptides found at that time had a Q value <1300 cal/mol and molecular masses <6 kDa (Ney, 1979).

From previous studies, There were reports about the degree of hydrolysis has effected on final product of protein hydrolysate such as protein content, molecular weight, antioxidant activity, sensory profile and bitterness. Although there were reported bitterness of protein hydrolysate in many other plants, but the information in mungbean meal hydrolysate was limited. Therefore, this research was to produce protein hydrolysate from mungbean meal by Bromelain and to study the effect of degree of hydrolysis on bitterness of mungbean meal Protein hydrolysate.

Materials and Methods

The defatted mungbean meal (DMM) was dispersed with sterile water (10 g/100 mL) in 500 mL. The pH was adjusted to pH 6.0 with 2 M NaOH or 2 M HCl. DMM and 5, 10, 15, 20% (w/w) Bromelain solution was incubated in a water bath at 50°C for 5 min before mixing. The control was 0% (w/w) Bromelain. After 5 min, bromelain solution was mixed with DMM and incubated at 50°C in water bath. The reaction will be stopped by heating to 95°C for 15 min. Enzymatic bromelain mungbean meal protein hydrolysates (eb-MPH) were filtered through filter paper. The filtrate of eb-MPH was collected and analyzed for as following; Degree of hydrolysis (% DH) using TCA according to Flavia *et al* (1998) and sensory analysis.

Descriptive sensory analysis of eb-MPHs aroma characteristics was obtained by using 15 semi-panelists. All semi-panelists had previously received training in descriptive sensory analysis with more than 20 h of experience in sensory analysis of various food samples. The eb-MPH paste (1 mL) was prepared by dissolving in 10 mL of water at room temperature. Scores of eb-MPH were qualitative descriptive, with a 5-point scoring test of meaty flavor, bouillon flavor, chicken flavor, pork flavor, smoky flavor, bitter taste, salty taste, sweet taste, sour taste, spicy, umami and overall acceptance. Sensory analysis was conducted based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications. Means were compared to Duncan's multiple range test (DMRT) by SAS Program Version 6.0. Furthermore, regression analysis was to determine the effect of DH on bitterness score.

Results and Discussion

The result of the relationship between degree of hydrolysis and bitterness (Figure 1) shows that the degree of hydrolysis increased, the bitterness increased for early period to 38%. After that the degree of hydrolysis was quite constant because of product inhibition. Fiveteen percentage of Bromelain at hydrolysis time for 12 h, which was 49.23% of degree of hydrolysis, posed the highest bitterness(Bitterness score = 3.89). Moreover, there was found 16 amino acids in mungbean protein hydrolysate (Table 1). Phenylalanine presented the highest content, followed by tyrosine, leucine, arginine, histidine, valine, methionine, isoleucine,

respectively. They are hydrophobic amino acid which possed the bitterness. The eb-MPH showed a higher hydrophobic amino acid profile than hydrophilic amino acid. The reasons for these results could be that Bromelain is an endoprotease, which is a sulfhydryl enzyme. The catalytic activity of stem bromelain has been shown to catalyze the hydrolysis of N2- benzoyl-L-arginine ethyl ester and N2-benzoyl-L-arginine amide via an acyl-enzyme mechanism. Bromelain has a similar interaction to papain, which is cleaved between a hydrophobic and suitable leaving group (alcohol, amine, amino acid or peptide), which are good substrates. In particular, substrates having phenyalanine at the hydrophobic position were found to be most effective (Wharton, 1974).

The bitter taste in the eb-MPH might be occurred from proportion the number of hydrophobic amino acid in the hydrolysate. The Bromelain is endoprotease which is capable of cutting peptide bonds inside a protein structure. Matoba and Hata (1972) also proposed that the bitterness was caused of peptides with high content of hydrophobic amino acids, regardless of their primary structure. The higher the content of hydrophobic amino acids in a certain protein, the more pronounced its tendency to form bitter peptides. Belitz *et al.* (1979) confirmed that hydrophobicity was essential for the bitter taste and established a quantitative relationship between the bitterness of amino acids, di- and tripeptides, and their hydrophobicity.

Summary

The degree of hydrolysis had influenced on bitterness of mungbean protein hydrolysate by Bromelain. The degree of hydrolysis increased, the bitterness increased for early period to 38% DH. Although, mungben protein hydrolysate poss the biiterness, it is in acceptanceable range of consumer and has a good taste and.

Literature cited

Ajandouz, E.H., Tchiakpe, L.S., Ore, F.D., Benajiba, A. and Puigserver, A., 2006, Effects of pH on Caramelization and Maillard Reaction Kinetics in Fructose-lysine Model Systems, Journal of Food Science, 66: 926-931.

Belitz, H.D., Chen, W., Jugel, H., Treleano, R., Wieser, H., Gasteiger, J. and Marsili, M, 1979, Sweet and Bitter Compounds: Structure and Taste Relationship, ACS Symposium Series, 115: 93-131.

Chen, H.M., Muramoto, K., Yamauchi, F., Fujimoto, K. and Nokihara, K., 1998, Antioxidative properties of histidine-containing peptides designed from peptide fragments found in the digests of soybean proteins, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 49-53.

Chen, J.R., Yang, S.C., Suetsuna, K. and Chao, J.C.J., 2004, Soybean Protein-derived Hydrolysate Affects Blood Pressure in Spontaneously Hypertensive Rats, Journal of Food Biochemistry, 28: 61–73.

Flavia, M.N. and Maria, A., 1998, Production and Characterization of Enzymatic Hydrolysate from Soy Protein Isolate. LWT-Food Science and Technology, 31: 624-631.

Ishi, Kl, Nishimura, T., Ono, T., Hatae, Kl. and Shimada, J., 1994, Taste of Peptides in Wheat Gluten Hydrolyzate by Protease, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 35: 340-346.

Matoba, T. and Hata, T., 1972, Relationship between Bitterness of Peptides and Their Chemical Structures. Agricutural Biological and Chemistry, 37(8): 1423-1431.

Ney, K.H., 1979, Bitterness of Peptides: Amino acid Composition and Chain Length. American Chemical Society Symposium Series, 115: 149-173.

Penderson, B., 1994, Removing bitterness from Protein Hydrolysates, Food Technology, 48, 76, 96-98.

Shahidi, F., 1998, Flavor of Meat, Meat Products, and Sea Foods (2nd ed.), London, Blackie Academic and Professional.

Wharton, W.C., 1974, The Structure and Mechanismof Stem Bromelain Evaluation of the Homogeneity of Purified Stem Bromelain, Determination of the Molecular Weight and Kinetic Analysis of the Bromelain-catalysed Hydrolysisi of N-benzyloxycarbonyl-L-phenylalanyl-L-serine Methyl Ester. Biochemical Journal, 143: 575–1974.

Wu, W.U., Hettiarachchy, N.S. and Qi, M., 1998, Hydrophobicity, Solubility, and Emulsifying Properties of Soy Protein Peptides Prepared by Papain Modification and Ultra Filtration, Journal of the American Oil Chemists' Society, 75: 845-850.

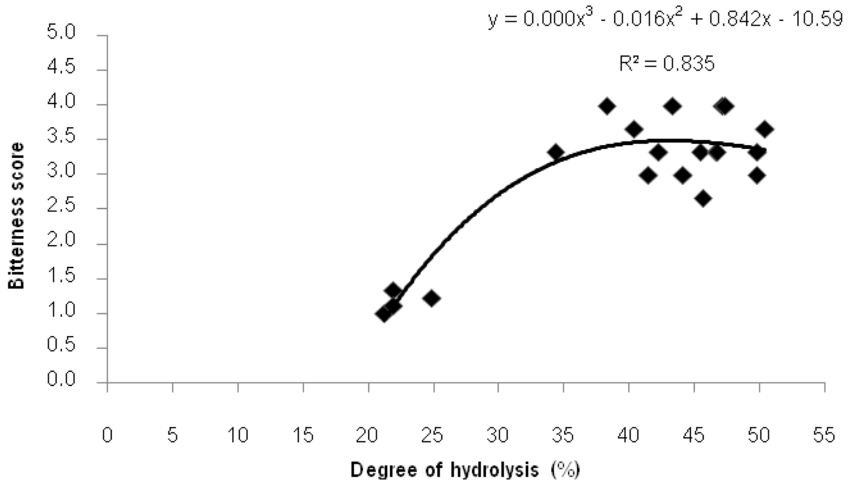


Figure 1 The bitterness score of eb-MPH with the different of the degree of hydrolysis

Table 1 The amino acid composition in eb-MPH hydrolyzed by 15% Bromelain for 12 h

Amino acid	Amino acid	
	mg/100 g protein	amino acid (%)
Aspartic acid	55.68	1.45
Glutamic acid	161.64	4.22
Serine	188.90	4.93
Glycine	86.25	2.25
Histidine	196.29	5.12
Arginine	377.59	9.85
Threonine	244.54	6.38
Alanine	202.19	5.27
Proline	25.45	0.66
Cysteine	0	0
Tyrosine	555.96	14.49
Valine	113.60	2.96
Methionine	94.13	2.45
Lysine	273.66	7.13
Isoleucine	39.55	1.04
Leucine	418.92	10.92
Phenylalanine	800.97	20.88
Total	3835.32	100

ดัชนีทางเคมีในการวัดสารประกอบซัลเฟอร์

Chemical Sense for Sulfur Compounds

อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Niponsak, A.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Sulfur compounds have been used as chemical sense for indicating chemical and quality variation of fruits and vegetables. The objective of this research was to examine chemical changes by chemical reaction or chemical sense between volatile of sulfur compounds (dimethylsulfide and propyldisulfide) and potassium permanganate or methylene blue at concentration of 6.25, 12.5, 25 and 50% w/v. Results revealed that chemical sense made from high concentration of potassium permanganate was clearly changed from cream color to white color when exposed to volatile of sulfur compounds. In contrast, color from chemical sense made from all concentration of methylene blue dye indicators did not change.

Keywords: chemical sense, sulfur compounds, potassium permanganate, methylene blue

บทคัดย่อ

สารประกอบซัลเฟอร์ใช้เป็นดัชนีทางเคมีในการระบุการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และคุณภาพของพืชผักผลไม้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยให้ไอระเหยของสารประกอบซัลเฟอร์ (dimethylsulfide และ propyldisulfide) ทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และเมทิลีนบูล ความเข้มข้น 6.25, 12.5, 25 และ 50% w/v พบว่าดัชนีทางเคมีจากโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตความเข้มข้นสูงมีการเปลี่ยนแปลงจากสีครีมไปเป็นสีขาวอย่างชัดเจนเมื่อสัมผัสกับสารระเหยของสารประกอบซัลเฟอร์ ในทางตรงกันข้ามดัชนีทางเคมีจากเมทิลลีนบลูทุกความเข้มข้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี

คำสำคัญ: ดัชนีทางเคมี สารประกอบซัลเฟอร์ โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เมทิลีนบูล

Introduction

Sulfur is a mineral, which occurs naturally in some plants, including grains, fruits and vegetables. Sulfur is especially important nutrient because it forms organic compounds in the plant that gives flavor to vegetables and fruit. Sulfur containing fruits included coconut, banana, durian, pineapple and watermelon. Broccoli and additional vegetables in the same family, including brussels sprouts, cabbage and watercress contain sulfur (Lawrence *et al.*, 2000). Some research revealed that sulfur compound content in fruit and vegetable changed during ripening, sulfur compound changed can be used to indicate the ripeness and quality of fruit and vegetable. Recently, there has been much interested in the development of real time, portable and optical of sulfur compounds detectors (Tanda *et al.*, 2007). While there are many commercially available sulfur compounds sensors, none are colorimetric, inexpensive, and disposable sensors capable of detecting a sulfur compounds at ambient temperature (Wallace *et al.*, 2007). There is a wealth of opportunities for the development of sulfur detection procedures. A survey of the literature reveals that, in terms of papers published, spectroscopic procedures are electrochemical and chromatographic techniques. A brief survey of some of the developments in sulfur compounds gas sensing technologies has been included, but it comprised a minor component of colorimetric indicator. So, the objective of this research was investigated a chemical sense undergo a color change upon interacting with sulfur compounds.

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซ.เทียนทะเล 25 ถ.บางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

Materials and Methods

Chemical dye preparation: Dye indicators are prepared by entrapping selected Indicator solution formulas following this table:

Indicator solution formulas	specification
1. Methylene blue in water	Methylene blue made up as 6.25, 12.5 , 25 and 50 % (w/v) in distilled water
2. Methylene blue in ethanol	Methylene blue 0.1%(w/v) dissolved in 50% ethanol
3. Potassium permanganate in water	Potassium permanganate made up as 6.25, 12.5 , 25 and 50 %(w/v) in distilled water
4. Potassium permanganate in ethanol	Potassium permanganate 0.1%(w/v) dissolved in 50% ethanol
5. Mixture dye indicator dissolved in water	Potassium permanganate 50% (w/v) in distilled water mixed with methylene blue 50% (w/v) in distilled water (1:1)
6. Mixture dye indicator dissolved in ethanol	Potassium permanganate 0.1%(w/v) in 50% ethanol mixed with methylene blue 0.1%(w/v) in 50% ethanol (1:1)

Chemical dye sense changes reacted with sulfur compounds: All indicator solution formulas were entrapped within filter paper. The dye indicator papers were left overnight in the dark at 29^{o}C, after individual 3x5 mm dye indicator papers were attached to inner side and the lid of plastic box which contained dimethylsulfide and propyldisulfide. Water was contained in another plastic box as reference. The samples were storage at room temperature (29^{o}C) and the color change of dye indicator papers were recorded using the CIE-L*, a*, b*, hue angle and chroma values.

Results and Discussion

The result showed that colors of chemical sense made from methylene blue dissolved in distilled water and ethanol were not changed during 3 days of storage period at ambient temperature (29^{o}C) (Table 1 and 2). Hue angle of chemical sense made from potassium permanganate dissolved in distilled water and ethanol on filter paper was changed from 83.71 to 295.31 and chroma decreased from 12.54 to -0.22 when exposed to dimethylsulfide and propyldisulfide for 1 day at 29^{o}C (Table 3 and 4). The color of filter paper changed from cream to white. The phenomenon was induced by strong oxidizing property of potassium permanganate (Castro *et al.*, 2004). The chemical reaction between sulfur compounds and potassium permanganate was following equation:

Sulfur compounds +2$KMnO_4$ $\rightarrow$ 3S + 2H_2O + 2KOH + 2MnO_2

When dimethylsulfide and propyldisulfide were replaced by water in plastic box, the colors of all indicator solution formulas not changed. This result indicated that the color changed of permanganate dye indicator was changed as a result of sulfur compounds. When mixture dye indicators were used, the result proposed that the color of all mixture dye indicator did not change when tested with dimethylsulfide and propyldisulfide until the end of storage (Table 5).

Summary

The color of the chemical sense molecules made from potassium permanganate dissolved in when distilled water and coated on filter paper was changed from cream color to white color when exposed to volatile of sulfur compounds until the end of storage. It was concluded that sulfur compounds reacting with potassium permanganate could act as chemical sense for indicating fruit and vegetable quality.

Acknowledgements

This research was supported by a grant from the Thailand Research Fund through the Royal Golden Jubilee Ph.D Program (Grant No. PHD/0324/2550) to student’s initials and advisor’s initials is acknowledged.

Literature cited

Castro, R., Natera, R., Benitez, P. and Barroso, C.G., 2004, Comparative Analysis of Volatile Compounds of 'fino' Sherry Wine by Rotatory and Continuous Liquid–liquid Extraction and Solid-phase Microextraction in Conjunction with Gas Chromatography-mass Spectrometry. Analytica Chimica Acta, 513: 141–150.

Lawrence, N.S., Davis, J. and Compton, R.G., 2000, Analytical Strategies for the Detection of Sulfide: a Review., Talanta, 52: 771–784

Tanda, N., Washio, J., Ikawa, K., Suzuki, K., Koseki, T. and Iwakura, M., 2007, A New Portable Sulfide Monitor with a Zinc-oxide Semiconductor Sensor for Daily Use and Field Study, Journal of Dentistry, 35: 552–557.

Wallace, K.J., Cordero, S.R., Tan, C.P., Lynch, V.M. and Anslyn, E.V., 2007, A Colorimetric Response to Hydrogen Sulfide, Journal Sensors and Actuators B: Chemical, 120: 362–367.

Table 1 The color changes of methylene blue dye indicator or potassium permanganate in distilled water entrapped in filter paper tested with dimethylsulfide, propyldisulfide and water at room temperature

Chemical dye	Concentration (%w/v)	Storage period (day)	L*	a^{*ns}	b*	C*	h^{o}
Methylene blue	6.25	Initial	$84.36^{a}\pm0.91$	-15.74 ± 0.09	$-14.20^{b}\pm0.07$	$21.20^{b}\pm0.73$	$222.05^{b}\pm3.52$
		1	$84.47^{a}\pm0.45$	-15.67 ± 0.06	$-14.06^{b}\pm0.03$	$21.05^{b}\pm0.82$	$221.89^{b}\pm4.20$
		2	$84.49^{a}\pm0.63$	-15.70 ± 0.04	$-14.06^{b}\pm0.06$	$21.07^{b}\pm0.55$	$221.85^{b}\pm4.85$
		3	$84.53^{a}\pm0.13$	-15.67 ± 0.06	$-14.03^{b}\pm0.02$	$21.04^{b}\pm0.52$	$221.85^{b}\pm5.06$
	12.5	Initial	$80.11^{b}\pm0.22$	-16.64 ± 0.02	$-18.21^{b}\pm0.09$	$24.67^{b}\pm0.48$	$227.59^{b}\pm3.13$
		1	$80.27^{b}\pm0.40$	-16.48 ± 0.12	$-17.95^{b}\pm0.32$	$24.37^{b}\pm0.29$	$227.43^{b}\pm5.89$
		2	$80.15^{b}\pm0.11$	-16.73 ± 0.09	$-18.26^{b}\pm0.74$	$24.76^{b}\pm0.26$	$227.50^{b}\pm4.22$
		3	$80.15^{b}\pm0.44$	-16.73 ± 0.03	$-18.26^{b}\pm0.26$	$24.77^{b}\pm0.77$	$227.50^{b}\pm1.85$
	25	Initial	$71.57^{c}\pm0.16$	-16.95 ± 0.04	$-26.04^{a}\pm0.73$	$31.07^{a}\pm0.40$	$236.95^{a}\pm2.75$
		1	$71.57^{c}\pm0.21$	-16.95 ± 0.11	$-26.05^{a}\pm0.26$	$31.08^{a}\pm0.19$	$236.94^{a}\pm3.69$
		2	$72.34^{c}\pm0.35$	-17.09 ± 0.08	$-25.48^{a}\pm0.17$	$30.48^{a}\pm0.60$	$236.14^{a}\pm2.54$
		3	$71.86^{c}\pm0.14$	-16.99 ± 0.06	$-25.76^{a}\pm0.57$	$30.86^{a}\pm0.83$	$236.59^{a}\pm6.85$
	50	Initial	$64.20^{d}\pm0.22$	-14.58 ± 0.12	$-29.66^{a}\pm0.62$	$33.05^{a}\pm0.61$	$243.82^{a}\pm3.33$
		1	$63.85^{d}\pm0.28$	-14.44 ± 0.13	$-29.93^{a}\pm0.43$	$33.23^{a}\pm0.79$	$244.25^{a}\pm5.49$
		2	$63.72^{d}\pm0.27$	-13.52 ± 0.06	$-31.24^{a}\pm0.69$	$34.04^{a}\pm0.44$	$246.59^{a}\pm8.54$
		3	$63.71^{d}\pm0.23$	-13.50 ± 0.04	$-31.25^{a}\pm0.67$	$34.05^{a}\pm0.41$	$246.63^{a}\pm8.50$
$KMnO_4$	6.25	Initial	$94.52^{a}\pm0.63$	$0.02^{c}\pm0.06$	$3.72^{c}\pm0.18$	$3.72^{c}\pm0.03$	$89.70^{b}\pm1.21$
		1	$96.19^{a}\pm0.76$	$0.13^{c}\pm0.02$	$-0.32^{d}\pm0.01$	$0.35^{d}\pm0.01$	$292.23^{a}\pm2.46$
		2	$96.19^{a}\pm0.48$	$0.13^{c}\pm0.05$	$-0.33^{d}\pm0.01$	$0.36^{d}\pm0.01$	$290.71^{a}\pm2.64$
		3	$96.18^{a}\pm0.32$	$0.12^{c}\pm0.01$	$-0.32^{d}\pm0.01$	$0.35^{d}\pm0.02$	$290.96^{a}\pm2.76$
	12.5	Initial	$94.52^{a}\pm0.55$	$0.02^{c}\pm0.06$	$3.74^{c}\pm0.04$	$3.74^{c}\pm0.04$	$89.64^{b}\pm1.87$
		1	$96.15^{a}\pm0.51$	$0.11^{c}\pm0.08$	$-0.18^{d}\pm0.01$	$0.21^{d}\pm0.01$	$302.17^{a}\pm3.69$
		2	$96.16^{a}\pm0.29$	$0.10^{c}\pm0.03$	$-0.17^{d}\pm0.01$	$0.20^{d}\pm0.01$	$301.53^{a}\pm3.07$
		3	$96.15^{a}\pm0.37$	$0.11^{c}\pm0.06$	$-0.18^{d}\pm0.12$	$0.21^{d}\pm0.02$	$302.21^{a}\pm5.98$
	25	Initial	$90.56^{b}\pm0.51$	$0.62^{b}\pm0.02$	$9.14^{b}\pm0.02$	$9.16^{b}\pm0.05$	$86.09^{c}\pm2.22$
		1	$96.14^{a}\pm0.15$	$0.13^{c}\pm0.07$	$-0.14^{d}\pm0.01$	$0.19^{d}\pm0.01$	$314.04^{a}\pm2.19$
		2	$96.17^{a}\pm0.26$	$0.14^{c}\pm0.12$	$-0.30^{d}\pm0.01$	$0.33^{d}\pm0.02$	$294.23^{a}\pm2.97$
		3	$96.17^{a}\pm0.43$	$0.13^{c}\pm0.08$	$-0.30^{d}\pm0.01$	$0.33^{d}\pm0.01$	$294.08^{a}\pm1.58$
	50	Initial	$87.15^{b}\pm0.71$	$1.37^{a}\pm0.06$	$12.46^{a}\pm0.06$	$12.54^{a}\pm0.04$	$83.71^{d}\pm1.67$
		1	$96.19^{a}\pm0.31$	$0.13^{c}\pm0.09$	$-0.28^{d}\pm0.02$	$0.31^{d}\pm0.02$	$293.84^{a}\pm3.97$
		2	$96.19^{a}\pm0.56$	$0.11^{c}\pm0.07$	$-0.28^{d}\pm0.01$	$0.31^{d}\pm0.02$	$291.64^{a}\pm2.41$
		3	$96.16^{a}\pm0.73$	$0.10^{c}\pm0.05$	$-0.22^{d}\pm0.01$	$0.24^{d}\pm0.01$	$295.31^{a}\pm3.50$

$^{a, b, c, \cdots}$ letters indicate significantly different ($P\leq0.05$) values; ^{ns} letters indicate non-significantly different ($P>0.05$) values

Table 2 Color changes of 0.1% (w/v) methylene blue or potassium permanganate in ethanol entrapped in filter paper tested with dimethylsulfide (g), propyldisulfide (g) and water

Chemical dye	Sample	Storage period (day)	L*^{ns}	a*^{ns}	b*^{ns}	C*^{ns}	h$^{o\ ns}$
Methylene blue	dimethylsulfide(g)	Initial	56.13±0.11	-8.51±0.11	-37.24±0.21	38.20±0.16	257.13±1.32
		1	56.32±0.15	-8.64±0.15	-37.10±0.19	38.09±0.22	256.89±2.41
		2	56.28±0.21	-8.61±0.21	-37.15±0.11	38.14±0.04	256.95±1.53
		3	56.26±0.23	-8.61±0.19	-37.17±0.30	38.15±0.19	256.96±3.11
	propyldisulfide(g)	Initial	56.13±0.17	-8.48±0.31	-37.23±0.41	38.18±0.20	257.17±1.97
		1	56.32±0.19	-8.64±0.17	-37.10±0.18	38.09±0.32	256.89±3.54
		2	56.28±0.13	-8.60±0.14	-37.17±0.22	38.15±0.57	256.89±3.12
		3	56.26±0.21	-8.58±0.18	-37.17±0.17	38.15±0.36	257.01±4.21
	water	Initial	56.13±0.25	-8.50±0.06	-37.22±0.44	38.18±0.02	257.14±1.88
		1	56.32±0.29	-8.63±0.03	-37.09±0.72	38.08±0.55	256.90±5.74
		2	56.29±0.27	-8.62±0.08	-37.15±0.59	38.13±0.31	256.94±3.66
		3	56.26±0.18	-8.61±0.06	-37.16±0.33	38.15±0.42	256.96±4.78
$KMnO_4$	dimethylsulfide	Initial	86.61^{b}±0.25	1.43^{a}±0.01	12.74^{a}±0.12	12.82^{a}±0.11	83.62^{b}±1.11
		1	95.38^{a}±0.21	0.04^{b}±0.00	1.76^{b}±0.02	1.76^{b}±0.01	88.69^{a}±2.20
		2	95.21^{a}±0.32	0.03^{b}±0.00	2.11^{b}±0.01	2.11^{b}±0.02	89.15^{a}±2.19
		3	95.31^{a}±0.14	0.03^{b}±0.00	1.87^{b}±0.01	1.87^{b}±0.01	89.12^{a}±1.68
	propyldisulfide	Initial	86.61^{b}±0.20	1.42^{a}±0.01	12.76^{a}±0.05	12.85^{a}±0.05	83.68^{b}±1.75
		1	95.38^{a}±0.15	0.03^{b}±0.00	1.74^{b}±0.02	1.74^{b}±0.01	88.94^{a}±3.66
		2	95.22^{a}±0.17	0.02^{b}±0.00	2.12^{b}±0.03	2.12^{b}±0.01	89.41^{a}±2.54
		3	95.30^{a}±0.12	0.03^{b}±0.00	1.85^{b}±0.01	1.89^{b}±0.01	89.16^{a}±1.69
	water	Initial	86.72^{b}±0.23	1.41^{a}±0.01	12.66^{a}±0.06	12.73^{a}±0.04	83.66^{b}±2.10
		1	86.85^{b}±0.29	1.38^{a}±0.02	12.50^{a}±0.11	12.58^{a}±0.05	83.69^{b}±2.99
		2	86.85^{b}±0.27	1.38^{a}±0.01	12.49^{a}±0.15	12.57^{a}±0.06	83.71^{b}±3.02
		3	86.82^{b}±0.34	1.38^{a}±0.01	12.50^{a}±0.12	12.58^{a}±0.01	83.71^{b}±4.58

$^{a, b, c, \ldots}$ letters indicate significantly different (P≤0.05) values; ^{ns} letters indicate non-significantly different (P>0.05) values

Table 3 Color changes of 50%(w/v) mixture dye indicator in distilled water or ethanol (ratio 1:1) entrapped in filter paper test with dimethylsulfide (g), propyldisulfide (g) and water

Chemical dye	Sample	Storage period (day)	L*^{ns}	a*^{ns}	b*^{ns}	C*^{ns}	h$^{o\ ns}$
Mixture dye indicator in distilled water	dimethylsulfide	Initial	62.92±0.54	-16.22±0.19	-26.12±0.53	30.74±0.63	238.16± 5.32
		1	62.88±0.47	-16.21±0.16	-26.14±0.72	30.76±0.28	238.20±2.35
		2	62.85±0.75	-16.19±0.18	-26.15±0.56	30.75±0.92	238.23±3.66
		3	62.85±0.87	-16.21±0.21	-26.14±0.29	30.76±0.52	238.19±4.19
	propyldisulfide	Initial	62.89±0.58	-16.21±0.11	-26.13±0.93	30.75±0.70.	238.17±5.77
		1	62.85±0.35	-16.18±0.15	-26.15±0.84	30.75±0.99	238.24±2.35
		2	62.83±0.79	-16.18±0.09	-26.16±0.72	30.76±0.48	238.27±4.73
		3	62.84±0.37	-16.19±0.31	-26.15±0.99	30.76±0.52	238.23±2.44
	water	Initial	62.87±0.79	-16.20±0.62	-26.15±0.43	30.76±0.47	238.23±6.42
		1	62.86±0.27	-16.19±0.55	-26.14±0.33	30.75±0.89	238.23±2.53
		2	62.83±0.74	-16.18±0.83	-26.17±0.80	30.77±0.32	238.28±3.96
		3	62.84±0.38	-16.20±0.33	-26.15±0.51	30.76±0.27	238.22±1.46
Mixture dye indicator in ethanol	dimethylsulfide	Initial	63.15±0.69	-15.80±0.64	-25.14±0.99	29.69±0.81	237.85±1.78
		1	63.10±0.63	-15.79±0.44	-25.15±0.40	29.70±0.64	237.87±3.56
		2	63.26±0.36	-15.84±0.52	-25.10±0.17	29.68±0.18	237.74±2.86
		3	63.10±0.58	-15.76±0.71	-25.16±0.57	29.69±0.20	237.95±2.64
	propyldisulfide	Initial	63.14±0.72	-15.80±0.94	-25.14±0.18	29.69±0.47	237.85±1.89
		1	63.00±0.39	-15.72±0.96	-25.21±0.48	29.71±0.21	238.05±3.56
		2	63.16±0.69	-15.78±0.89	-25.14±0.19	29.68±0.54	237.89±4.72
		3	63.26±0.38	-15.86±0.53	-26.07±0.36	29.66±0.75	237.67±1.68
	water	Initial	63.12±0.83	-15.79±0.62	-25.14±0.52	29.69±0.76	237.88±2.59
		1	63.19±0.70	-15.85±0.82	-25.09±0.75	29.68±0.25	237.72±4.13
		2	63.09±0.27	-15.74±0.85	-25.18±0.66	29.69±0.73	237.98±3.04
		3	63.18±0.59	-15.86±0.48	-25.07±0.19	29.67±0.84	237.69±1.40

$^{a, b, c, \ldots}$ letters indicate significantly different (P≤0.05) values; ^{ns} letters indicate non-significantly different (P>0.05) values

ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อสารหอมระเหยและคุณภาพทางกายภาพ-เคมี ของทุเรียนตัดแต่งสดระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Calcium Chloride on Volatile Compounds and Physiochemical Properties of Fresh-Cut Durian During Storage

อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Niponsak, A.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Volatile compounds and physicochemical qualities of fresh-cut fruits are an important role for consumer acceptance. This research was to evaluate the effect of $CaCl_2$ on the volatile compounds and physicochemical changes of fresh-cut durian cv. Mong Thong during storage under refrigerated conditions (10°C±1). Both of fresh-cut durian was soaked in 0% (control) and 2% $CaCl_2$ for 3 min, the predominant volatile compounds were sulfur containing compounds, alcohols and ester through 15 days of storage period. Although ethyl alcohol of fresh-cut durians subjected with 0% and 2% $CaCl_2$ was increased, the sulfur containing compounds and ester were decreased. The responses of fresh-cut durian subjected with 0% and 2% $CaCl_2$ were not different (p>0.05) in pH, titratable acidity, total soluble solid (°Brix), sugar content and fruit color. However, effect of 2% $CaCl_2$ could maintain weight loss, firmness and volatile compounds of fresh-cut durian for 11 days at 10°C compared to control which could be stored for 7 days.

Keywords: fresh-cut durian, calcium chloride, volatile compounds, storage

บทคัดย่อ

สารหอมระเหยและคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลไม้ตัดแต่งสดมีความสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงของสารหอมระเหยและคุณภาพทางเคมี-กายภาพของทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งสด เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10°C±1) พบว่าทุเรียนตัดแต่งสดที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ 0% (control) และ 2% นาน 3 นาที มีสารหอมระเหยหลัก ได้แก่ สารประกอบซัลเฟอร์ แอลกอฮอล์ และเอสเทอร์ ตลอดระยะเวลาการเก็บ 15 วัน ทุเรียนตัดแต่งสดทั้งแบบแคลเซียมคลอไรด์ 0% และ 2% มีปริมาณ ethyl alcohol เพิ่มขึ้น ขณะที่สารประกอบซัลเฟอร์ และเอสเทอร์ มีปริมาณลดลง ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า pH ความเป็นกรด ปริมาณของแข็งทั้งหมด (°Brix) ปริมาณน้ำตาลและ ค่าสี ของทุเรียนตัดแต่งสดทั้งแบบแช่ด้วยแคลเซียมคลอไรด์ 0% และ 2% ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) อย่างไรก็ตามแคลเซียมคลอไรด์ 2% สามารถรักษาค่าการสูญเสียน้ำหนัก ค่าความแน่นเนื้อ และสารหอมระเหยของทุเรียนตัดแต่งสดได้นาน 11 วัน ที่อุณหภูมิ10°C ซึ่งมากกว่า control ที่เก็บรักษาได้ 7 วัน

คำสำคัญ: ทุเรียนตัดแต่งสด แคลเซียมคลอไรด์ สารหอมระเหย การเก็บรักษา

Introduction

Thailand has wide varieties of tropical fruits. Those fruits are popular due to high nutritional value, exotic taste and flavor. Fruit ripening and storage involved many biochemical changes, including increased respiration and ethylene production. These metabolic activities lead to change in volatile compounds and physicochemical properties of fruit which influenced the final acceptance by consumer. But the most easily perceptive changes during the storage were those related to aroma volatiles. Flavor studies in different fruit have been interested due to their relationship with quality of fruit. As a result, there are many researches of volatile compounds change of fruit during storage such as apricot, kiwifruit, melon, and litchi, including durian in the whole fruit (Chin *et al*., 2007). Durian is a king of fruit which contains high nutritional value and bioactive compounds (Voon *et al*., 2007). But durian has thick fruit peel and difficult to observe the change of

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

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

volatile compounds and physicochemical properties of the whole fruit. The fresh-cut durian was applied for detecting the fruit quality during display on the shelf and easy to eat. Although previous research on the volatile compounds change during storage of durian fruits had been studied, the monitoring and extending shelf life of fresh cut durian has limited. The extending shelf life of fresh-cut fruits has many methods such as MAP, edible coating and irradiation. But the uncomplicated method is storage at low temperature. Low temperature storage could slowed down most microbial growth and was effective in reducing enzyme activity as well as reducing respiration and ethylene production rates of minimally processed product (Hanekom *et al*., 2010). Furthermore, Dipping treatments also used to extend the shelf life of fresh-cut fruits, especially $CaCl_2$. Calcium was an element affecting fruit quality and preservation. Calcium was utilized for maintaining fruit qualities, preventing softening, reducing the rate of rottenness and prolonging shelf life (Vicente *et al*., 2007). Durian is the most important seasonal fruit in tropical Asia, but there was on report on investigations of fresh cut durian storaged and maintained quality using $CaCl_2$. Thus, this study aimed to investigate the effect of $CaCl_2$ on durian pulp during storage by determination of the volatile compounds and physicochemical changes during storage.

Materials and Methods

Plant materials preparation: Durian was harvested at 80% of maturity. Durian fruits were dehusked. After that, fruit pulps were dipped in 500 ppm clorox for 5 min for preventing initial microorganism and twice cleaned with water and left to dry. Then durian pulps were dipped in 2%$CaCl_2$ for 3 min and control was not dipped in $CaCl_2$,after that the pulps were packed. The volatile compounds and physicochemical changes of durian pulp were measured 2 days interval at refrigerated conditions ($10^{o}C \pm 1$). All data are the mean of triplicates.

Isolation of volatile compounds using headspace-solid-phase microextraction gas chromatography (HS-SPME-GC-MS): A 50/30µm DVB/CAR/PDMS fiber (Supelco, USA) was used. Five grams of durian pulp were transferred into a vial and heated at $50^{o}C$ for 10 min. Sampling time was 20 min at $50^{o}C$ and desorption at $240^{o}C$ for 7 min. GC-MS was performed on a durian sample using 7890A gas chromatograph coupled to a mass spectrometer (USA). A DB-WAX column (J&W, USA) was used. The temperature program was initial temperature $40^{o}C$ for 0 min, and then raised to $200^{o}C$ at rate $5^{o}C$ min^{-1}, and held at $200^{o}C$ for 2 min. Data was identified according to NIST and Wiley library. Compounds were then confirmed by GC retention time, Kovats index, Mass spectra, and alkanes standard (C_8-C_{20}).

Color assessment and fruit firmness: The durian pulp color was determined by Hunter Lab Colorimeter. L* (brightness), a* (+a = red,-a = green), b* (+b = yellow,-b = blue), hue angle (θ) = $\tan^{-1}(b/a)$ and chroma = $(a^2+b^2)^{1/2}$ were recorded. Pulp firmness was evaluated using the texture analyzer. The test speed was set at 1.0 mm/s. A 250 N load cell was used. The probe employed was a 5 mm diameter cylindrical probe and the force (kgf) was recorded.

Weight loss determination: Individual fruits of each durian pulp were weighed and calculated using the equation: Weight loss (g) = $(m_0 - m)/m_0$; in which m and m_0 mean the individual weight of each fruit at present and original, respectively.

Determination of total soluble solid and sugars content: Total soluble solid (TSS) of samples was measured using a hand refractrometer according to Voon *et al*. (2007). Total soluble solid content was measured by blending one part of the pulp with 3 parts of water. The blended pulp was centrifuged 6,000 rpm for 20 min and then supernatant was subjected to SSC determination to give SSC (%) at $20^{o}C$. After that, supernatant was filtered through a 0.45µm Millipore filter and frozen at $-18^{o}C$ until analysis by High Performance Liquid Chromatography with the column of LiChrospher® 100 NH_2 and RI detector were used for sugar analysis (Kelebek, 2010). The mobile phase was 86% acetronitrile/de-ionized water with the flow rate of 1.5 mL min^{-1}. Sugars content in each sample was identified and quantified by external standard method using a commercial standard of sucrose, glucose and fructose.

pH and titratable acidity determination: Durian pulp (10 g) was homogenized with 100 mL of distilled water. The pH of sample solution was measured using pH meter. After pH determination, the solution was titrated against 0.1N NaOH to end point of pH 8.1 and phenolphthalein was used as an indicator. Results were expressed as percentage of malic acid.

Results and Discussion

The volatile compounds of fresh cut durian dipped in 2%$CaCl_2$ and control during storaged at 10°C were presented in twenty-nine to thirty one volatile compounds. The predominant volatile compounds in durian cultivar Mon thong were sulfur containing compounds followed by alcohols and ester. Sulfur compounds in durian mainly comprised ethanethiol, diethyl disulfide and diethyl trisulfide were considered to contribute actively to the overall flavor of durian. As for alcohol, the major compound was ethyl alcohol. The most ester compounds were methyl hexanoate, ethyl octanoate, followed by ethyl hexanoate. While 6 compounds included 4- ethyl benzaldehyde, 2-ethylhexanol, 1-nonanol, 1, 2-bis(ethylthio) ethane, dimethyl trisulfide and 1,1-bis(methylthio) ethane were not discovered in the past. The most volatile compounds of durian without $CaCl_2$ increased at 3 day of storage, while volatile compounds of durian with $CaCl_2$ 2% increased at 5 day of storage (Figure 1). Due to respiration process of durian increased at earliest stage, aroma volatile was developed by chemical reaction such as oxidation/reduction pathway produced alcohol, aldehyde, acids, and ester. Degradation and hydrolysis of amino acid pathway produced sulfur containing compound, aldehyde and ketones. After durian without $CaCl_2$ storage for 3 days, the aroma was more decreased than durian dipped in 2% $CaCl_2$ because calcium ion is positively charged which can attracted to negatively charged oxygen atom of pectin in cell walls of durian pulp. These interactions cause gel network which modify the internal atmosphere of fruit. As a result, O_2 diffusivity in flesh tissues decreased and internal CO_2 levels inside the fruit increased. Respirations process was also decreased, As a result, durian pulp dipped in $CaCl_2$ could maintain shelf life more than fresh cut durian without $CaCl_2$. Firmness and weight loss of durian dipped in 2%$CaCl_2$ decreased less than durian without $CaCl_2$ (Table 1) because calcium plays a fundamental role in maintaining cell wall stabilization and integrity by interacting with negative charges of pectin polysaccharide chains to form inter-polymer bridges or egg-box that hold the backbones together, and reduced water loss from respiration (Vicente *et al*., 2007). Color of durian pulp dipped in $CaCl_2$ 2% and control did not change through storage period. Durian pulp color still remained yellow during storage at 10°C (Table 1). Total soluble solid of fresh cut durian dipped in $CaCl_2$ 2% and control increased concomitant with the increased in sucrose, glucose and fructose contents (Table 2) but pH and titratable acidity still remained during storage.

Summary

$CaCl_2$ could maintain volatile compound and physicochemical properties of fresh cut durian. $CaCl_2$ had not only effected on volatile compounds, but also fruit firmness and weight loss of fresh cut durian during storage under 10°C. Fresh cut durian dipped in $CaCl_2$ could storage for 11 days at 10°C while fresh cut durian without $CaCl_2$ could storage only 7 days. The data of this study can be used to indicate the quality and storage period of fresh-cut durian for consumer decision.

Acknowledgements

This research was supported by a grant from the Thailand Research Fund through the Royal Golden Jubilee Ph.D Program (Grant No. PHD/0324/2550) to student's initials and advisor's initials is acknowledged.

Literature cited

Chin, S.T., Nazimah, S.A.H., Quek, S.Y., Che Man, Y.B., Abdul Rahman, R. and Mat Hashim, D., 2007, Analysis of Volatile Compounds from Malaysian Durians (Durio zibethinus) Using Headspace SPME Coupled to Fast GC–MS, Journal of Food Composition and Analysis, 20: 31–44.

Hanekom, E., Sivakumar, D., Naude, Y., Rohwer, E.R. and Korsten, L., 2010, Influence of Postharvest Treatments on Visual Appearance, Sensory Analysis and Aroma Volatile Compounds of 'Mauritius' Litchi Fruit During Storage, Postharvest Biology and Technology, 57: 155–161.

Kelebek, H., 2010, Sugars, Organic Acids, Phenolic Compositions and Antioxidant Activity of Grapefruit (*Citrus paradisi*) Cultivars Grown in Turkey, Industrial Crops and Products, 32: 269–274.

Voon, Y.Y., Sheikh Abdul Hamid, N., Rusul, G. and Osman, A., 2007, Characterisation of Malaysian Durian (*Durio zibethinus* Murr.) Cultivars: Relationship of Physicochemical and Flavour Properties with Sensory Properties, Food Chemistry, 103: 1217–1227.

Vicente, A.R., Saladí, M., Rose, J.K.C. and Labavitch, J.M., 2007, The Linkage Between Cell Wall Metabolism and Fruit Softening: Looking to the Future, Journal of the Science of Food and Agriculture, 87: 1435–1448.

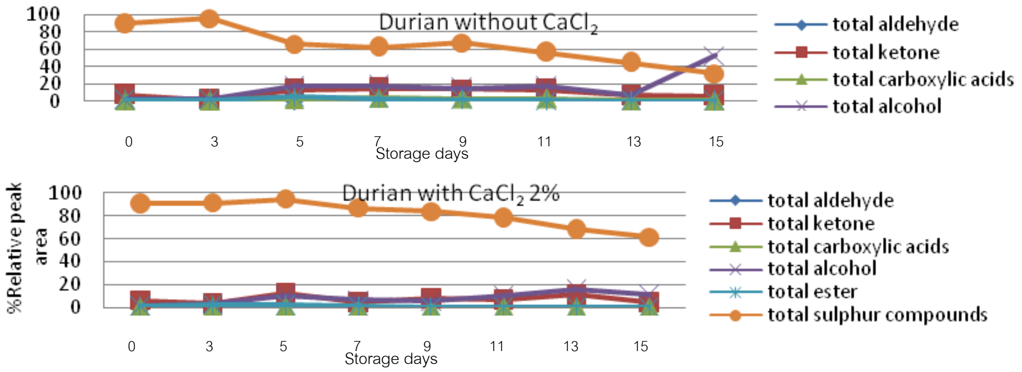


Figure 1 %Relative peak area of volatile compounds in durian pulp dipped in $CaCl_2$ 0% and 2% during storage at 10°C

Table 1 Physical properties changes of fresh cut durian dipped in $CaCl_2$ 0% and 2% during storage at 10±1°C

Day of storage	% $CaCl_2$	Weight loss(g)	L^{*ns}	a^{*ns}	b^{*ns}	C^{*ns}	$h^{o\,ns}$	Texture(kgf)
0	0	$0.00^{e}\pm0.00$	89.05±0.61	0.67±0.87	33.76±1.55	33.78±1.57	88.92±1.40	$2.79^{a}\pm0.51$
3		$0.97^{d}\pm0.12$	88.45±1.45	0.47±0.65	27.29±8.52	27.30±8.53	89.21±1.04	$2.74^{a}\pm0.32$
5		$1.03^{d}\pm0.35$	89.42±0.83	1.03±0.82	34.50±1.40	34.53±1.43	88.35±1.29	$2.76^{a}\pm0.32$
7		$2.77^{c}\pm0.47$	89.39±0.31	0.82±0.02	31.52±3.26	31.54±3.29	88.62±1.62	$2.74^{a}\pm0.22$
9		$2.17^{c}\pm0.57$	89.12±1.29	0.72±0.09	33.15±2.59	33.16±2.60	88.80±0.90	$2.46^{b}\pm0.46$
11		$2.67^{c}\pm0.91$	90.39±0.50	0.97±0.01	31.90±4.06	31.92±4.09	88.37±1.32	$2.32^{c}\pm0.29$
13		$3.60^{b}\pm0.01$	90.50±0.22	1.04±0.07	31.63±4.35	31.66±4.38	88.27±1.58	$2.33^{c}\pm0.23$
15		$5.37^{a}\pm0.56$	88.90±1.42	1.01±0.08	31.68±2.91	31.36±2.93	88.35±1.68	$2.28^{d}\pm0.69$
0	2	$0.00^{e}\pm0.00$	88.58±0.57	0.48±0.03	30.16±6.46	35.17±6.47	89.21±1.02	$2.85^{a}\pm0.07$
3		$0.87^{d}\pm0.06$	87.44±0.72	0.92±0.06	32.83±2.15	32.84±2.16	88.42±0.95	$2.86^{a}\pm0.46$
5		$1.40^{d}\pm0.30$	87.73±1.43	1.09±0.03	34.50±4.49	34.52±4.50	88.30±1.22	$2.84^{a}\pm0.10$
7		$2.23^{c}\pm0.21$	89.09±0.33	0.72±0.02	32.01±3.48	32.03±3.51	88.80±1.25	$2.83^{a}\pm0.38$
9		$2.43^{c}\pm0.84$	89.25±0.49	1.07±0.02	33.17±0.83	43.93±1.78	88.17±0.69	$2.77^{ab}\pm0.39$
11		$2.70^{c}\pm0.78$	89.21±1.87	0.77±0.07	31.94±3.48	31.95±2.89	88.71±1.36	$2.71^{ab}\pm0.30$
13		$3.27^{b}\pm0.72$	89.14±0.13	0.98±0.08	33.53±2.65	33.54±2.69	88.38±1.17	$2.58^{b}\pm0.26$
15		$4.67^{a}\pm0.04$	89.61±0.50	0.69±0.08	32.48±3.49	32.55±3.49	88.83±0.69	$2.53^{b}\pm0.30$

Table 2 Chemical properties changes of fresh cut durian dipped in $CaCl_2$ 0%, 2% during storage at10±1°C

Day of storage	% $CaCl_2$	TSS (°brix)	pH^{ns}	$\%TA^{ns}$	Sucrose (mg/g)	Glucose (mg/g)	Fructose (mg/g)
0	0	$8.2^{c}\pm0.8$	6.61±0.15	0.27±0.02	$45.23^{e}\pm3.73$	$1.26^{c}\pm0.30$	$1.88^{d}\pm0.67$
3		$8.6^{c}\pm0.4$	6.71±0.05	0.23±0.04	$47.64^{d}\pm3.78$	$1.18^{c}\pm0.05$	$2.06^{d}\pm0.40$
5		$10.0^{bc}\pm1.2$	6.77±0.23	0.27±0.04	$55.10^{c}\pm2.96$	$3.19^{b}\pm0.97$	$4.06^{c}\pm0.48$
7		$11.0^{bc}\pm0.9$	7.06±0.50	0.18±0.01	ND.	ND.	ND.
9		$11.8^{b}\pm0.3$	6.85±0.19	0.20±0.02	$68.42^{c}\pm1.18$	$4.03^{a}\pm0.58$	$5.01^{bc}\pm0.48$
11		$12.4^{b}\pm0.3$	6.88±0.20	0.17±0.05	ND.	ND.	ND.
13		$12.6^{b}\pm1.0$	6.76±0.31	0.19±0.07	$68.63^{c}\pm1.35$	$4.05^{a}\pm0.26$	$5.78^{bc}\pm0.29$
15		$12.2^{b}\pm0.9$	6.99±0.50	0.15±0.02	$71.94^{b}\pm4.10$	$4.06^{a}\pm0.15$	$5.92^{bc}\pm0.81$
0	2	$7.8^{c}\pm0.1$	6.54±0.24	0.24±0.06	$66.00^{c}\pm3.82$	$1.35^{c}\pm0.93$	$3.56^{c}\pm0.67$
3		$8.8^{c}\pm0.7$	6.73±0.01	0.19±0.00	$74.13^{b}\pm3.65$	$1.88^{c}\pm0.76$	$4.56^{c}\pm0.03$
5		$11.0^{bc}\pm1.5$	6.71±0.22	0.22±0.07	$73.17^{b}\pm3.41$	$2.62^{bc}\pm0.95$	$5.01^{bc}\pm0.79$
7		$12.0^{b}\pm2.6$	6.89±0.18	0.18±0.07	ND.	ND.	ND.
9		$12.8^{b}\pm2.5$	6.70±0.11	0.22±0.03	$74.06^{b}\pm1.47$	$3.66^{b}\pm0.06$	$6.11^{b}\pm0.04$
11		$12.2^{b}\pm4.1$	6.90±0.55	0.19±0.02	ND.	ND.	ND.
13		$13.7^{a}\pm3.1$	6.82±0.54	0.18±0.01	$93.19^{a}\pm2.21$	$4.88^{a}\pm0.41$	$7.22^{ab}\pm0.77$
15		$13.6^{a}\pm1.8$	6.74±0.32	0.22±0.02	$91.79^{a}\pm2.43$	$4.55^{a}\pm0.82$	$8.17^{a}\pm0.21$

$^{a,b,c,\dots}$ letters indicate significantly different (P<0.05) values; ^{ns} letters indicate non-significantly different (P≥0.05) values; ND. Not detected

ผลของคาราจีแนนต่อคุณภาพของเยลลี่ลองกอง

Effect of Caragenan on Quality of Longkong Jelly

ญาดา เอกสุวรรณ[1] พนิดา หลำบางช้าง[1] จุฑามาศ สุทธิรักษ์[1] อินทิรา ลิจันทร์พร[1]

Esuwan, Y.[1], Lambangchan, P.[1], Suthiruk, J.[1] and Lichanporn, I.[1]

Abstract

The objective of this research was to determine the optimum amount of caragenan at the levels of 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 and 0.7 in longkong jelly. The results showed that ash, Total soluble solid and L* value of 0.7% caragenan were higher than that of 0.3, 0.4, 0.5 and 0.6 % caragenan. Sensory scoring test indicated that the overall acceptability scores of 0.7% caragenan were high but there was no significant from 0.5 and 0.7% caragenan. While, all treatment of longkong jelly were not significantly different ($p \geq 0.05$) of total titratable acidity and pH value. However, 0.3 and 0.4% caragenan of longkong jelly were lower the overall acceptability than other treatments because of the taste and texture were not stable.

Keywords: jelly, longkong, caragenan

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของคาราจีแนนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลองกอง โดยแปรปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 จากผลการทดลองพบว่า เยลลี่ลองกองที่มีปริมาณคาราจีแนนเท่ากับร้อยละ 0.7 มีปริมาณเถ้า และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและค่าความสว่างสูงกว่าเยลลี่ลองกองที่มีปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนตามลักษณะพบว่าเยลลี่ลองกองที่มีปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.7 มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงแต่ไม่แตกต่างจากเยลลี่ลองกองที่มีปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.5 และ 0.6 ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้และค่า pH ในเยลลี่ลองกองที่มีปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเยลลี่ลองกองที่มีปริมาณคาราจีแนน ร้อยละ 0.3 และ 0.4 มีคะแนนความชอบโดยรวมน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากมีรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่คงตัว

คำสำคัญ: เยลลี่ ลองกอง คาราจีแนน

คำนำ

ลองกอง (longkong) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aglaia dookkoo* Griff. (กรมวิชาการเกษตร, 2540) เป็นผลไม้ที่มีรสหวาน กลิ่นหอม อุดมไปด้วยวิตามินบี ซี ฟอสฟอรัส แคลเซียม และสารแทนนิน (อภิชัย,2541) นอกจากนี้มีสรรพคุณในการลดความร้อนในร่างกาย เมื่อรับประทานเป็นประจำจะช่วยป้องกันไม่ให้เป็นไข้ตัวร้อน และลดอาการร้อนในช่องปาก ลองกองเป็นผลไม้ที่ออกตามฤดูกาล มีอายุการวางจำหน่ายสั้น ประมาณ 2-3 วัน เนื่องจากเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือก ผลหลุดร่วง และเหี่ยวแห้ง การแปรรูปผลลองกองจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตผล โดยเฉพาะการนำมาทำเยลลี่ลองกอง เนื่องจากเยลลี่ที่ขายตามท้องตลาดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากสารแต่งกลิ่นรสสังเคราะห์ผลไม้ต่างๆ ซึ่งให้พลังงานสูงและมีคุณค่าทางอาหารน้อย เยลลี่ที่ทำจากผลไม้สดจะมีสารอาหารมากกว่าโดยเฉพาะปริมาณฟอสฟอรัส และแคลเซียม เยลลี่อ่อน ที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2547) ได้ให้ความหมายว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะกึ่งแข็ง อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพรเคี่ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสด้วยก็ได้ ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาปริมาณคาราจีแนนที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเยลลี่ลองกอง

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala Univerisity of Technology Thanyaburi

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกลองกอง โดยเลือกผลที่ไม่เน่าเสีย ผลไม่เล็กจนเกินไป แล้วล้างน้ำทำความสะอาด นำผลลองกองพันธุ์ตันหยงมัสที่ทำความสะอาดแล้ว มาปอกเปลือกและแยกเมล็ดออก คั้นน้ำกรองด้วยผ้าขาวบาง วิธีการผลิตเยลลี่ลองกองซึ่งดัดแปลงจากสูตรการผลิตเยลลี่น้ำส้มแท้ของธนะ (2532) โดยนำน้ำตาลร้อยละ 19 โปแตสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.5 และแปรปริมาณคาราจีแนน ระดับร้อยละ 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 โดยน้ำหนัก คลุกเคล้าให้เข้ากัน เทส่วนผสมลงในน้ำร้อยละ 40 ที่มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส กวนตลอดเวลา เมื่อส่วนผสมกระจายตัวและละลายจนหมด เติมน้ำลองกองร้อยละ 40 ให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 90$\pm$2 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นถึงอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เติมกรดซิตริกร้อยละ 0.2 จะได้ เยลลี่ลองกอง บรรจุในภาชนะตั้งทิ้งไว้ให้เกิดเจลที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ สี (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี color meter (Chroma, CR200, Japan) คุณภาพทางเคมีได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ความเป็นกรดด่าง ปริมาณเถ้า และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน อายุระหว่าง 15-25 ปี ประเมินความชอบลักษณะสี กลิ่น รสชาติ ความหนืด เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม จากระดับคะแนน 9 (9-point hedonic scale) (1 ชอบน้อยที่สุด, 9 ชอบมากที่สุด)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เยลลี่ลองกองที่มีการเติมปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 มีแนวโน้มของค่าสี L* เพิ่มขึ้นตามปริมาณคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้น (Table 1) เยลลี่ลองกองที่เติมคาราจีแนนทุกความเข้มข้นพบว่าปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) พบว่าการเติมคาราจิแนนที่ร้อยละ 0.6 มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือ 0.5, 0.3, 0.4 และ 0.7 ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 29.33 29.00 29.00 28.68 และ 28.68 ตามลำดับ ส่วนปริมาณเถ้าเมื่อเติมคาจีแนนในเยลลี่ลองกองปริมาณร้อยละ 0.7 พบว่ามีปริมาณเถ้าสูงสุดทั้งนี้เนื่องจากคาราจีแนนช่วยให้น้ำตาลละลายได้ง่ายขึ้นยิ่งเมื่อเพิ่มปริมาณคาราจีแนนทำให้การละลายของน้ำตาลดีขึ้นด้วย (บัณฑิตา และ สร้อยสุริยา, 2547) (Table 2)

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน พบว่าการเติมคาราจีแนนในปริมาณร้อยละ 0.3 และ 0.4 มีความชอบน้อยกว่าเยลลี่ลองกองที่มีการเติมคาราจีแนนในปริมาณร้อยละ 0.5, 0.6 และ 0.7 (Table 3) ทั้งนี้เนื่องจาก การยอมรับด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสในเยลลี่ที่มีการเติมคาราจีแนนร้อยละ 0.3 และ 0.4 เป็นการเติมคาราจีแนนในปริมาณที่น้อย จึงทำให้เนื้อสัมผัสไม่แข็งตัว โดยการแข็งตัวของเจลเกิดจาก เมื่อคาราจีแนนอยู่ในรูปสารละลายในน้ำจะมีโครงสร้างเป็น random coil ขณะเย็นตัวลงจะเกิดโครงสร้าง double helices เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะเกิดเป็นโครงสร้าง 3 มิติ โดยโพลิเมอร์แต่ละสายจะรวมตัวเข้ามาใกล้กัน และเกิดเป็น junction point ซึ่งเมื่อเกาะรวมกันมากขึ้นจะทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นเจล (นิธิยา, 2545) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Nishinari และคณะ (1990) ที่รายงานว่า คาราจีแนนที่เพิ่มขึ้น ค่าเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของคาราจีแนนสูงขึ้น ทำให้จำนวน junction zone เพิ่มขึ้นเจลจึงมีโครงสร้างแข็งแรงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของวราภรณ์ (2543) ที่ศึกษาผลของเจลผสมระหว่างคาราจีแนนกับกลูโคสแมนแนนในผลิตภัณฑ์เยลลี่ พบว่า เมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งแรงของเจล (gel streng) มีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผู้บริโภคให้การยอมรับเยลลี่ลองกองที่มีปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.5 มากที่สุดเนื่องจากมีคะแนนด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสมากที่สุด โดยไม่มีความแตกต่างจากเยลลี่ลองกองที่มีปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.6 และ 0.7

สรุปผล

เยลลี่ลองกองที่มีปริมาณคาราจีแนนเท่ากับร้อยละ 0.7 มีปริมาณเถ้า และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและค่าความสว่างสูงกว่าเยลลี่ลองกองที่มีปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 แต่เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเยลลี่ลองกองที่มีปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.7 มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงโดยไม่มีความแตกต่างจากเยลลี่ลองกองที่มีปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.5 และ 0.6 จากการทดลองพบว่าปริมาณคาราจีแนนไม่มีผลต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้และค่า pH ในเยลลี่ลองกอง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการเสนอผลงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, สถาบันวิจัยพืชสวน, 2540, เอกสารวิชาการมาตรฐานพันธุ์พืชสวน, 346 หน้า.

ธนะ โกสิยพงษ์, 2532, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำส้มแท้, ปัญหาพิเศษ.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิติยา รัตนาปนนท์, 2545, เคมีอาหาร, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

บัณฑิตา เกตุวีระพงศ์ และ สร้อยสุริยา ขวัญใจ, 2547, ปริมาณคาราจีแนนที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพเคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ผลไม้รวม, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, หน้า 9-30.

วราภรณ์ วิทยาภรณ์, 2543, การศึกษาสมบัติของเจลผสมระหว่างแคปปา-คาร์ราจิแนนกับกลูโคแมนแนน และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่เหลว เยลลี่อ่อน และเยลลี่แข็ง (มผช 519/2547) [สืบค้น], http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps518_47.pdf. [10/ January /2554].

อภิชัย พันธุมาศ, 2541, การปลูกลองกอง, อักษรสยามการพิมพ์, 88 หน้า.

Nishinari, K., Watase, M., Williams, P.A. and Phillips, G.O., 1990, κ-carrageenan Gels: Effect of Sucrouse, Glucose, Urea, and Guanidine Hydrochloride on the Rheological and Thermal Properties, Journal of Agriculture and Food chemistry, 3(8): 1188-1193.

Table 1 Color characteristics of longkong jellies

Caragenan	L*	a*	b*
0.3%	13.03[b]	-13.87[a]	7.60[cd]
0.4%	12.90[b]	-13.63[a]	7.47[d]
0.5%	12.90[b]	-13.87[ab]	8.17[ab]
0.6%	13.55[a]	-14.10[a]	7.87[bc]
0.7%	13.56[a]	-14.20[a]	8.37[a]

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

Table 2 Proximate analysis of longkong jellies

Caragenan	Total titratable acidity (%)	Total soluble solid (%)	pH	Ash (%)
0.3%	2.73	29.00[ab]	4.53	0.20[ab]
0.4%	2.73	28.68[b]	4.54	0.28[ab]
0.5%	2.77	29.00[ab]	4.54	0.12[b]
0.6%	2.83	29.33[a]	4.54	0.28[ab]
0.7%	2.83	28.68[b]	4.57	0.40[a]

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

Table 3 Influence of caragenan on sensory acceptability of longkong jellies

Caragenan	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
0.3%	7.40	6.30	6.90^{b}	6.27^{b}	6.77^{b}
0.4%	7.27	6.27	6.87^{b}	6.53^{b}	7.00^{b}
0.5%	7.17	6.63	7.70^{a}	7.57^{a}	7.80^{a}
0.6%	7.17	6.63	7.40^{ab}	7.40^{a}	7.53^{a}
0.7%	7.33	6.67	7.30^{ab}	7.53^{a}	7.50^{a}

Mean of the same Column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของส้มตำที่ผลิตและจำหน่ายในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง

Microbiological Quality of Somtum Produced and Distributed in Papayom District, Phatthalung Province

บุษกร อุตรภิชาติ[1] พีระ ทองมี[2] อรอนงค์ วงษ์เอียด[3] นิตยา บุญเรือง[1] และ จันทร์ธิมา อุเลา[1]

Utarapichat, B.[1], Tongmee, P.[2], Womgiad, O.[3], Boomruang, N.[1] and Aulao, J.[1]

Abstract

The aim of this study was to evaluate the microbiological quality of 45 samples of Somtum, sweet and sour Thai dish made from papaya, distributed by 5 food venders in Paphayom district, Phatthalung province. The results of this study were compared to the definite criterion for microbiological quality standardization of foods prescribed by Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health of Thailand. The results of this study showed that the microbiological quality of all samples were not in above criterion standardization due to total microorganisms,yeast and molds of all samples had much more quantities than the mention definite criterion. Moreover some samples had much more MPN/g of *E. coli* than the mention definite criterion although *S. aureus*, *Salmonella* spp. and *L. monocytogenes* were not found in all samples.

Keywords: somtum, microbiological quality, Phatthalung

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การศึกษานี้เพื่อตรวจคุณภาพทางจุลชีววิทยาของส้มตำจำนวน 45 ตัวอย่าง ซึ่งจำหน่ายในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง จำนวน 5 ร้าน โดยการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา *Staphylococcus aureus* MPN/g *Escherichia coli* การตรวจหาเชื้อ *Salmonella* spp. และ *Listeria monocytogenes* พบว่าทุกตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข เนื่องจากตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และเชื้อรา เกินเกณฑ์กำหนด บางตัวอย่างพบปริมาณ MPN/g เชื้อ *E. coli* สูงกว่าเกณฑ์กำหนด ทุกตัวอย่างที่ตรวจไม่พบเชื้อ *S. aureus, Salmonella* spp. และ *L. monocytogenes*

คำสำคัญ: ส้มตำ คุณภาพทางจุลชีววิทยา พัทลุง

คำนำ

ส้มตำเป็นอาหารดิบซึ่งปรุงในสภาพพร้อมบริโภคได้ทันทีโดยไม่ผ่านความร้อน การบริโภคส้มตำจึงมีความเสี่ยงต่อการได้รับจุลินทรีย์ก่อโรคทางเดินอาหารที่มาจากแหล่งปนเปื้อนต่างๆ ได้แก่วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต น้ำ วัสดุอุปกรณ์ สภาพแวดล้อมในการผลิต ผู้สัมผัสอาหารซึ่งเป็นทั้งผู้ผลิตและจำหน่ายส้มตำ เป็นต้น (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553; บุษกร, 2552) ส้มตำมีหลายประเภทขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้แก่ มะละกอ หรือแครอท หรือ ถั่วฝักยาว หรือแอปเปิ้ล อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือใช้วัตถุดิบมากกว่าหนึ่งชนิดร่วมกัน สำหรับเครื่องปรุงรสได้แก่พริกขี้หนู กระเทียม มะเขือเทศ มะนาว น้ำปลา และน้ำตาลปี๊บ (นิดดา, 2539) ส้มตำไทยใส่กุ้งแห้งและถั่วลิสงคั่ว ส้มตำปลาร้าใส่ปลาร้า เป็นต้น จากการสำรวจร้านผลิตและจำหน่ายส้มตำในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง พบว่ามีมากกว่า 10 ร้าน แสดงว่ามีผู้นิยมบริโภคส้มตำจำนวนมาก การศึกษานี้จึงสนใจที่จะตรวจคุณภาพทางจุลชีววิทยาของส้มตำ ที่จำหน่ายในพื้นที่ดังกล่าวโดยใช้เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ที่ประกาศโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2553) ซึ่งจัดให้ส้มตำ เป็นอาหารพร้อมบริโภคประเภทอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันที โดยอนุญาตให้ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้น้อยกว่า 1×10^6 CFU/g ปริมาณราน้อยกว่า 500 CFU/g ปริมาณยีสต์น้อยกว่า 1×10^4 CFU/g

[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93110

[1] Division of Biology, faculty of Science, Thaksin University Phatthalung Campus, Papayom, Phatthalung, 93110

[2] สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุงอ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93110

[2] Division of Mathematics, faculty of Science, Thaksin University Phatthalung Campus, Papayom, Phatthalung, 93110

[3] ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 12 จ.สงขลา 90100

[3] Regional Medical Sciences Center, Songkhla, 90100

ปริมาณ *Staphylococcus aureus* น้อยกว่า 100 CFU/g ปริมาณ MPN/g เชื้อ *Escherichia coli* น้อยกว่า 100 ต้องตรวจไม่พบ *Salmonella* spp. และ *Listeria monocytogenes* ในตัวอย่าง 25 กรัม

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างส้มตำจากร้านผลิตและจำหน่าย 5 ร้าน ในอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง โดยเก็บร้านละ 3 ครั้ง รวม 45 ตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง ใช้วิธีการเดียวกันกับการซื้อขายปกติ (ซึ่งไม่แช่ตัวอย่างในน้ำแข็ง) นำตัวอย่างไปตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001) ตรวจนับปริมาณยีสต์และเชื้อรา (BAM, 2001) ตรวจปริมาณ MPN /g เชื้อ *E. coli* (BAM, 2002) ตรวจนับปริมาณ *S. aureus* (BAM, 2001) ตรวจหา *Salmonella* spp. และ *L. monocytogenes* ในตัวอย่าง 25 กรัม โดยใช้วิธีการของ ISO 6579 (2002) และ ISO 11290-1 (1996) ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการตรวจจุลินทรีย์ต่างๆ ในตัวอย่างส้มตำ 45 ตัวอย่าง ดัง Table 1 พบว่าทุกตัวอย่างที่ตรวจไม่พบ *S. aureus* *Salmonella* spp. และ *L. monocytogenes* สำหรับตัวอย่างส้มตำร้านที่ 1 พบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา 7.7×10^5 - 5.4×10^6 , 5.0×10^3 - 1.4×10^5 และ 2.0×10^3 - 6.0×10^3 CFU /g ตามลำดับ พบ MPN/g เชื้อ *E. coli* <3 - >1100 ส้มตำร้านที่ 2 พบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา 8.8×10^5-3.3×10^6, 5.0×10^3-7.2×10^4 และ 1.0×10^3-2.1×10^4 CFU /g ตามลำดับ MPN/g เชื้อ *E. coli* < 3 – 21 ส้มตำร้านที่ 3 พบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา 1.1×10^6- 5.9×10^6, 4.0×10^3-1.4×10^5 และ 2.0×10^3 - 4.4×10^4 CFU/g ตามลำดับ MPN/g เชื้อ *E. coli* 9.1 – 21 ส้มตำร้านที่ 4 พบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา 1.0×10^6- 1.9×10^7, 1.4×10^4- 7.9×10^5 และ1.0×10^3 - 5.8×10^4 CFU/g ตามลำดับ MPN/g เชื้อ *E. coli* 3.6 – 43 ส้มตำร้านที่ 5 พบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา 1.4×10^6- 8.5×10^6, 1.0×10^4 - 1.3×10^5 และ 2.0×10^3 - 8.3×10^4 CFU/g ตามลำดับ MPN/g เชื้อ *E. coli* < 3 – 460 เมื่อนำผลการทดลองไปเทียบกับเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารฯ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) พบว่าทุกตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพฯดังกล่าว เนื่องจากพบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และเชื้อรา มีปริมาณมากกว่าเกณฑ์กำหนด แม้ว่าทุกตัวอย่างจะตรวจไม่พบ *Salmonella* spp. และ *L. monocytogenes* ในตัวอย่าง 25 กรัม และบางตัวอย่างพบ MPN/g เชื้อ *E. coli* น้อยกว่า 100 ก็ตาม สาเหตุการพบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในทุกตัวอย่าง มีปริมาณเกินเกณฑ์อาจมาจากจุลินทรีย์ในวัตถุดิบและเครื่องปรุงรส และหรือ อาจมาจากน้ำล้างวัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์ สภาพแวดล้อมในการผลิต ผู้สัมผัสอาหารซึ่งเป็นทั้งผู้ผลิตและจำหน่ายส้มตำ โดยบุคคลเดียวกัน (นิดดา, 2539; บุษกร, 2552) เป็นต้น การพบปริมาณเชื้อราสูงเกินเกณฑ์กำหนดอาจมาจากกระเทียม ถั่วลิสง เขียงไม้ รถเข็น และภาชนะที่ไม่สะอาด เป็นต้น การพบปริมาณยีสต์สูงเกินเกณฑ์กำหนด อาจมาจากมะเขือเทศ ซึ่งมีน้ำตาลและพีเอชต่ำ และมาจากน้ำตาลปี๊บที่มีรสหวาน ซึ่งเป็นอาหารที่ยีสต์ชอบ (Jay, 2000) การทดลองนี้ตรวจไม่พบ *Salmonella* spp. และ *L. monocytogenes* ใน 25 กรัม ซึ่งเป็นเรื่องที่ดีเนื่องจากเป็นเชื้อโรคทางเดินอาหารที่รุนแรง (บุษกร, 2552)

สรุปผล

ตัวอย่างส้มตำทุกตัวอย่างที่จำหน่ายในเขตอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารซึ่งประกาศโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2553) เนื่องจากตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณเชื้อรา และยีสต์สูงเกินเกณฑ์กำหนด แม้ทุกตัวอย่างจะตรวจไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. และ *L. monocytogenes* ในตัวอย่าง 25 กรัม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ให้ทุนสนับการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553, เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 2 [สืบค้น], www.dmsc.moph.go.th/webroot/BQSF/ file / varity / cheme / confict.htm. [25/ July /11]

นิดดา หงส์วิวัฒน์, 2539, มะละกอกับส้มตำ, ครัวนิตยสารอาหารและการครัว, 3(27): 110–112.

บุษกร อุตรภิชาติ, 2552, จุลชีววิทยาทางอาหาร ,พิมพ์ครั้งที่ 4, บริษัทนำศิลป์โฆษณาจำกัด, สงขลา, 451 หน้า

Bacteriological Analytical Manual Online, 2001, Yeasts, Molds and Mycotoxins [Online], Available: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm071435.htm [15/ April /2011].

Bacteriological Analytical Manual Online, 2001, *Staphylococcus aureus* [Online], Available: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm071429.htm [15/ April /2011].

Bacteriological Analytical Manual Online, 2001, Aerobic Plate Count [Online], Available: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm063346.htm [15/ April /2011].

Bacteriological Analytical Manual Online, 2002, Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria [Online], Available: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm064948.htm [15/ April /2011].

ISO-11290, 1996, Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal Method for the Detection and Enumeration of *Listeria monocytogenes*, 25 p.

ISO-6579, 2002, Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal Method for the Detection of *Salmonella* spp, 27 p.

Table 1 Microorganisms found in 45 somtum samples collected from 5 food vendors

Food vendor number	sample number	Kind of somtum sample	Total plate count (CFU/g)	Total yeasts (CFU/g)	Total molds (CFU/g)	Total *S.aureus* (CFU/g)	MPN/g of *E. coli*	Detection of *Salmonella* spp.	Detection of *L. monocytogenes*
1	1	Dried shrimp	4.0×10^{6}	8.0×10^{4}	2.0×10^{3}	none	3.6	none	none
		Crab	7.7×10^{5}	9.3×10^{4}	2.0×10^{3}	none	7.2	none	none
		Plara	2.5×10^{6}	1.4×10^{5}	2.0×10^{3}	none	16	none	none
1	2	Dried shrimp	1.9×10^{6}	4.7×10^{4}	4.0×10^{3}	none	150	none	none
		Crab	1.6×10^{6}	4.2×10^{4}	4.0×10^{3}	none	> 1100	none	none
		Plara	1.6×10^{6}	3.8×10^{4}	3.0×10^{3}	none	460	none	none
1	3	Dried shrimp	3.3×10^{6}	4.0×10^{4}	6.0×10^{3}	none	< 3	none	none
		Crab	4.2×10^{6}	5.0×10^{3}	5.0×10^{3}	none	460	none	none
		Plara	5.4×10^{6}	5.0×10^{3}	2.0×10^{3}	none	< 3	none	none
2	1	Dried shrimp	3.3×10^{6}	1.1×10^{5}	3.0×10^{3}	none	3.6	none	none
		Crab	1.2×10^{6}	1.3×10^{4}	2.0×10^{3}	none	7.2	none	none
		Plara	8.8×10^{5}	1.4×10^{4}	4.0×10^{3}	none	16	none	none
2	2	Dried shrimp	1.9×10^{6}	7.2×10^{4}	2.0×10^{3}	none	21	none	none
		Crab	2.4×10^{5}	5.6×10^{4}	2.1×10^{4}	none	< 3	none	none
		Plara	1.7×10^{6}	6.4×10^{4}	5.0×10^{3}	none	15	none	none

Table 1 Microorganisms found in 45 somtum samples collected from 5 food vendors (Cont.)

Food vendor number	sample number	Kind of somtum sample	Total plate count (CFU/g)	Total yeasts (CFU/g)	Total molds (CFU/g)	Total *S.aureus* (CFU/g)	MPN/g of *E. coli*	Detection of *Salmonella* spp.	*L. monocytogenes*
2	3	Dried shrimp	$2.0x10^6$	$4.0×10^4$	$4.0×10^3$	none	8.2	none	none
		Crab	$2.1x10^6$	$5.0×10^3$	$1.0×10^3$	none	17	none	none
		Plara	$2.2x10^6$	$5.0×10^3$	$1.0×10^3$	none	11	none	none
3	1	Dried shrimp	$1.9×10^6$	$1.4×10^5$	$4.0×10^3$	none	36	none	none
		Crab	$1.8×10^6$	$1.0×10^5$	$2.1×10^4$	none	15	none	none
		Plara	$3.3×10^6$	$1.0×10^5$	$2.8×10^4$	none	16	none	none
3	2	Dried shrimp	$1.4×10^6$	$3.4×10^4$	$3.0×10^3$	none	120	none	none
		Crab	$1.6×10^6$	$2.2×10^4$	$2.0×10^3$	none	36	none	none
		Plara	$2.1×10^6$	$1.6×10^4$	$4.4×10^4$	none	23	none	none
3	3	Dried shrimp	$1.1×10^6$	$5.0×10^3$	$6.0×10^3$	none	210	none	none
		Crab	$1.1×10^6$	$5.0×10^3$	$4.0×10^3$	none	28	none	none
		Plara	$5.9×10^6$	$4.0×10^3$	$5.0×10^3$	none	9.2	none	none
4	1	Dried shrimp	$9.1×10^6$	$1.4×10^4$	$2.0×10^4$	none	28	none	none
		Crab	$3.0×10^6$	$7.9×10^5$	$3.8×10^4$	none	20	none	none
		Plara	$1.0×10^6$	$3.7×10^4$	$2.8×10^4$	none	15	none	none
4	2	Dried shrimp	$1.0×10^7$	$9.3×10^4$	$3.5×10^4$	none	15	none	none
		Crab	$7.9×10^6$	$6.4×10^4$	$2.0×10^3$	none	6.1	none	none
		Plara	$1.6×10^6$	$2.7×10^4$	$1.0×10^3$	none	3.6	none	none
4	3	Dried shrimp	$4.8×10^6$	$7.5×10^4$	$6.0×10^3$	none	9.2	none	none
		Crab	$1.9×10^7$	$7.2×10^4$	$5.8×10^4$	none	20	none	none
		Plara	$1.3×10^7$	$3.0×10^4$	$3.4×10^4$	none	43	none	none
5	1	Dried shrimp	$7.2×10^6$	$1.3×10^5$	$5.0×10^4$	none	20	none	none
		Crab	$7.1×10^6$	$1.1×10^5$	$3.7×10^4$	none	21	none	none
		Plara	$4.4×10^6$	$8.6×10^4$	$1.4×10^4$	none	<3	none	none
5	2	Dried shrimp	$2.0×10^6$	$5.9×10^4$	$2.3×10^4$	none	20	none	none
		Crab	$1.4×10^6$	$9.6×10^4$	$2.0×10^3$	none	14	none	none
		Plara	$2.1×10^6$	$1.0×10^4$	$2.0×10^4$	none	150	none	none
5	3	Dried shrimp	$8.5×10^6$	$9.8×10^4$	$8.3×10^4$	none	36	none	none
		Crab	$3.7×10^6$	$4.3×10^4$	$3.2×10^4$	none	29	none	none
		Plara	$5.1×10^6$	$1.0×10^5$	$5.9×10^4$	none	460	none	none

การรมสาร 1- MCP ต่อคุณภาพของผลดิบมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

1-MCP Fumigation on Quality of Unripe 'Chok Anan' Mango

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1] สายลม สัมพันธ์เวชโสภา[1] และ สุกัญญา เอี่ยมลออ[1]

Uthairatanakij, A.[1], Jitareerat, P.[1], Sampanvejsobha, S.[1] and Aiamla-or, S.[1]

Abstract

1-MCP has been reported to delay fruit ripening, resulting in prolonged storage life. The effect of the concentration of 1-MCP on quality of unripe 'Chok Anan' mangoes was investigated. Fruit with no defected were sorted, cleaned, dipped into Prochloraz at 750 ppm, and fumigated with 1- MCP at 0 (control), 250, 500, and 1000 ppb for 12 h at 20°C. All treatments were stored at 13°C and randomly chosen to measure postharvest quality. Fruit fumigated with 1-MCP at 750 and 1000 ppb had the lowest color change of peel and pulp in terms of L* value and hue angle. 1-MCP fumigation at 1000 ppb showed the highest fruit firmness and titratable acidity. However, 1-MCP fumigation did not affect fruit disease.

Keywords: 1-MCP fumigation, unripe mango, postharvest quality of mango

บทคัดย่อ

สาร 1-MCP มีคุณสมบัติในการชะลอการสุกของผลไม้หลายชนิดทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อหาระดับความเข้มข้นของสาร 1- MCP ที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงรับประทานดิบพันธุ์โชคอนันต์ โดยคัดเลือกผลมะม่วงที่ปราศจากตำหนินำมาล้างทำความสะอาดและจุ่มสาร Prochloraz ความเข้มข้น 750 พีพีเอ็ม จากนั้นรมด้วยสาร 1- MCP ความเข้มข้น 250, 500 และ 1000 พีพีบี เป็นเวลา 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รมสาร (ชุดควบคุม) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ รมสาร 1- MCP ความเข้มข้น 750 และ 1000 พีพีบี มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ (L* value และ hue angle) น้อยกว่าชุดควบคุม การรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบีทำให้มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีความแน่นเนื้อและปริมาณกรดที่ไตเตรตได้มากที่สุด แต่การรมสาร 1-MCP ไม่มีผลต่อการเกิดโรคในระหว่างการเก็บรักษา

คำสำคัญ: การรม 1-MCP มะม่วงดิบ คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วง

คำนำ

ปัจจุบันการปลูกมะม่วงเพื่อการค้าสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ ปลูกเพื่อนำไปรับประทานผลสด และนำไปแปรรูป การบริโภคผลสดสามารถแบ่งออกเป็นการบริโภคผลดิบและผลสุกซึ่งกลุ่มชาวเอเชียนิยมบริโภคผลดิบ โดยเฉพาะตลาดของไทยบริโภคมะม่วงผลดิบตลอดทั้งปี จึงทำให้มีมูลค่าการตลาดสูงกว่ามะม่วงสุก นอกจากนี้ยังพบว่าผู้บริโภคชาวเอเชียยังนำมะม่วงดิบมาใช้ประกอบอาหารเพื่อทำสลัด ซึ่งเป็นที่รู้จักและเรียกมะม่วงดิบที่นำไปประกอบอาหารนี้ว่า"มะม่วงยำ" ในปัจจุบันนี้มะม่วงยำกำลังเป็นที่นิยมของชาวต่างชาติมากขึ้น เนื่องจากเป็นอาหารในกลุ่ม Slow Food และเสริมสุขภาพ และผู้วิจัยได้สอบถามผู้นำเข้าผักและผลไม้ชาวไทยในตลาดสหรัฐอเมริกา พบว่าตลาดกลุ่มคนเอเชียมีความต้องการมะม่วงเพื่อการบริโภคดิบโดยตรงหรือนำมาทำมะม่วงยำมากขึ้น และมะม่วงดิบน่าจะเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพอีกชนิดหนึ่ง จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่ามะม่วงดิบมีศักยภาพด้านการตลาดสูงทั้งภายในและต่างประเทศแต่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมะม่วงเพื่อการบริโภคดิบยังมีน้อยมากทั้งข้อมูลทั่วไปรวมทั้งการเก็บรักษาและส่งออก มะม่วงเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit ซึ่งเมื่อผลเริ่มสุกหรือผลเริ่มสุกแก่เต็มที่จะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เอทิลีนยังมีผลในเร่งกระบวนการสุกแก่ของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษา และสาร 1-Methylcyclopropene (1-MCP) มีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการสร้างเอทิลีนของพืชหลายชนิด (Sisler และ Serek, 1997) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาลักษณะ

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 49 ถนนเทียนทะเล, ท่าข้าม, บางขุนเทียน, กรุงเทพฯ 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49, Tientalay, Rd, Bangkhuntien, Bangkok, 10150

ทางกายภาพและชีวเคมีของมะม่วงดิบที่รมสาร 1- MCP เปรียบเทียบกับผลที่ไม่รมสารในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อเป็นฐานข้อมูลและเป็นแนวทางสำหรับการส่งเสริมการส่งออกมะม่วงดิบและเพิ่มมูลค่าการส่งออกมะม่วงของไทยในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้มะม่วงดิบพันธุ์โชคอนันต์ โดยเก็บเกี่ยวและคัดเลือกให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ปราศจากโรค ตำหนิ และบาดแผล แล้วบรรจุในตะกร้าพลาสติก ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการสายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ด้วยรถตู้ปรับอากาศ จากนั้นล้างทำความสะอาดและจุ่มสารเคมี โปรคลอราซความเข้มข้น 750 ppb แบ่งมะม่วงออกเป็น 2 ชุดทดลอง คือชุดที่ไม่รมด้วยสาร 1-MCP (ชุดควบคุม) และรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 250, 500, 750 และ 1000 ppb เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นนำผลมะม่วงไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และสุ่มตัวอย่างทุกๆ 3 วัน เพื่อวิเคราะห์ความแน่นเนื้อ (Texture analyzer รุ่น TA-XT2) การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand Refractometer ATAGO® PAL-1) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ (Colorimeter Minalta® model CR-300) และการเกิดโรค วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทำ 6 ซ้ำต่อชุดทดลอง วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's multiple range tests

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1-MCP เป็น Ethylene action inhibitor โดยไปจับกับ Ethylene receptors จากปฏิกิริยาดังกล่าว 1-MCP จึงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการผลิตเอทิลีนและกระบวนการสุกของผลไม้ประเภท Climacteric fruits (Baritelle และคณะ, 2001; Watkins, 2006; Fan และคณะ, 2000; Sisler และ Serek, 1997) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพพันธุ์โชคอนันต์หลังจากรมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 250 500 750 และ 1000 ppb และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า 1-MCP สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของเปลือกจากสีเขียวไปเป็นสีเหลือง โดยความเข้มข้นของ 1-MCP ที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อมากที่สุดคือ 1000 ppb ส่วนมะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 250 ppb มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อไม่แตกต่างกับมะม่วงในชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของ 1-MCP ไม่เหมาะสมต่อการยับยั้งการผลิตเอทิลีนของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษา แต่การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อของมะม่วงเกิดขึ้นช้าในมะม่วงที่ผ่านรมด้วย 1-MCP ความเข้มข้นตั้งแต่ 500 ppb ขึ้นไป (Figure 1A, B, C, D) Porat และคณะ (1999) พบว่าส้มที่รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้นต่ำ (5 ppb) มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของสีผิวไม่แตกต่างจากส้มที่ไม่ได้รมด้วย 1-MCP ในขณะที่ส้มที่รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้นปานกลาง (25-50 ppb) และสูง (100 ppb) มีอัตราการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากเขียวไปเป็นเหลืองส้มช้ากว่าส้มในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง Hershkovitz และคณะ (2005) พบว่า 1-MCP มีผลในการชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และชะลอการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ดังนั้นจากการศึกษา 1-MCP สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของมะม่วงจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองอาจเนื่องมาจาก 1-MCP ชะลอการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และมะม่วงที่รมด้วย 1-MCP มีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ามะม่วงในชุดควบคุม (Figure 1E) นอกจากนี้มะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 1000 ppb มีความแน่นเนื้อมากกว่ามะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ความเข้มข้นอื่นๆ หรือมะม่วงในชุดควบคุม (Figure 1F) และมะม่วงที่รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้นตั้งแต่ 500 ppb มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตลดลงช้ากว่ามะม่วงชุดควบคุม (Figure 1G) สอดคล้องกับการใช้ 1-MCP ในการชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อและปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตในแอบเปิ้ลหลายๆ สายพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษา (Watkins และคณะ, 2000; Mir และคณะ, 2001) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นช้าในมะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 1000 ppb (Figure 1H) ทั้งนี้มะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP และไม่ผ่านการรมด้วย 1-MCP มีการเกิดโรคไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามมะม่วงที่รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 750 และ 1000 ppb มีแนวโน้มการเกิดโรคน้อยกว่ามะม่วงในชุดควบคุม (ไม่ได้แสดงข้อมูล) Zhang และคณะ (2012) พบว่า 1-MCP สามารถชะลอการพัฒนาหรือการเข้าทำลายของเชื้อหลังการเก็บเกี่ยวของผลพุทรา และสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia-lyase (PAL) และ Polyphenol oxidase (PPO) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้นการต้านทานของมะม่วงที่รมด้วย 1-MCP ต่อการเข้าทำลายของเชื้อในระหว่างการเก็บรักษาอาจเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าวเนื่องจากเอนไซม์ PAL เป็น

เอนไซม์ชนิดแรกใน Phenylpropanoid pathway ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ Phenolic compounds สาร Phytoalexins และสาร lignins หลังจากนั้นเอนไซม์ PPO จะทำหน้าที่ออกซิไดซ์สาร Phenolic ไปเป็นสาร Quinines ซึ่งมีประสิทธิภาพลดการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ (Campos-Vargas และ Saltveit, 2002)

สรุปผล

การรมมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 ppb มีประสิทธิภาพที่สุดในการชะลอการเสื่อมคุณภาพของมะม่วงเพื่อบริโภคดิบเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงในชุดทดลองอื่นๆ รองลงมาคือ 1-MCP ความเข้มข้น 750 และ 500 ppb ตามลำดับ แต่มะม่วงที่รมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 250 ppb มีลักษณะทางคุณภาพไม่แตกต่างจากมะม่วงในชุดควบคุม

เอกสารอ้างอิง

Baritelle, A.L., Hyde, G.M., Fellman, J.K. and Varith, J., 2001, Using 1-MCP to Inhibit the Influence of Ripening on Impact Properties of Pear and Apple Tissue, Postharvest Biology and Technology, 23: 153-160.

Campos-Vargas, R. and Saltveit, M.E., 2002, Involvement of Putative Chemical Wound Signals in the Induction of Phenolic Metabolism in Wounded Lettuce, Physiologia Plantarum, 114(1): 73-84.

Fan, X. and Mattheis, J.P., 2000, Reduction of Ethylene-induced Physiological Disorders of Carrots and Iceberg Lettuce by 1-methylcyclopropene. HortScience, 35: 1312-1314.

Gong, Y. and Mattheis, J.P., 2003, Effect of Ethylene and 1-methylcyclopropene on Chlorophyll Catabolism of Broccoli Florets, Plant Growth Regulation, 40: 33-38.

Hershkovitz, V., Saguy, S.I. and Pesis, E., 2005, Postharvest Application of 1-MCP to Improve the Quality If Various Avocado Cultivars, Postharvest Biology and Technology, 37: 252-264.

Mir, N.A., Curell, E., Khan, N., Whitakcr, M. and Beaudry, R.M., 2001, Harvest Maturity, Storage Temperature, and 1-MCP Application Frequency Alter Firmness Retention and Chlorophyll Fluorescence of 'Redchief Delicious' Apples, Journal of the American Society for Horticultural Science, 126, 618-624.

Porat, R., Weiss, B., Cohen, L., Daus, A., Goren, R. and Droby, S., 1999, Effects of Ethylene and 1-methylcyclopropene on the Postharvest Qualities of 'Shamouti' Oranges, Postharvest Biology and Technology, 15(2): 155-163.

Sisler, E.C. and Serek, M., 1997, Inhibitors of Ethylene Responses in Plants at Receptor Level: Recent Developments, Physiology Plant, 100: 577-582.

Watkins, C.B., 2006, The Use of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Fruits and Vegetables, Biotechnology Advances, 24: 389-409.

Zhang, Z., Tian, S., Zhu, Z., Xu, Y. and Qin, G., 2012, Effects of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and Resistance of Jujube (*Zizyphus jujuba* cv. Huping) Fruit Against Postharvest Disease, LWT - Food Science and Technology, 45(1): 13-19.

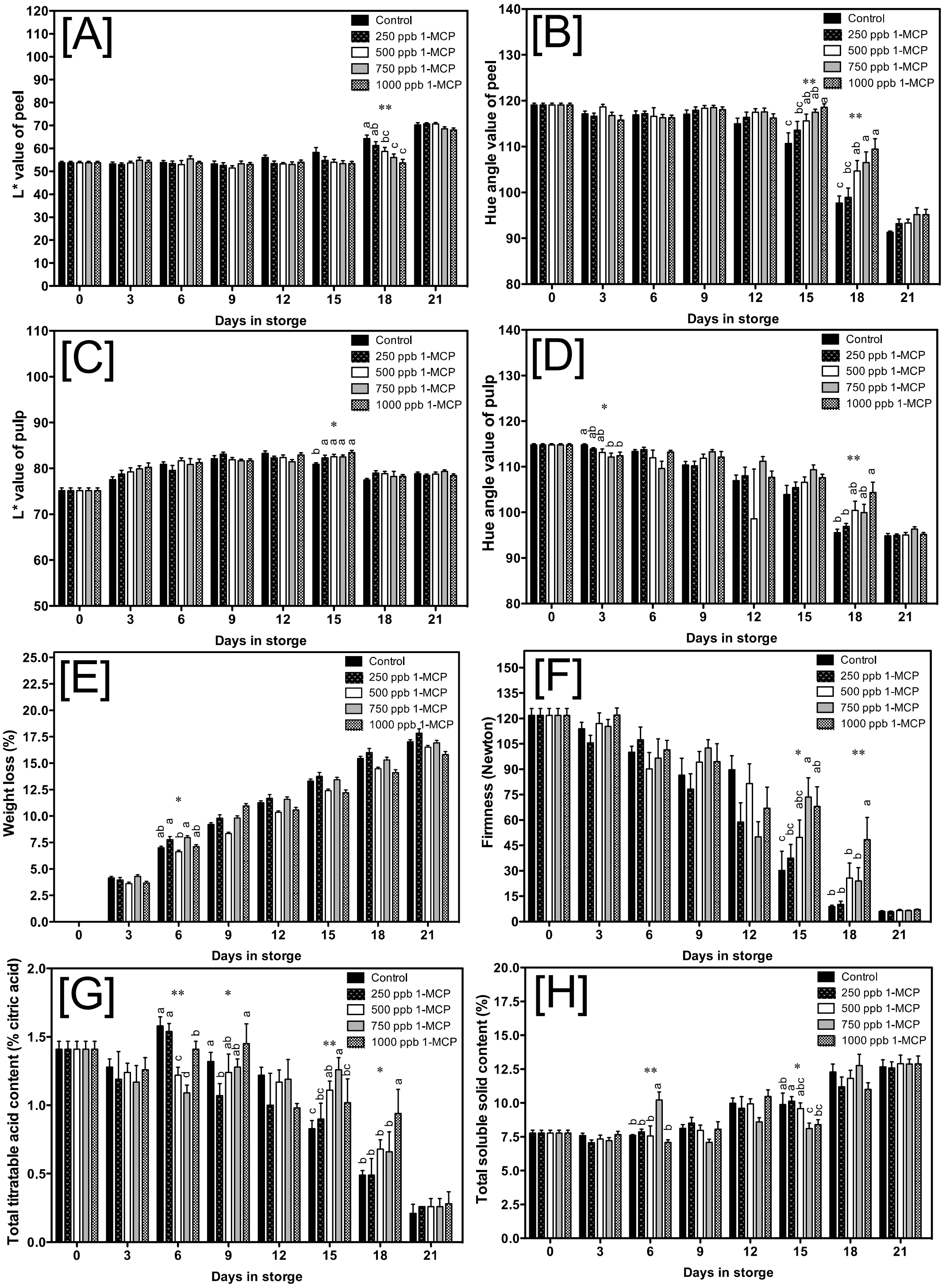


Figure 1 Change of surface color of peel (L* value: A, Hue angle: B) and pulp (L* value: C, Hue angle: D), fresh weight (E), firmness (F), total titratable acidity (G) and total soluble solid contents (H) of 'Chok Anan' mango fruits during stored at 13°C

การสกัดสารให้ความหวานชนิดไซรัปจากหญ้าหวาน

Extraction of Stevia Syrup

วทันยา ลิมปพยอม[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Limpaphayom, V.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) can control blood sugar and could be consumed as the drinking tea. It is a good source of carbohydrates (53.57%), proteins (13.74%) and fibers (12.99%). However, the sweetener named stevioside could be extracted from stevia leaves. The product of extracted and purified stevioside from stevia leaves as in crystal forms have been used a widely as intensive technique. The purpose of this study was to extract sweetener syrup from dry stevia leaves. For water conditions, ratio of dry stevia leaves to water at 1:35 w/v, with various temperatures at 25 and 65°C for 3 h. The water was evaporated resulting in the stevia syrup which its total soluble solids were 66.7-66.9°Brix. Results showed that stevia syrup at 65°C had a greater %yield (77.05) than stevia syrup at 25°C (70.60). The color of stevia syrup was dark greenish yellow (h° between 82.44-83.88) which stevia syrup at 65°C was brighter (L*) and higher phenolic content than stevia syrup at 25°C.

Keywords: stevia, syrup, water extraction, sweetener

บทคัดย่อ

หญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* Bertoni) มีประโยชน์ช่วยควบคุมน้ำตาลในเลือด นิยมบริโภคในรูปแบบของการชงดื่มเหมือนใบชา ซึ่งหญ้าหวานเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ 53.57) โปรตีน (ร้อยละ 13.74) และไฟเบอร์ (ร้อยละ 12.99) ยังมีสารให้ความหวานที่เรียกว่า สตีวิโอไซด์ แต่การสกัดสตีวิโอไซด์จากใบหญ้าหวานให้ได้สตีวิโอไซด์บริสุทธิ์นั้นเป็นวิธีการที่ต้องใช้ระยะเวลานานและยุ่งยาก ดังนั้นงานวิจัยนี้เพื่อสกัดไซรัปให้ความหวานจากหญ้าหวานแห้งด้วยน้ำ ในอัตราส่วนใบหญ้าหวานแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:35 (w/v) แปรอุณหภูมิการสกัดที่ 25°C และ 65°C สกัดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ระเหยแห้งได้ไซรัปโดยมีค่าของแข็งละลายน้ำอยู่ในช่วง 66.7-66.9°Brix สารหวานไซรัปที่อุณหภูมิ 65°C มีร้อยละผลผลิต (%yield) สูงกว่าสารหวานไซรัปที่อุณหภูมิ 25°C เท่ากับ 77.05 และ 70.60 ตามลำดับ สีของสารหวานไซรัปมีสีเขียวเหลืองเข้ม (h° มีค่าระหว่าง 82.44-83.88) แต่สารหวานไซรัปที่สกัดอุณหภูมิ 65°C มีค่าความสว่าง (L*) และปริมาณสารฟีนอลิคสูงกว่าสารหวานไซรัปสกัดที่อุณหภูมิ 25°C

คำสำคัญ: หญ้าหวาน ไซรัป การสกัดด้วยน้ำ สารหวาน

คำนำ

หญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* Bertoni) เป็นพืชพื้นเมืองของปารากวัย บราซิลและประเทศในแถบอเมริกาใต้ ต่อมาได้มีการการปลูกหญ้าหวานในประเทศไทย โดยผลิตหญ้าหวานออกจำหน่ายในลักษณะบรรจุซองขนาดเล็กใช้ชงดื่มเหมือนใบชาเพื่อส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น ผลวิจัยทางวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นถึงศักยภาพและประโยชน์ของหญ้าหวานที่มีต่อร่างกายมนุษย์ในการควบคุมน้ำตาลในเลือด ประเทศในแถบอเมริกาใต้หลายประเทศได้ใช้สารสกัดจากหญ้าหวานด้วยน้ำเพื่อช่วยรักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานและโรคไฮโปไกลซีเมีย (Misra, 2011) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าหญ้าหวานที่สกัดด้วยน้ำสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ของแบคทีเรียที่ทำให้ฟันผุ จึงเป็นเหตุผลที่ดีในการใช้หญ้าหวานเป็นสารให้ความหวานในอาหารที่บริโภคกันอยู่ (สาโรจน์, 2541) หญ้าหวานมีสารให้ความหวานที่เรียกว่า สตีวิโอไซด์ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว โดยเฉลี่ยมีความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 200-300 เท่า แต่มีพลังงานต่ำกว่าถึง 300 เท่า มีรสฝาดขม แต่ after taste จืดเล็กน้อยหรือไม่มีรส ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง มีความคงตัวสูงต่อสภาพความเป็นกรด-ด่าง และสามารถใช้ได้ในสภาพที่ร้อนหรือเย็น ตลอดจนอุณหภูมิสูงมากขนาดอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ ซึ่งปริมาณของสารหวานที่มีในหญ้าหวานมีมากบริเวณใบ แต่ปริมาณไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับฤดูกาล อายุของต้นพืช สายพันธุ์ ระยะเวลาในการส่องสว่างของแสงแดดและ

---

[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

อุณหภูมิของอากาศ (Geuns, 2003) สำหรับการสกัดสตีวิโอไซด์ สามารถสกัดโดยใช้น้ำ เมทานอลและเอทานอลเป็นตัวทำละลาย และยังสามารถใช้ supercritical fluid extraction โดยใช้ CO_2 เป็นตัวทำละลายได้ แต่การใช้ CO_2 เพียงชนิดเดียวในการสกัดไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับการสกัดสารสตีวิโอไซด์ ซึ่งเป็นสารที่มีขั้วได้ เมื่อเทียบกับการใช้เมทานอล เอทานอล น้ำและตัวทำละลายผสมเป็นตัวทำละลายร่วม (Pasquel และคณะ, 2000; Choi และคณะ, 2002; Yoda และคณะ, 2003; Pol และคณะ, 2007) ซึ่งวิธีการสกัดด้วยน้ำเป็นวิธีที่สะดวก ง่าย และมีความปลอดภัยสูงมากต่อผู้บริโภค ในการสกัดสตีวิโอไซด์นอกจากต้องเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสมแล้วยังต้องคำนึงถึงอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดเพื่อให้สามารถสกัดสตีวิโอไซด์ออกมาให้มากที่สุด จากรายงานวิจัยของ Nishiyama และคณะ (1992) พบว่าการสกัดใบหญ้าหวานแห้งด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ให้ปริมาณของสตีวิโอไซด์มากที่สุด และสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ ขนาดอนุภาคของใบหญ้าหวานแห้งก่อนนำมาสกัด ควรให้มีขนาดเล็กโดยการบดละเอียดเพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการสกัด ถึงแม้มีรายงานว่ามีการสกัดสารให้ความหวานจากหญ้าหวาน แต่การสกัดสตีวิโอไซด์จากใบหญ้าหวานให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายอยู่ในรูปของผลึกสตีวิโอไซด์บริสุทธิ์นั้นเป็นวิธีการที่ต้องใช้ระยะเวลานานในการสกัด ยุ่งยาก ประกอบกับการใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ทำให้ต้องใช้ต้นทุนในการผลิตค่อนข้างมาก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาการสกัดสตีวิโอไซด์จากหญ้าหวานแห้งด้วยน้ำให้อยู่ในรูปของไซรัป (syrup) และศึกษาปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย เถ้า และ total phenolic ในหญ้าหวาน เพื่อให้เหมาะต่อการบริโภคและการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมใบหญ้าหวานแห้งปั่นด้วย blender ให้ละเอียด วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate compositions) ได้แก่ ความชื้น โดยการนำตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105°C นาน 2 ชั่วโมง ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl's method (AOAC, 1990) ปริมาณไขมัน โดยวิธี Gravimetric solvent extraction (AOAC, 1990) ปริมาณเถ้า โดยการเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600°C จนเป็นสีขาว (AOAC, 1990) ปริมาณไฟเบอร์ โดยวิธี acid detergent digestion (AOAC, 1990) และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990)

ศึกษาวิธีการสกัดสารให้ความหวานจากใบหญ้าหวาน โดยนำใบหญ้าหวานแห้งไปสกัดสารให้ความหวานด้วยน้ำในอัตราส่วนใบหญ้าหวานแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:35 (w/v) แปรอุณหภูมิการสกัดที่ 25°C และ 65°C สกัดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ระเหยแห้งด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 45°C ความดัน 70 mbar ให้อยู่ในรูปของไซรัป จากนั้นนำไปวิเคราะห์สารให้ความหวานสตีวิโอไซด์ไซรัป ได้แก่ ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (%Yield) ค่าสี (L*, a*, b* value) โดยใช้เครื่อง Colorimeter (รุ่น MiniScan, HunterLab, USA.) ค่าของแข็งละลายน้ำ (total soluble solids; TSS) ด้วย Refractometer (รุ่น PAL-α, ATAGO, Japan) รายงานผลเป็นองศาบริกซ์ (°Brix) และปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu's reagent ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ Kim และคณะ (2002) สารละลายตัวอย่างความเข้มข้น 0.1 mg/mL นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้กรดแกลลิคเป็นสารละลายมาตรฐาน รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (กรัมกรดแกลลิค ต่อ 100 กรัม) และทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสหวาน รสขม กลิ่นรสใบหญ้าหวาน และการยอมรับโดยรวม วิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) ให้คะแนนแบบ 7 point scoring test วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูลที่ระดับความน่าเชื่อถือ 95% ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ใบหญ้าหวานแห้งมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 12.51, 13.74, 1.67, 12.99, 18.28 และ 53.57 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sativa และคณะ (2004), Gisleine และคณะ (2006) และ Manish และ Rema (2006) โดยพบว่า ใบหญ้าหวานแห้งมีร้อยละปริมาณสารต่างๆ อยู่ในช่วง 6.20 - 20.42 (โปรตีน), 2.50 - 5.60 (ไขมัน),13.56 - 18.50 (เยื่อใย), 8.48 - 13.12 (เถ้า) และ 35.20 – 52.80 (คาร์โบไฮเดรต) ซึ่งมีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นสอดคล้องกับหญ้าหวานที่ปลูกในประเทศปารากวัยและอียิปต์ การสกัดสารให้ความหวาน (สตีวิโอไซด์) จากใบหญ้าหวานแห้งด้วยน้ำ โดยใช้อัตราส่วนใบหญ้าหวานแห้งต่อน้ำ เท่ากับ 1:35 (w/v) จากรายงานวิจัยของ Abou-Arab และคณะ (2010) สกัดใบหญ้าหวานแห้งในอัตราส่วนต่อน้ำเป็น 1:15-1:75 (w/v) พบว่า การใช้ปริมาณน้ำในการสกัดมากขึ้น ทำให้ได้ปริมาณของสตีวิโอไซด์มากขึ้น แต่ทำให้ความเข้มข้นของสตีวิโอไซด์ที่สกัดได้ลดลง โดยงานวิจัยนี้ได้สกัดสารให้ความหวานแปรอุณหภูมิ 25°C และ 65°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นระเหยแห้งโดยควบคุมให้มีค่าการละลายของของแข็งละลายน้ำอยู่

ในช่วง 66.50-66.90°Brix เนื่องจากเป็นค่าของสารละลายที่อยู่ในรูปแบบของไซรัป พบว่า สารหวานไซรัปที่สกัดที่อุณหภูมิ 65°C ให้ปริมาณร้อยละของผลผลิตสูงกว่าสารหวานไซรัปที่สกัดที่อุณหภูมิ 25°C คือ 77.05 และ 70.60 ตามลำดับ เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการสกัดสตีวิโอไซด์ เมื่อพืชที่นำมาสกัดถูกบดให้มีขนาดเล็กลง ทำให้ตัวทำละลายเข้าสู่ใบพืช ในขณะที่ตัวถูกละลายในใบพืชออกสู่ผิวหน้าหรือช่องว่างของพืช และการใช้อุณหภูมิสูงในการสกัดทำให้สัมประสิทธิ์ของการแพร่สูงขึ้น เกิดการถ่ายเทมวลสารของตัวถูกละลายจากผิวหน้าของพืชเข้าสู่สารละลายได้เร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Nishiyama และคณะ (1992) และเมื่อวัดค่าสีของสารหวานไซรัปพบว่า สารหวานไซรัปที่สกัดที่อุณหภูมิ 65°C มีค่าความสว่าง (L*) (71.94) มากกว่าสารหวานไซรัปที่สกัดที่อุณหภูมิ 25°C (66.05) โดยสีของสารหวานไซรัปที่สกัดได้จากทั้งสองอุณหภูมิมีเฉดสีเขียวเหลืองเข้ม และเมื่อนำสารหวานไซรัปที่ได้ไปศึกษาปริมาณสารฟีนอลิคพบว่า สารหวานไซรัปที่สกัดที่อุณหภูมิ 65°C ให้ปริมาณสารฟีนอลิคสูงกว่าสารหวานไซรัปที่สกัดที่อุณหภูมิ 25°C คือ 94.50 g/100g และ 89.35 g/100g ตามลำดับ เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดนาน ช่วยเพิ่มความสามารถในการสกัดสารฟีนอลิคได้ แต่ต้องควบคุมความร้อน อัตราการเขย่า และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดให้คงที่ เพื่อหลีกเลี่ยงการสลายตัวของสารฟีนอลิค โดยพบว่า เมื่อสกัดสารฟีนอลิคโดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำด้วย water bath เขย่าแบบคงที่ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 50 นาที ทำให้ได้ปริมาณของสารฟีนอลิคสูงที่สุด (Shi และคณะ, 2005; Quiros และคณะ, 2010) ส่วนรสชาติของสารหวานไซรัปที่สกัดที่อุณหภูมิ 25°C และ 65°C ให้รสหวานช้ากว่าน้ำตาลทรายแต่คงความหวานได้นานกว่า และมีกลิ่นไอของใบหญ้าหวานที่ให้ความรู้สึกหวานชุ่มคอคล้ายกับชะเอม

สรุปผล

การสกัดสารให้ความหวาน (สตีวิโอไซด์) จากใบหญ้าหวานแห้งด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 65°C ได้ปริมาณร้อยละของผลผลิต (%yield) มากกว่าการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 25°C จากลักษณะปรากฏของสารหวานไซรัปมีสีเขียวเหลืองเข้ม และปริมาณสารฟีนอลิคของสารหวานไซรัปที่สกัดที่อุณหภูมิ 65°C สูงกว่าสารหวานไซรัปที่สกัดที่อุณหภูมิ 25°C และการสกัดด้วยน้ำยังมีความปลอดภัยในการบริโภคอีกด้วย

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา และการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

สาโรจน์ ศิริศันสนียกุล, 2541, หญ้าหวานสตีเวีย, ส่งเสริมเทคโนโลยี, 25(139): 160-163.

Abou-Arab, A.E., Abou-Arab, A.A. and Abu-Salem, M.F., 2010, Physico-chemical Assessment of Natural Sweeteners Steviosides Produced from *Stevia rebaudiana* Bertoni Plant, African Journal of Food Science, 4(5): 269- 281.

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

Choi, Y., Kim, I., Yoon, K., Lee, S., Kim, C. and Yoo, K., 2002, Supercritical Fluid Extraction and Liquid Chromatographic-Electrospray Mass Spectrometric Analysis of Stevioside from *Stevia rebaudiana* Leaves, Chromatographia, 55: 617-620.

Geuns, M.C., 2003, Stevioside, Phytochemistry, 64: 913–921.

Gisleine, E.C., Abdol, H.A, Caudio, C.A., Letícia, A.F.F., Gilson, T., Mirian, H.T., Wilson, E.F. and Roberto, B.B., 2006, Investigation of the Tolerability of Oral Stevioside in Brazilian Hyperlipidemic Patients, International Journal of Archives of Biology and Technology, 49(4): 583-587.

Kim, D.O. and Lee, C.Y., 2002, Extraction and Isolation of Polyphenolics, Current Protocols in Food Analytical Chemistry, R. E., Wrolstad., New York, 1121-1122.

Manish, T. and Rema, S., 2006, Preliminary Studies on *Stevia rebaudianci* Leaves Proximal Composition, Mineral Analysis and Phytochemical Screening, Journal of Medical Sciences, 6: 321-326.

Misra, H., Soni, M., Silawat, N., Mehta, D., Mehta, B.K. and Jain, D.C., 2011, Antidiabetic Activity of Medium-polar Extract from the Leaves of *Stevia rebaudiana* Bert. (Bertoni) on Alloxan-induced Diabetic Rats, Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences, 3(2): 242–248.

Nishiyama, P., Alvarez, M. and Vieira, L.G., 1992, Quantitative Analysis of stevioside in the Leaves of *Stevia rebaudiana* by Near Infrared Reflectance Spectroscopy, Journal of the Science of Food and Agriculture, 59: 277-281.

Pasquel, A., Meireles, M., Marques, M. and Petenate, A., 2000, Extraction of stevia Glycosides with CO_2 + water, CO_2 + ethanol, and CO_2 + water + ethanol, Brazilian Journal of Chemical Engineering, 17: 1-16.

Pol, J., Ostra, E.V., Karasek, P., Roth, M., Karolinka, B. and Kotlarikova, P., 2007, Comparison of two Different Solvents Employed for Pressurized Fluid Extraction of Stevioside from *Stevia rebaudiana*: Methanol Versus water, Analytical and Bioanalytical Chemistry, 388: 1847-1857.

Quiros, A.R.B., Lage-Yusty, M.A. and Lopez-Hernandez, J., 2010, Determination of Phenolic Compounds in Macroalgae for Human Consumption, Food Chemistry, 121: 634-638.

Savita, S.M., Sheela, K. and Sunanda, S., 2004, *Stevia Rebaudiana*-A Functional Component for Food Industry, Journal of Human Ecology, 15: 261-264.

Shi, J., Nawaz, H., Pohorly, J., Mittal, G., KaKuda, Y. and Jiang, Y., 2005, Extration of Polyphenolics from Plant Material for Functional Foods-Engineering and Technology, Food Reviews International, 21: 139-166.

Yoda, S., Marques, M., Petenate, A. and Meireles, M., 2003, Supercritical Fluid Extraction from *Stevia rebaudiana* Bertoni Using CO_2 and CO_2 + water: Extraction Kinetics and Identification of Extracted Components, Journal of Food Engineering, 57: 125-134.

Table 1 Chemical composition of dry stevia leaves

Sample	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Carbohydrate (%)	Fiber (%)	Ash (%)
Dry stevia leaves	12.51±0.09	13.74±0.47	1.67±0.09	53.57±0.34	12.99±0.47	18.28±0.05

Table 2 Physical properties and phenolic content of stevia extract

Temperature	°Brix	%Yield	Color					Total phenolic
			L*	a*	b*	c*	h°	(g/100g)
25°C	66.80	70.60^{b}±0.50	66.05^{b}±0.10	7.55^{a}±0.03	56.87	57.37	82.44^{b}±0.03	89.35^{b}±4.15
65°C	66.60	77.05^{a}±1.45	71.94^{a}±0.59	6.03^{b}±0.45	56.14	56.46	83.88^{a}±0.40	94.50^{a}±1.10
F-test	ns	**	**	**	ns	ns	**	**
%C.V.	0.15	1.45	0.60	4.15	0.70	1.15	0.10	0.56
LSD	1.91	2.46	0.94	0.64	0.89	1.48	0.19	1.07

Remark: ** a, b, c,… letters of the same column are significantly different at $p \leq 0.05$; ns = Non Significant

การศึกษาคุณสมบัติทางกล และ กายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมสารพอลิแซคคาไรด์

Physical and Mechanical Properties of Edible Film from Cassava Starch Mixed with Polysaccharide

จุฑาทิพย์ สินสวัสดิ์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Sinsawad, J.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

The study was to investigate the physical and mechanical properties of edible film produced from cassava starch at 5% (w/v) mixed with 5 polysaccharide; carrageenan, chitosan, pectin, agar and methylcellulose at 0.25% (w/w) and mixed with 30% sorbitol and glycerol as plasticizer. Films were dried at 50 °C for 12 h. Water vapor transmission rate (WVTR), solubility, tensile strength (TS) and elongation (E) were evaluated. Cassava films mixed with either sorbitol or glycerol had low water vapor transmission rate at 1.31×10^{-4} and 1.09×10^{-4} g/cm^2/h, respectively. Oxygen transmission rate of cassava starch film mixed with polysaccharide were not significant difference. Moreover, sorbitol plasticized cassava starch film mixed with agar had a greater elongation than those of other cassava films.

Keywords: edible film, cassava starch, polysaccharide, physical and mechanical properties

บทคัดย่อ

งานวิจัยเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์มบริโภคได้ผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง ความเข้มข้น 5% (w/w) ผสมสารพอลิแซคคาไรด์ 5 ชนิดคือ คาราจีแนน ไคโตแซน เพคติน อาการ์และเมธิลเซลลูโลส ความเข้มข้น 0.25%(w/w) และเติมพลาสติไซเซอร์ 2 ชนิด คือ ซอร์บิทอล และกลีเซอรอล ความเข้มข้น 30% และทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทดสอบคุณสมบัติทางกล-กายภาพ ได้แก่ อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) การละลาย (solubility) ความทนต่อแรงยึด (tensile strength, TS) และการยืดตัว (elongation, E) พบว่า ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมซอร์บิทอลและกลีเซอรอล มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ เท่ากับ1.31×10^{-4} และ 1.09×10^{-4} g/cm^2/h ตามลำดับ และฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผสมสารพอลิแซคคาไรด์มีค่าอัตราซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนที่ไม่แตกต่างกัน สำหรับความทนต่อแรงยึด และการยืดตัวของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมอาการ์ที่มีซอร์บิทอลเป็นพาสติไซเซอร์มีความทนต่อแรงยึดและการยืดตัวสูงกว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังชนิดอื่นๆ

คำสำคัญ: ฟิล์มบริโภคได้ แป้งมันสำปะหลัง พอลิแซคคาไรด์ คุณสมบัติทางกลและกายภาพ

คำนำ

ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งมีสาเหตุจากวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทำให้เกิดมลพิษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากบรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงบรรจุภัณฑ์อาหาร ซึ่งบรรจุภัณฑ์อาหารที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือฟิล์มพลาสติก ถึงแม้ฟิล์มพลาสติกมีข้อดีหลายประการ เช่น คุณสมบัติไม่ละลายน้ำ และป้องกันก๊าซไม่ให้ผ่านเข้าสู่อาหาร สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น อีกทั้งมีความปลอดภัย แต่ข้อเสียจากปัญหาจากการย่อยสลายได้ยากและใช้ระยะเวลานาน ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบดังกล่าวและรักษาสภาพแวดล้อมจึงมีการศึกษาพัฒนากรรมวิธีในการผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งการทำฟิล์มที่บริโภคได้ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบ ราคา สมบัติทางเชิงกล และการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตฟิล์มที่บริโภคได้เน้นการผลิตฟิล์มประกอบที่มีส่วนผสมระหว่างพอลิแซคคาไรด์ โปรตีน และลิปิด เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์ม (Garcia และคณะ, 2004) ซึ่งพบว่าฟิล์มที่บริโภคได้ที่ผลิตจากแป้ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง เป็นโพลิแซคคาไรด์ธรรมชาติ ย่อยสลายได้ ราคาถูก สมบัติเชิงกลของฟิล์มแป้งขึ้นกับอัตราปริมาณอะมิโลสและอะมิโลเพคติน (Bader และ Goritz, 1994) อย่างไรก็ตามในการนำฟิล์มแป้งไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมีข้อจำกัด ได้แก่ ฟิล์มแตกเปราะง่าย และมีการละลายน้ำและอัตราการซึมผ่านของไอน้ำสูง ดังนั้นจึงต้องเติมสารพลาสติไซ

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

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

เซอร์ เช่น ซอร์บิทอล กลีเซอรอล เป็นต้น เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มแป้ง (Krogars และคณะ, 2003) สำหรับฟิล์มประกอบจากโพลิแซคคาไรด์หลายชนิด ส่งผลให้ฟิล์มมีสมบัติที่ดีขึ้น เช่น ฟิล์มแป้งผสมเซลลูโลส (Psomiadou และคณะ, 1996) ไคโตแซน (Bourtoom และ Chinnan, 2008) เพคติน (Fishman และคณะ,1996) และ คาราจีแนน (Nussinovitch และคณะ, 2003) พบว่า คาราจีแนนสกัดมาจากสาหร่ายสีแดง มีโครงสร้างโมเลกุลที่เชื่อมต่อกันประกอบไปด้วยโมเลกุลไดแซคคาไรด์ที่ซ้ำกันของ β-(1,3)-D-galactose-4-sufate และα-(1,4)-3,6-anhydro-D-galactose (Picutell, 1995) มีคุณสมบัติในการเกิดเจลที่ดีและให้ความคงตัวสูง (Lafargue และคณะ, 2007) ไคโตแซน มีโครงสร้างประกอบด้วย 2 amino-2-deoxy- β -D-glycopyranose มีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านไอน้ำต่ำ (Butler และคณะ, 1996) เพคติน มีโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วย β-1,4 D-galacturonic acid และ α-1,4 D- galacturonic acid-α-1,2-rhamnose (Savary และ Nunez, 2004) มีคุณสมบัติเป็นสารทำให้เกิดเจล และสารให้ความคงตัว เมธิลเซลลูโลส มีคุณสมบัติทำให้เกิดเจล และต้านการซึมผ่านของไอน้ำ (Notley และคณะ, 2006) ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มที่ผสมสารพอลิแซคคาไรด์ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้คุณสมบัติทางกลและกายภาพที่มีประสิทธิภาพ มีคุณสมบัติที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้แป้งมันสำปะหลัง 5% (แป้ง 5 กรัมในน้ำ 100 มิลลิลิตร) และเติมสารพอลิแซคคาไรด์ 0.25% ของน้ำหนักแป้ง ต้มแป้งจนสุกบน hot plate กวนจนเหนียวข้นหนืด สำหรับไคโตแซนเตรียมในอัตราส่วน 1:1 (โดยใช้ไคโตแซน 0.25% ในกรดอะซิติก 1%) ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น 10 นาที เติมสารพลาสติไซเซอร์ (ซอร์บิทอล, กลีเซอรอล) 30%ของน้ำหนักแป้ง เทสารละลายลงในแม่พิมพ์ ทำแห้งด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ (waterbath) ที่อุณหภูมิ 50^{o}C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง วิเคราะห์คุณสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ ความหนา (thickness) (Fisher Scienific, Pittsburg, PA) การซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission) (ASTM E96-80,1965) การละลายน้ำ (WSI) (AACC method 56-20) การต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength) และการยืดตัว(elongation) (ASTM, 1989) โดยวางแผนการทดลองแบบ 6×2 factorial in RCBD (randomized complete block design) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ SAS Program (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันปะหลังและฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมสารพอลิแซคคาไรด์มีคุณสมบัติทางกลและกายภาพ ได้แก่ การซึมผ่านไอน้ำ ความชื้น การละลายน้ำ การยืดตัว และการต้านแรงดึงขาด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (Table1) อาจเนื่องมาจากการเติมสารพอลิแซคคาไรด์ลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง และเมื่อฟิล์มแป้งได้รับความร้อนเกิดการเจลาติไนซ์ จนเป็นสารละลายที่มีความหนืดและใส ทำให้ฟิล์มที่ได้มีลักษณะ ใส โปร่งแสง มันวาวและเรียบทั้งสองด้าน ยืดหยุ่น และนุ่ม นอกจากนี้เมื่อเติมพลาสติไซเซอร์ มีผลทำให้ยืดหยุ่นและละลายน้ำเพิ่มขึ้น เพราะพลาสติไซเซอร์แทรกตัวและยึดจับกับโมเลกุลของแป้ง เป็นผลทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของ พลาสติไซเซอร์กับสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้เคียงกับอ่อนตัวลงจนเกิดโครงสร้างของโมเลกุลที่ยืดหยุ่น ลดความเปราะและเพิ่มการซึมผ่านของฟิล์ม ซึ่งการต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวของฟิล์มมีค่าผกผันกัน และเมื่อเติมสารพอลิแซคคาไรด์ ส่งผลให้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังสามารถละลายน้ำได้สูงขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบของพอลิแซคคาไรด์สามารถแทรกตัวและสร้างพันธะกับโมเลกุลของแป้ง ทำให้พันธะไฮโดรเจนนั้นอ่อนแอลง ฟิล์มแป้งจึงมีการละลายน้ำสูงขึ้นและอัตราการซึมผ่านไอน้ำเพิ่มขึ้น (วรรณา, 2549; Cho และคณะ, 2010) แต่พบว่าเมื่อเติมไคโตแซน คาราจีแนน และอาการ์มีการซึมผ่านไอน้ำต่ำลง เนื่องจากองค์ประกอบในสารพอลิแซคคาไรด์ มีผลต่ออัตราการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มเพิ่มขึ้น การยืดตัวของฟิล์มมีค่าลดลง (Laohakunjit และ Noomhorm, 2004) และทำให้มีคุณสมบัติด้านการซึมผ่านไอน้ำต่ำ นอกจากนั้นยังพบว่าในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่มีซอร์บิทอลเป็นพาสติไซเซอร์มีแรงต้านทานการดึงขาด 21.82 MPa และการยืดตัวร้อยละ 3.95 แต่ในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมอาการ์ที่มีซอร์บิทอลเป็นพาสติไซเซอร์มีแรงต้านทานแรงดึงขาด 97.57 MPa และการยืดตัวร้อยละ 3.12

สำหรับอัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มพบว่า ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่มีซอร์บิทอล และกลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์มีอัตราค่าซึมผ่านไอน้ำ คือ 1.31×10^{-4} และ 1.09×10^{-4} g/m^{2}/day ตามลำดับ พบว่าในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมอา

การ์ที่มีซอร์บิทอลและกลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำลดลง คือ 4.1 $\times 10^{-5}$ และ 2×10^{-5} g/m^2/day ขณะที่ความชื้นของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมสารพอลิแซคคาไรด์มีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับร้อยละ 1.73 – 0 อย่างไรก็ตาม ค่าความชื้นของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมเพคตินมีค่าต่ำกว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังชนิดอื่นๆ

สรุปผล

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพบว่าสารพอลิแซคคาไรด์ และ พลาสติไซเซอร์ไม่มีอิทธิพลต่อการซึมผ่านของออกซิเจน และยังพบอีกว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมอาการ์โดยใช้กลีเซอรอลเป็นพาสติไซเซอร์มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำน้อยที่สุด และนอกจากนี้การใช้ซอร์บิทอลเป็นพลาสติไซเซอร์ในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังมีความทนต่อแรงยืด และการยืดตัวของฟิล์มสูงกว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังชนิดอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

วรรณา ตุลยธัญ, 2551, เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 66 หน้า

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, Philadephia, USA, p. 182-189.

Bander, H.G. and Goritz, D., 1994, Investigations on High Amylase Corn Starch film 3: Stress-Stain Behavior 96-80, Annual Book of ATSM Standard, Philadelphia.

Bourtoom, T. and Chinnan, M.S., 2008, Preparation and Properties of Rice Starch–Chitosan Blend Biodegradble Film, Lebensmittel –Wissenschaft and –Technologie, 41: 1633-1641.

Cho, S.Y., Lee, S.Y. and Rhee, C., 2010, Edible Oxygen Barrier bilayer Film Pouches from Corn Zein and Soy Protein Isolate, Food Science and Technology, 43(8): 1-6.

Fishman, M.L., Coffin, D.R. Unruh, J.J. and Ly, T., 1996, Pectin/starch/Glycerol Film: Blend or Composites, journal of Macromolecular Science-Pure and Applied Chemistry, 33(5): 639-654

Garcia, M.A., Pinotti, A., Martino, M.N. and Zaritzky, N.E., 2004, Characterization of Composite Hydrocolloid Films, Carbohydrate Polymers, 56: 339-345.

Krogars, K., Heinamaki, J., Vesalahiti, J., Marvola, M., Antikainen, O. and Yliruusi, J., 2003, Extrusion-Spheronization of pH-sensitive Polymeric Metrix Pellets for Possible Colonic Drung Delivery, International Journal of Pharmaceutics, 199(2): 187-194.

Lafargue, D., Lourdin, D. and Doublier, J.L., 2007, Film-forming Properties of a Modified Starch/K-carrageenan Mixture in Relation to Its Rheological Behavior, Carbohydrate Polymer, 70: 101-111.

Laohakunjit, N. and Noomhorm, A., 2004, Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch film, Starch/Starke, 56(8): 348-356.

Piculell, L., 1995, Chapter 8: Gelling Carrageenans, In Stephen, A.M. (Ed.), Food Polysaccharides and Their Applications, Marcel Dekker, Lnc., New York, pp. 205-244.

Psomiadou, E., Arvanitoyannis, I. and Yamamoto, N., 1996, Edible Film Made from Natural Resources; Microcrystalline Cellulose (MCC), Methylcellulose (MC) and Corn Starch: Part 2, Carbohydrate Polymer, 31: 193-204.

Savary, B.J. and Nunez, A., 2004, Gas Chromatography-Mass Spectrometry Method for Determining the Methanol and Acetic Acid Contents of Pectin Using Headspace Solid-Phase Micro-extraction and Stable Isotope Dilution, Journal of Chromatography A, 1017: 151-159.

Table 1 Effect of carbohydrate on physical properties; Oxygen transmission rate (OTR), water vapor transmission rate (WVTR), solubility, Moisture Content, tensile strength (TS) and elongation (E) of cassava starch

Starch	Carbohydrate	Plasticizer	OTR (10^{-5} g/cm^2/hr)	WVTR (10^{-4} g/m^2/day)	Moisture Content (%)	WSI(%)	TS(MPa)	E(%)
Cassava	Control	sorbital	4.58	1.31^{a}	1.73^{a}	9.55^{f}	21.82^{f}	3.95^{cd}
		glycerol	4.58	1.09^{b}	1.1^{c}	11.56^{d}	42.08^{c}	4.18^{cd}
	carrageenan	sorbital	5.72	0.78^{bc}	0.53^{ef}	11.67^{d}	20.82^{f}	4.64^{c}
		glycerol	4.58	$1.0d^{b}$	1.03^{d}	14.05^{b}	67.18^{b}	6.19^{ab}
	chitosan	sorbital	4.58	0.4^{e}	0.13^{g}	10.79^{e}	37.85^{d}	6.03^{b}
		glycerol	5.72	0.66^{c}	0.67^{e}	11.2^{de}	39.91^{cd}	6.51^{a}
	agar	sorbital	4.58	0.41^{e}	0.33^{fg}	12.67^{c}	97.57^{a}	3.12^{e}
		glycerol	5.72	0.2^{f}	0.5^{ef}	13.58^{b}	42.59^{c}	4.0^{d}
	pectin	sorbital	5.72	1.42^{a}	0^{h}	12.35^{c}	14.06^{g}	6.17^{ab}
		glycerol	6.87	1.5^{a}	1.5^{b}	13.49^{b}	18.65^{f}	4.58^{c}
	methylcellulose	sorbital	4.58	1.35^{a}	1.3^{b}c	10.67^{e}	22.08^{ef}	3.78^{de}
		glycerol	4.58	1.4^{a}	1.4^{b}	14.98^{a}	25.56^{e}	3.16^{e}
F-test			ns	**	**	**	**	**
LSD			1.69	3.19	0.23	0.58	3.71	0.78
c.v.(%)			36.78	16.23	2.82	5.87	8.80	6.37

Remark: ** Signification at $p \leq 0.05$

a,b,c,… Detain each column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดผักเบี้ยทะเล (*Sesuvium portulacastrum*)

Chemical Composition of Plant Extract from *Sesuvium portulacastrum*

กันยารัตน์ มาแย้ม[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และสรัญญา วัชโรทัย[2]

Mayaem, K.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Vajrodaya, S.[2]

Abstract

Plant extracts from fresh and dried leaves of *Sesuvium portulacastrum* were obtained by methanolic extraction. The extracts were identified by gas chromatography and mass spectrophotometry (GC-MS). Yield of fresh *S. portulacastrum* extracts (38.56%) was greater than that dry leaves *S. portulacastrum* extracts (30.13%). The refractive index of fresh and dried *S. portulacastrum* extracts were 10.8 and 20.8, respectively. However, major volatile compounds of *S. portulacastrum* extracts were cyclotriacontane, heptafluorobutyric acid, 1,30-triacontanediol, 1-dodecanol, hexadecane, nonyl cyclopropane, octadecane, Ergost-5-en-3-ol, and phenacyl thiocyanate. The results also showed that methanolic *S. portulacastrum* extracts could toxic to kill maize weevils (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) at a greater than 80% within 3 days.

Keywords: *Sesuvium portulacastrum*, methanolic extraction, volatile compound, maize weevil

บทคัดย่อ

สารสกัดจากผักเบี้ยทะเล (สดและแห้ง) (*Sesuvium portulacastrum*) โดยใช้เมทานอล และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดย gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) พบว่า %yield ของสารสกัดผักเบี้ยทะเลสด (38.56%) สูงกว่าสารสกัดผักเบี้ยทะเลแห้ง (30.13%) และสารสกัดจากผักเบี้ยทะเลสดและแห้งมีค่า refractive index เท่ากับ 10.8 และ 20.8 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสารหอมระเหยที่สำคัญในสารสกัดผักเบี้ยทะเล ได้แก่ cyclotriacontane, heptafluorobutyric acid, 1,30-triacontanediol, 1-dodecanol, hexadecane, nonyl cyclopropane, octadecane, ergost-5-en-3-ol และ phenacyl thiocyanate เมื่อนำสารสกัดดังกล่าวมาทดสอบกับตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด (maize weevil; *Sitophilus zeamais* Motschulsky) สามารถทำให้แมลงตายได้ มากกว่า 80% ภายใน 3 วัน

คำสำคัญ: ผักเบี้ยทะเล การสกัดด้วยเมทานอล สารหอมระเหย ด้วงงวงข้าวโพด

คำนำ

ผักเบี้ยทะเล (Sesuvium portulacastrum) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ AIZOACEAE เป็นพืชคลุมดินที่พบในบริเวณชายหาด ทอดลำต้นติดต่อกันเป็นร่างแห ลำต้นเรียบ หนา ขึ้นได้ทั้งบนทรายและหิน ใบสีเขียวอวบน้ำ เรียวเล็ก ใบหนาเพื่อเก็บน้ำและป้องกันการสูญเสียน้ำ ดอกสีม่วงอมชมพู เป็นพืชที่เจริญได้ดีในทราย ดินเหนียวตามชายฝั่ง และหาดหิน พบได้ทั่วโลกทั้งในทวีปแอฟริกา เอเชีย ออสเตรเลีย อเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ ขึ้นทั่วไปบริเวณป่าชายเลน ชอบขึ้นในที่ชื้นและน้ำท่วมไม่ถึง และมีงานวิจัยพบว่ามีสารสำคัญ ที่มีคุณสมบัติเป็นสาร antibacterial, antifungal, antioxidant (Magwa และคณะ, 2006) และยังพบว่ามีประโยชน์ในด้านอื่นๆ อีก ผักเบี้ยทะเลมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในเรื่องของการนำผลิตเป็นอาหารสัตว์เพื่อกระตุ้นให้สัตว์ในกลุ่มครัสตราเชียนเช่น กุ้ง ปู ให้มีการลอกคราบได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำมาผลิตเป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพ (Kloos และคณะ, 1982) ปัญหาที่สำคัญในการเก็บรักษาข้าว คือ การปนเปื้อนหรือการเข้าทำลายของแมลงต่างๆ (insect infestation) โดยเฉพาะด้วงงวงข้าวโพด (maize weevil; *Sitophilus zeamais* Motschulsky) และมอดแป้ง (red flour beetle; *Tribolium castaneum* Herbst) (Kerdchochuen และคณะ, 2010) การป้องกันแมลงเหล่านี้มักใช้สารเคมี แต่การใช้สารเคมีเหล่านี้เป็นระยะเวลานาน นอกจากแมลงสร้างความต้านทานได้แล้ว อาจส่งผลเสียต่อ สภาพแวดล้อม มีสารตกค้างในผลผลิต และอันตรายต่อผู้ใช้และผู้บริโภค แนวทางหนึ่ง

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน 49 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's Universty of Technology Thonburi, Bangkuntein Campus, 49 Thakam, Bangkhunteun, Bangkok 10150

[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนพหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพ 10900

[2] School of Science, Kasetsart University, 50 Phahonyotin, Chatuchak, Bangkok 10900

คือการใช้สารธรรมชาติ เช่น น้ำมันหอมระเหย ซึ่งไม่อันตรายและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Zapataa และคณะ, 2010) เนื่องจากมีงานวิจัยที่พบว่าองค์ประกอบต่างๆ ในน้ำมันหอมระเหยที่มีสารสำคัญพวก mono-, sesqui- และ triterpenoid สารเหล่านี้ไปมีผลต่อโครงสร้างของแมลง (Tapondjou และคณะ, 2005) ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์ในการสกัดและศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยโดยใช้เป็นสาร biological activities เพื่อควบคุมการเข้าทำลายด้วงงวงข้าวโพด

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผักเบี้ยทะเลมาล้างทำความสะอาดแล้วผึ่งให้แห้ง แบ่งตัวอย่างผักเบี้ยทะเลออกเป็นแบบสดและแห้ง โดยนำผักเบี้ยทะเลสด จำนวน 50.00 กรัม นำมาสกัดด้วยเมทานอล 150 mL แช่นาน 1 ชั่วโมง สำหรับผักเบี้ยทะเลแห้งนำมาอบที่อุณหภูมิ 50°C 24 ชั่วโมง แล้วสกัดด้วยเมทานอลเช่นเดียวกับผักเบี้ยทะเลสด หลังจากนั้นนำมาระเหยเมทานอล ด้วยเครื่อง rotary evaporator รุ่น R-200 vacuum controller V-800 บริษัท Buchi ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ใช้ความดัน 337 bar อุณหภูมิ 40°C เก็บน้ำมันหอมระเหยในขวด ที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีและกายภาพ ได้แก่

% yield ของน้ำมันหอมระเหย

โดยใช้สูตร % yield (v/w)(dry weight) = $\frac{\text{volume of essential oil (ml)}}{\text{weight of raw materials}} \times 100$ %

ค่า Refractive index (RI)

หยดน้ำมันหอมระเหย 1-2 หยด ที่สกัดได้ลงบนปริซึมของเครื่อง hand-held refractometer และปรับค่าจนเห็นเส้นแบ่งแถบสว่างได้ชัดเจน บันทึกอุณหภูมิและอ่านค่า refractive index (RI) ที่ได้

วิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยด้วย GC-MS รุ่น CTC CombiPAL บริษัท Agilent Technology โดยใช้ capillary คอลัมน์ชนิด: DB5 (30 m length × 0.25 mm i.d. × 0.25 μm film thickness) มีสภาวะดังนี้ initial oven temperature 40°C เพิ่มอัตรา 8°C/min จนถึง 120°C เพิ่ม 10°C/min ใช้ helium gas เป็น carrier gas และแปลผลโดยเทียบกับ library ของ NIST และ Wiley และนำมาเทียบกับค่า retention index (RI) ที่ได้จากสาร n-alkanes (C8-C14)

ตรวจสอบประสิทธิภาพความเป็นพิษ (toxicity) ของน้ำมันหอมระเหยต่อด้วงงวงข้าวโพดบนกระดาษกรอง ดัดแปลงจาก Tapondjou และคณะ (2005) นำน้ำมันหอมระเหยผักเบี้ยทะเลทั้งสดและแห้งที่สกัดได้ใน 1 mL ของ acetone มาหยดลงบนกระดาษกรอง (Whatman No.1) เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 mm พื้นที่ 38.5 cm^2 นำกระดาษกรองวางไว้ใน petri dish จากนั้นปล่อยให้ acetone ระเหยไปก่อน 10 นาที นำมาทดสอบกับด้วงงวงข้าวโพด โดยใส่ด้วงงวงข้าวระยะตัวเต็มวัย 3-7 วัน ลงไปจำนวน 10 ตัว วางในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง ทำ 4 ซ้ำ บันทึกอัตราการตายทุกวันจนถึงวันที่ 5 (Abbott, 1925)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สารสกัดผักเบี้ยทะเลสด ให้ % yield สูงกว่าสารสกัดผักเบี้ยทะเลแห้ง โดยมี % yield เท่ากับ 38.56 และ 30.13% ตามลำดับ (Table 1) สำหรับค่า refractive index (RI) ของน้ำมันหอมระเหยผักเบี้ยทะเลสดและแห้ง มีค่าเท่ากับ 10.8 และ 20.8 ตามลำดับ (Table 1) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยผักเบี้ยทะเลทั้งสดและแห้งที่สกัดด้วยตัวละลายเมทานอล พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากผักเบี้ยสดมีองค์ประกอบที่สำคัญ 13 ชนิด แต่สารหอมระเหยที่พบปริมาณสูงที่สุด ได้แก่ nonyl cyclopropane, octadecane, ergost-5-en-3-ol และ phenacyl thiocyanate ซึ่ง % relative peak area เท่ากับ 45.76, 17.11, 10.17 และ 9.20 ตามลำดับ (Table 2) ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากผักเบี้ยทะเลแห้งมีสารหอมระเหยที่สำคัญ 14 ชนิด และสารที่พบปริมาณสูงสุด คือ cyclotriacontane, heptafluorobutyric acid, 1,30-Triacontanediol, 1-dodecanol, hexadecane มี % relative peak area เท่ากับ 20.77, 19.36, 16.56, 16.21 และ 10.28 ตามลำดับ (Table 3)

สำหรับการตรวจสอบประสิทธิภาพความเป็นพิษต่อด้วงงวงข้าวโพดบนกระดาษกรองของสารสกัดจากผักเบี้ยทะเลสดและแห้ง พบว่าน้ำมันหอมระเหยผักเบี้ยสดและแห้ง สามารถทำให้แมลงตายได้ มากกว่า 80% ภายใน 3 วัน (Figure 1) การที่น้ำมันหอมระเหยผักเบี้ยทะเลมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลง อาจเนื่องจากมีสาร mono-, sesqui- และ triterpenoid ที่มีฤทธิ์ในการฆ่าแมลงแบบถูกตัวตาย (Tapondjou และคณะ, 2005) ซึ่งมีผลต่อโครงสร้างแมลงที่เป็น

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง แต่มีระบบประสาทและระบบทางเดินหายใจกระจายอยู่ทั่วตัว โดยมีกลไกการออกฤทธิ์ยับยั้งแบบ reversible competitive inhibitor ต่อ enzyme acetylcholinesterase (Ryan และ Byrne, 1988)

สรุปผล

สารสกัดจากผักเบี้ยทะเลสดและแห้ง (*Sesuvium portulacastrum*) ด้วยตัวทำละลายเมทานอล มีองค์ประกอบสำคัญหลายชนิด นอกจากนี้ยังพบว่าผักเบี้ยทะเลมีสารคล้ายเบตา-เอคไดโซน (20–hydroxyecdysone) ซึ่งเป็นฮอร์โมนลอกคราบ ซึ่งสารสำคัญเหล่านี้ ทำให้น้ำมันหอมระเหยผักเบี้ยทะเลมีประสิทธิภาพที่สามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดได้และสามารถทำให้แมลงตายได้ มากกว่า 80% ภายใน 3 วัน

เอกสารอ้างอิง

ดวงฤดี หวั้นหนู, 2553, การพัฒนาฟิล์มที่บริโภคได้ผสมน้ำมันหอมระเหยสำหรับยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียในบรรจุภัณฑ์ข้าวและธัญพืช, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พรทิพย์ วิสารทานนท์, 2548, แมลงที่พบในผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด, สำนักวิจัยและพัฒนาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 150 หน้า

วรัญญา วรรณคุณ, 2550, การป้องกันแมลงศัตรูข้าวอินทรีย์โดยใช้พืชพื้นบ้าน : กรณีศึกษาการใช้พืชบดผงในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี .

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2550, ศูนย์วิจัยกสิกรไทย [สืบค้น], http://www.kasikornresearch.com/TH/Pages/Default.aspx [4/May /12]

สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, 2542, การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวอินทรีย์กรุงเทพมหานคร.

Abbott, W.S., 1925, A Method of Computing of Computing the Effectiveness of an Insecticide, Journal of Economic Entomology, 18: 265-267.

Kerdchoechuen, O., Laohakunjit, N., Singkornard, S. and Matta, F.B., 2010, Essential Oils from Six Herbal Plants for Biocontrol of the Maize weevil, HortScience, 45: 592-598.

Magwa, M.L., Mazuru, G., Gweru, N. and Humphrey, G., 2006, Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oil from the Leaves of *Sesuvium Portulacastrum*, Journal of Ethnopharmacology, 103: 85–89.

Ryan, M.F. and Byrne, O., 1988, Plant-Insect Coevolution and Inhibition of Acetylcholinesterase, Journal of Chemical Ecology, 14: 1965-1975.

Tapondjou, A.L., Adler, C., Fontem, D.A., Bouda, H. and Reichmuth, C., 2005, Bioactivity of Cymol and Essential Oil of Eucalyptus Saligna and Cupressus Sempervirens against *Sitophilus Zeamais* Motschulsky and *Tribolium Confusum* du val, Journal of Stored Products Reearch, 41: 91-102.

Table 1 Physical properties of essential oil from *Sesuvium portulacastrum* extracted by methanolic extraction

Plant material	% yield	Refractive index
Fresh	38.56	10.8
dry	30.13	20.8

Table 2 Volatile compounds of essential oil from fresh *Sesuvium portulacastrum* extracted by methanolic extraction

compounds	RI*	%Relative peak area
phenacyl thiocyanate	866	9.20
nonane	972	0.83
decane	1049	3.80
benzyl chloride	1062	0.65
dodecane	1181	0.85
Tetradecane	1306	1.16
nonyl cyclopropane	1336	45.76
2,6-bis(1,1-dimethylethyl) phenol	1344	2.81
3-eicosene	1352	0.31
1,2-dimethyl-cyclooctane	1361	0.07
hexadecane	1372	1.25
octadecane	1423	17.11
ergost-5-en-3-ol	1449	10.17

Table 3 Volatile compounds of essential oil from dried *Sesuvium portulacastrum* extracted by methanolic extraction

compounds	RI*	%Relative peak area
2-Phenylbutenolide	861	1.41
nonane	974	0.40
formimidic acid	1013	0.18
decane	1050	1.54
benzyl chloride	1063	0.20
2-ethyl-1-hexanol	1072	0.23
dodecane	1181	0.44
tetradecane	1306	0.45
1-Dodecanol	1334	16.21
hexadecane	1372	10.28
1-Bromoeicosane	1377	2.82
heptafluorobutyric acid	1396	19.36
1,30-Triacontanediol	1405	16.56
cyclotriacontane	1410	20.77

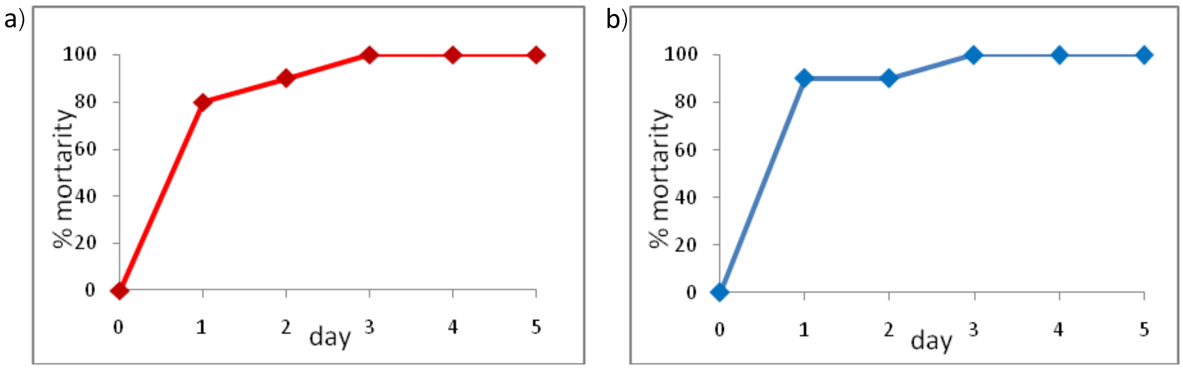


Figure 1 Percentage mortality of *Sitophilus zeamais* exposed to essential oil from a) fresh and b) dried leaves of *Sesuvium portulacastrum* impregnated on filter paper

สมบัติการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเพปไทด์จากโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายด้วยโบรมิเลน

Bioactive Peptide from Seaweed Protein Hydrolyzed by Bromelain

อรพรรณ เสลามาศสกุล[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Selamassakul, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Bioactive peptide was produced form hydrolyzed seaweed (*Gracilaria* sp.) with different concentrations of bromelain; 0, 10, 15 and 20% (w/w) for 3 h. The enzymatic bromelain seaweed protein hydrolysate (eb-SWPH) hydrolyzed by 10% bromelain for 3 h exhibited the highest DPPH and ABTS radical scavenging activity. Although the antioxidant activity of eb-SWPH was not correlated with the total phenolic content, their activities might be possessed by bioactive peptides with molecular sizes of lesser than 21 kDa estimated by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) and amino acids found in eb-SWPH. These results showed that eb-SWPH could be used as potential natural ingredients to formulate functional foods and nutraceutical products.

Keywords: seaweed protein hydrolysate, *Gracilaria* sp., bromelain, bioactive peptide

บทคัดย่อ

การผลิตเพปไทด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยย่อยสลายสาหร่าย (*Gracilaria* sp.) ด้วยเอนไซม์โบรมิเลน แปรความเข้มข้นโบรมิเลนร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 น้ำหนักเอนไซม์ต่อน้ำหนักสาหร่าย (%w/w) ที่เวลาการย่อยสลาย 3 ชั่วโมง enzymatic bromelain seaweed protein hydrolysate (eb-SWPH) ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยโบรมิเลนร้อยละ 10 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการจับอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet+}$ สูงที่สุด ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของ eb-SWPH ไม่สัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิก แต่สอดคล้องกับขนาดเพปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า 21 kDa เมื่อวิเคราะห์ด้วย sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) และกรดอะมิโนที่พบใน eb-SWPH แสดงให้เห็นว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายสามารถใช้เป็นองค์ประกอบทางธรรมชาติที่สำคัญในการผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพ

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่าย *Gracilaria* sp. โบรมิเลน เพปไทด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

Introduction

Gracilaria sp., a red alga, is cultivated in Pattani and Songkhla Provinces of the southern part of Thailand. This seaweed has been used as human diet and marine animal feed. It has nutrition and forms a healthy part of a balanced diet that is high in protein (18%), low in fat (0.29%) and its aqueous extracts possess antioxidant capacity (Selamassakul *et al*., 2009 and 2010). It is utilized in agar production; however, agar production by-product is rich of proteins containing high amount of essential amino acids (Fleurence, 1999). Enzymatic hydrolysis of proteins is one approach used to release bioactive peptides and is widely applied to improve functional and nutritional properties of protein sources. One of proteolytic enzymes with broad specificity and strong hydrolysis capability is stem bromelain (EC 3.4.22.32). The bromelain enzymatic protein hydrolysate from various vegetable proteins has been reported to exhibit the biological properties (Salampessy *et al*., 2010) and gave a good flavor (Sonklin *et al*., 2011). However, there are no reports on the antioxidant activities of peptides from seaweeds protein hydrolysate. As a result, the objective of this study was to produce bioactive peptides from seaweed protein hydrolysate hydrolyzed by bromelain.

---

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

Materials and Methods

Preparation of Seaweed Protein Hydrolysates

Removal polysaccharide seaweed was dispersed in sterile distilled water (1:4 w/v), and then adjusted pH of the dispersion to 6.0. The dispersions were incubated at 50ºC with bromelain for 3 h at various enzymes concentrations of 0, 10, 15 and 20% (w/w). After hydrolysis, the reaction was stopped by heating at 95ºC for 15 min to inactivate the enzyme. The dispersions were centrifuged at 6,000 rpm for 15 min, obtained a supernatant and filtered through filter paper (Whatman No. 1). The dispersions were concentrated using a rotary evaporator (Buchi R-200, Switzerland) at 40ºC, 50 mbar for 2 h. Hydrolysates of all conditions were analyzed for;

Degree of hydrolysis: The degree of hydrolysis (% DH) was followed by Qi *et al*. (1997) method which defined as the percentage of soluble protein in trichloroacetic acid (TCA).

DPPH radical-scavenging activity: One milliliter of each concentrated eb-SWPH solution was added to 2 mL of 0.1 mM DPPH dissolved in 95% ethanol. The mixture was shaken and left for 30 min in the dark at room temperature, and measured the absorbance at 517 nm. Trolox was used as a standard. The scavenging effect was expressed as percentage disappearance of $DPPH^{\bullet}$, calculated as following equation:

$$\text{DPPH scavenging effect (\%)} = \frac{A_{Blank} - (A_{Sample} + A_{Control})}{A_{Blank}} \times 100$$

where A_{Blank} = absorbance at 517 nm of 1 mL distilled water + 2 mL of 0.1 mM ethanolic $DPPH^{\bullet}$ solution, A_{Sample} = absorbance at 517 nm of 1 mL aqueous sample + 2 mL of 0.1 mM ethanolic $DPPH^{\bullet}$ solution, and $A_{Control}$ = absorbance at 517 nm of 1 mL aqueous sample + 2 mL of ethanol.

ABTS (2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline -6-sulfonic) radical-scavenging activity: The scavenging activity of $ABTS^{\bullet+}$ was measured of dye decolorization. The ABTS reagent was prepared by mixing 5 mL of 7 mM ABTS with 7 mM $K_2S_2O_8$ (ratio 2:1). After the mixture was incubated in the dark at room temperature for 12-16 h to complete the radical generation, it was diluted with 95% ethanol to give an absorbance at 734 nm of 0.700 ± 0.030 before using. ABTS reagent (1 mL) was mixed with 10 µL of sample and stored for 6 min in the dark. The absorbance was measured at 734 nm, using distilled water as blank. Trolox was used as a standard. The antioxidant activity of sample was calculated by the same equation as DPPH.

Total phenolic content: Total phenolic content was determined according to the Folin–Ciocalteu method. A sample of 50 µL was added to 0.95 ml distillated water, mixed and added to 5 mL (10%) Folin–Ciocalteu reagent. After incubation for 5 min, 4 mL of (7.5%) sodium carbonate were added. Samples were incubated for 90 min in the dark at room temperature and measured absorbance at 750 nm. A standard curve was prepared with gallic acid (10–60 mg/mL) and results were expressed as gallic acid equivalents/ 100 g dried sample.

Sodium dodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE): Samples were mixed with 0.5 M Tris-HCl buffer and then boiled for 5 min. Treated samples (15 µL) were injected into 10% gel wells and run. The gel was stained with 0.25% Coomassie Brilliant Blue R-250 for 45 min and de-stained with 7.5% acetic acid/5% methanol solution until the bands were clear.

Determination of amino acid content: The samples were determined by high preformance liquid chomatography (HPLC) (Waters Alliance 2695, USA). For sample preparation, eb-SWPH from optimal condition was not hydrolyzed by acid to determine only free amino acids in hydrolysate. The amino acid composition was identified and quantified by comparison with a standard mixture of amino acids, and reported as gram amino acid per 100 g protein of sample solution.

Statistical analysis: All the tests were performed in triplicate. Statistical analysis was performed based on a randomized complete block design (RCBD). Significant differences between each sample were obtained by analysis of variance (ANOVA) using the SAS Program Version 6.0.

Results and Discussion

The degree of hydrolysate (%DH) was increased when enzyme concentrations were increased from 0, 5 to 10%; however, it was not significantly different from hydrolysis of seaweed protein with 15 and 20% bromelain (Figure 1). It could either be the saturated of enzyme/substrate condition or the inhibitory effect of end-products inhibition (Gauthier *et al*., 1986). Biological effect of eb-SWPHs for antioxidant activity with respect to scavenging DPPH and ABTS radicals was found. Hydrolysates with %DH below 70% had higher antioxidant activity than those above 70%. This result indicates that the antioxidant activity of the hydrolysates is inherent to their characteristics amino acid sequences of peptides and depending on the protease specificities (Foh *et al*., 2010). The hydrolysis of seaweed protein with 10% bromelain hydrolyzed for 3 h is a suitable condition for using in the production of bioactive peptides that exhibited the highest antioxidant activity. This hydrolysis condition contain many peptides with molecular sizes of lesser than 21 kDa (Figure 2) and free hydrophobic amino acids (Table 1).

Amino acid composition of eb-SWPH hydrolyzed by 10%bromelain for 3 h was shown in Table 1. Sixteen free amino acids derived by enzymatic hydrolysis were identified. One sulfurous (methionine), seven hydrophobic (alanine, valine, leucine, isoleucine, proline, methionine and phenylalanine), four hydrophilic (glycine, serine, threonine, and tyrosine), two acidic (aspartic and glutamic acid) and three basic (lysine, arginine and histidine) were found. It is reported that peptides are in the size of 2–20 amino acids (Meisel and FitzGerald, 2003) and molecular masses of less than 6000 Da (Sun *et al*., 2004) possessed antioxidant capacity and biological activity. Antioxidative properties of peptides are related to their composition, structure, and hydrophobicity (Chen *et al*., 2007). The antioxidant mechanism of peptides is still not clear. Previous reports described that the antioxidant properties caused by the presence some amino acids such as tyrosine, typtophane, methionine, lysine, cysteine, and histidine. Amino acids with aromatic residues can donate protons to electron deficient radicals and could improve the radical-scavenging properties of the amino acid residues. (Rajapakse *et al*., 2005). Total phenolic content of eb-SWPH was determined using Folin–Ciocalteu. It was found that among all conditions, the hydrolysis of seaweed protein with 10% bromelain hydrolyzed for 3 h had the highest total phenolic content. Figure 2 shows that there was no correlation between the DPPH and ABTS scavenging activity and the total phenolic content at R^2=0.530 and R^2=0.308, respectively. Thus, it is clear that antioxidant capacity of eb-SWPH might be caused by bioactive peptides and some aromatic amino acids in peptides sequences, and the appearance of hydrophobic amino acids at the N-terminus.

Summary

Seaweed (*Gracilaria* sp.) protein hydrolyzed by 10%bromelain for 3 h has a potential role as antioxidants against oxidation. The antioxidant properties depended on bioactive peptides and amino acids in eb-SWPH that are released upon hydrolysis efficiency.

Acknowledgments

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission.

Literature cited

Chen, G.T., Zhao, L., Zhao, L.Y., Cong, T. and Bao, S.F., 2007, In Vitro Study on Antioxidant Activities of Peanut Protein Hydrolysate, Journal of the Science of Food and Agriculture, 87: 357-362.

Fleurence, J., 1999, Seaweed Proteins: Biochemical, Nutritional Aspects and Potential Uses, Trends in Food Science and Technology, 10(1): 25-28.

Foh, M.B.K., Amadou, I., Foh, B.M., Kamara, M.T. and Xia, W., 2010, Functionality and Antioxidant Properties of Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) as Influenced by the Degree of Hydrolysis, International Journal of Molecular Sciences, 11(4): 1851-1869.

Gauthier, S.F., Vachon, C. and Savoie, L., 1986, Enzymatic Conditions of an in Vitro Method to Study Protein Digestion, Journal of Food Science, 51(4): 960-964.

Meisel, H. and FitzGerald, R.J., 2003, Biofunctional Peptides from Milk Proteins: Mineral Binding and Cytomodulatory Effects, Current Pharmaceutical Design, 9(16): 1289-1295.

Qi, M., Hettiarachchy, N.S., and Kalapathy, U., 1997, Solubility and Emulsifying Properties of Soy Protein Isolates Modified by Pancreatin, Journal of Food Science, 62(6), 1110-1115.

Rajapakse, N., Mendis, E., Jung, W.K., Je, J.Y. and Kim, S.K., 2005, Purification of a Radical Scavenging Peptide from Fermented Mussel Sauce and Its Antioxidant Properties, Food Research International, 38(2): 175-182.

Salampessy, J., Phillips, M., Seneweera, S. and Kailasapathy, K., 2010, Release of Antimicrobial Peptides through Bromelain Hydrolysis of Leatherjacket (*Meuchenia* Sp.) Insoluble Proteins, Food Chemistry, 120(2): 556-560.

Selamassakul, O, Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O., 2009, Antioxidant Capacity of Extracts from *Gracilaria fisheri*, Thai Journal of Agricultural Science, 40(3)(Suppl.): 25-28.

Selamassakul, O, Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O., 2010, Production of Seasoning Sauce from Acid-Seaweed Protein Hydrolysate, Thai Journal of Agricultural Science, 41(3/1)(Suppl.): 697-700.

Sonklin, C., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O., 2011, Physicochemical and Flavor Characteristics of Flavoring Agent from Mungbean Protein Hydrolyzed by Bromelain, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(15): 8475-8483.

Sun, J., He, H. and Bi, J.X., 2004, Novel Antioxidant Peptides from Fermented Mushroom *Ganoderma lucidum,* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(21): 6646-6652.

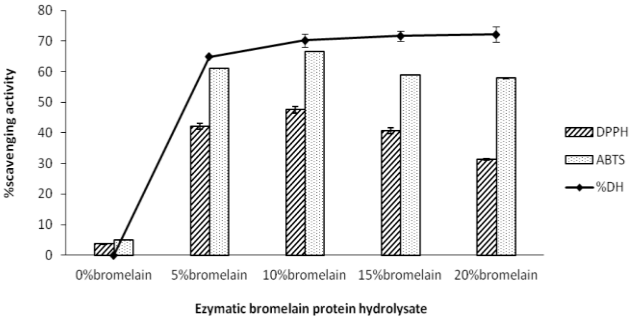


Figure 1 Degree of hydrolysis, DPPH and ABTS scavenging scavenging activity of eb-SWPH hydrolyzed by bromelain at various concentrations

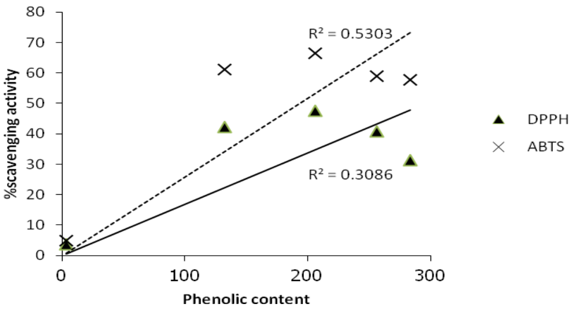


Figure 2 Correlation between the contents of total phenols of eb-SWPH and their antioxidant activities

Table 1 Amino acids composition in eb-SWPH hydrolyzed by 10%bromelain for 3 h

Amino acids	eb-SWPH	
	amino acid content (mg/100 g of protein)	free amino acid (%)
Essential amino acid		
Histidine	0.03	0.53
Threonine	0.27	4.79
Cysteine	0.00	0.00
Tyrosine	0.53	9.40
Valine	0.28	4.96
Methionine	0.33	5.85
Lysine	0.80	14.18
Isoleucine	0.16	2.84
Leucine	0.64	11.35
Phenylalanine	0.28	4.96
Non-Essential amino acid		
Aspartic acid	0.12	2.13
Serine	0.30	5.32
Glutamic acid	0.14	2.48
Glycine	0.22	3.90
Arginine	0.93	16.49
Alanine	0.47	8.33
Proline	0.14	2.48
Total	5.64	100.00

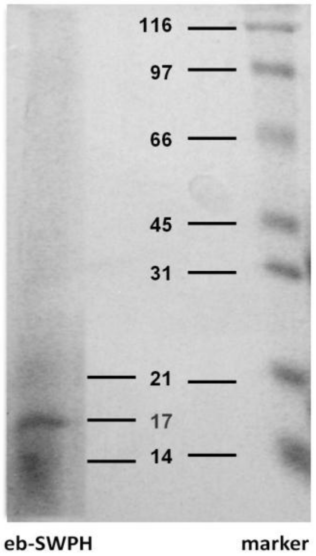


Figure 3 Molecular size of eb-SWPH. Lane (1) eb-SWPH hydrolyzed by 10% bromelain for 3 h (2) molecular weight marker

การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมี-กายภาพและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซท จากกากเมล็ดทานตะวันย่อยสลายด้วยเอนไซม์และกรด

Comparative Evaluation of Physico-chemical and Antioxidant Properties of Enzymatic and Acidic Sunflower Protein Hydrolysate

พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Thongimpong, P.[1], Laohankunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Sunflower meal was a by-product from oil refinery industries. Its defatted meal consisted of high protein content (59.98%) which globulin was found as the major protein constituents. Thus, defatted sunflower meal was excellent protein source to produce protein hydrolysate. In this study, the physical and antioxidant properties of enzymatic bromelain sunflower protein hydrolysate (eb-SPHs) and hydrochloric acid sunflower protein hydrolysate (a-SPHs) were compared. Color of eb-SPHs and a-SPHs was yellowish brown with (hue angles (h^o) ranging from 43 to 87), but a-SPHs was darker than eb-SPHs. Results also showed that sodium chloride content and degree of hydrolysis (DH) of eb-SPH were greater than these of eb-SPH. Although a-SPHs and eb-SPHs had high antioxidant activity by 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) and 2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) ($ABTS^{+\bullet}$) radical scavenging assays, their activities from eb-SPH were higher than there of a-SPHs.

Keywords: sunflower meal, protein hydrolysates, antioxidant activity, degree of hydrolysis

บทคัดย่อ

กากเมล็ดทานตะวันเป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันทานตะวัน ซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง (59.98%) และมี globulin เป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีนในกากทานตะวัน ดังนั้นกากเมล็ดทานตะวันจึงเป็นแหล่งของโปรตีนที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีน งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนสกัดจากกากเมล็ดทานตะวันโดยใช้โบรมิเลน (enzymatic bromelain protein hydrolysates, eb-SPHs) และกรดไฮโดรคลอริก (hydrolchloric acid protein hyrolysates, a-SPHs) ผลการศึกษา พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทกากเมล็ดทานตะวันทั้ง eb-SPHs และ a-SPHs มีสีเหลืองน้ำตาล (ค่า h^o อยู่ในช่วง 43-87) แต่ a-SPHs มีสีเข้มกว่า และมีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ และระดับการย่อยสลายสูงกว่า eb-SPHs ถึงแม้ว่า eb-SPHs และ a-SPHs มีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์ด้วย 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) และ 2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) ($ABTS^{+\bullet}$) radical scavenging แต่ eb-SPHs มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{+\bullet}$ สูงกว่า a-SPHs

คำสำคัญ: กากเมล็ดทานตะวัน โปรตีนไฮโดรไลเซท สารต้านอนุมูลอิสระ ระดับการย่อยสลาย

Introduction

Sunflower is an economic significant oil crop. Sunflower seeds consumed in the baked sunflower seed style, contains high oil content at 48%. After defatting, sunflower meal is a most important source of plant protein. Traditionally, sunflower meal is used for animal feed (Ordonez *et al*., 2008) which consists of a high relatively protein content and its essential amino acids are phenylalanine, valine, tryptophan, threonine, isoleucine, methionine, cysteine, arginine, lysine and leucine (Salunkhe *et al*., 1992). Although sunflower protein contains low level of lysine, it is relatively rich of sulphur-containing amino acids of methionine and cysteine (Canibe *et al*., 1999), glutamic and aspartic acid (Villanueva *et al*., 1999), compared to other oil seeds. Sunflower seed proteins are valuable alternative food ingredients because they are low antinutritional compounds and toxic substances (Zilic *et al*., 2010). After ingestion of sunflower protein, gastrointestinal

enzymes may break up proteins, thereby increasing or decreasing their activity of peptides (Barbana *et al*., 2011). Recently, interest in using sunflower seed meal to produce protein hydrolysate for not only beneficial nutrition but also for value added of its products. The hydrolysate proteins from sunflower seed meal with pepsin and pancreatin could generate ACE inhibitory peptides which amino acid sequence was Phe-Val-Asn-Pro-Gln-Ala-Gly-Ser (Megias *et al*., 2004). Sunflower protein hydrolysates produced with alcalase plus Flavourzyme® or with pepsin plus pancreatin inhibited in cholesterol incorporation to micelles (Megias *et al*., 2009). Moreover, Sunflower proteins were hydrolyzed with Flavourzyme® for the production of antioxidant peptide (Ren *et al*., 2010). Although there are few reports of functional properties, antioxidant of sunflower meal protein hydrolysates with various enzymes, there is no report of sunflower protein hydrolysate and its chemical, functional properties with enzyme 'bromelain' which is an endoproteinase extracted from by-product of pineapple industry. Therefore, physico-chemical and antioxidant properties of sunflower protein hydrolysates with bromelain (eb-SPHs) and sunflower protein hydrolysates with hydrochloric acid (a-SPHs) were compared in their study.

Materials and Methods

Defatted sunflower meals were analyzed chemical compositions such as protein, carbohydrate, ash, fiber and oil content by AOAC (2000). Defatted sunflower meals were fractionated by extract with distilled water (albumin), 0.5 M sodium chloride (globulin), 70% ethanol (prolamin) and 0.1 N sodiumhydroxide (glutelin) and then protein content of each fraction was determined with biuret reagent (Chang, 1998). Sunflower proteins were hydrolyzed with 0.5, 1, 6 N HCl at 95°C for 24 h. Sunflower proteins were hydrolyzed with 0, 5, 10, 15, 20, 25% gram of enzyme bromelain per gram of sunflower meal for 1, 6, 12, 18, and 24 h. Hydrolysates were clarified and concentrated by rotary evaporator. Physical and chemical composition of sunflower protein hydrolysates were including degree of hydrolysis (%DH) were determined using trichloroacetic acid (TCA) (Flavia *et al*., 1998), Sodium chloride content was determined by titration (AOAC, 2000), and antioxidant activities were determined by 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) and 2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline -6-sulphonic acid) ($ABTS^{+\bullet}$) radical scavenging assays (Pan *et al*., 2011; Zielinski *et al*., 2011).

Results and Discussion

Defatted sunflower meals contained 59.98% protein, 25.29% carbohydrate, 8.75% ash, 5.58% fiber and 0.4% oil on a dry weight basis. It has a high protein content about 60% after defatted according with the result of Bau (1983) who reported protein content of defatted sunflower meal are 53-66%. The relative amounts of the fractionated proteins were calculated as 39.17%, 21.37%, 35.4% and 4.06% for globulin (salt-soluble protein), albumin (water-soluble protein), glutelin (alkaline-soluble protein) and prolamin (alcohol-soluble protein) fraction, respectively. Globulin was the major protein constituents about 39.17%. This result also agrees with Vereijken *et al*. (2007) and Zilic *et al*. (2010) who found that globulin is the most constituent of sunflower protein.

The color value showed that all of eb-SPHs and a-SPHs had the same yellowish brown color (hue angles ranged from 43 to 87). The a-SPHs gave darker color than eb-SPHs. NaCl content of a-SPHs ranged from 10.72 to 21.67%, which were higher than % NaCl of eb-SPHs (0.04-0.38%) because of neutralization in acid hydrolysis (Figure 1). % DH of a-SPHs was higher than eb-SPHs. Moreover, % DH of eb-SPHs increased with increasing E/S and time of hydrolysis. The eb-SPHs had higher % scavenging effect on $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{+\bullet}$ than a-SPHs because enzymatic hydrolysis was more specific cleavage and generated peptides which are more active than acid hydrolysis. Whereas eb-SPHs at 25% E/S for 18 h showed the highest % scavenging

effect on $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{+\bullet}$ at 90.28 and 89.91, respectively (Figure 2). After 18 h, % scavenging effect on $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{+\bullet}$ was decreased because size and molecular weight of peptide from eb-SPHs were not suitable to be anti-oxidative peptide. Many reports showed that the antioxidant activity of peptides was highly dependent on their size, sequence and the amino acid composition (Meisel and FitzGerald, 2003). Normally, the anti-oxidative peptides were composed of 5-16 amino acid residues, including hydrophobic amino acids (Chen *et al*., 1996)

Summary

The a-SPHs gave the highest %DH, NaCl content and dark color but low antioxidant activities compared to eb-SPHs. It can confirm that sunflower protein hydrolysates generated by bromelain might be suitable for health food more than sunflower protein hydrolysates generated by acid.

Acknowledgments

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

Literature cited

Barbana, C. and Boye, J.I., 2011, Angiotensin I-converting Enzyme Inhibitory Properties of Lentil Protein Hydrolysates: Determination of the Kinetics of Inhibition, Food Chemistry, 127(1): 94-101.

Bau, H.M., Mohatadi-Nia, D.J., Mejean, L. and Debry, G., 1983, Preparation of Colorless Sunflower Protein Protein Products: Effect of Processing on Physicochemical and Nutritional Properties, Journal of the American oil chemists society, 60: 1141-1148.

Canibe, N., Martin, M., Robredo, L. and Knudsen, K., 1999, Chemical Composition, Digestibility and Protein Quality of 12 Sunflower (*Helianthus annuus* L) Cultivars, Journal of the science of food and agriculture, 79: 1775-1782.

Chen, H.M., Muramoto, K., Yamauchi, F. and Nokihara, K., 1996, Antioxidant Activity of Designed Peptides Based on the Antioxidative Peptide Isolated from Digests of a Soybean Protein, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44: 2619–2623.

Chang, S.K.C., 1998, Protein Analysis. In: Neilson, S.S. (Ed.), Food Analysis, Second ed. Aspen Publishers, Inc., Maryland, USA, 237–249.

Flavia, M.N. and Maria, A., 1998 Production and Characterization of Enzymatic Hydrolysate from Soy Protein Isolate, Food Science andTechnology, 31: 624–631.

Megías, C., Yust, M.D.M., Pedroche, J.H.L., Giroän-calle, J., Alaiz, M., MillaäN, F. and Vioque, J., 2004, Purification of an ACE Inhibitory Peptide after Hydrolysis of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Protein Isolates, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(7): 1928-1932.

Megías, C., Pedroche, J., Yust, M.D.M., Alaiz, M., Giroän-calle, J., MillaäN, F. and Vioque, J., 2009, Sunflower Protein Hydrolysates Reduce Cholesterol Micellar Solubility, Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum), 64(2): 86-93.

Meisel, H. and FitzGerald, R.J., 2003, Biofunctional Peptides from Milk Proteins: Mineral Binding and Cytomodulatory Effects, Current Pharmaceutical Design, 9: 1289–1295.

Ordóñez, C, Benítez, C. and González, J.L., 2008, Amino Acid Productions from a Sunflower Whole Meal Protein Concentrate, Bioresource Technology, 99(11): 4749-4754.

Pan, M., Jiang, T.S. and Pan, J.L., 2011 Antioxidant Activities of Rapeseed Protein Hydrolysates, Food Bioprocess technology, 4: 1144-1152.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C., 1999, Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS$^{+\bullet}$ Radical Cation Decolorization Assay, Free Radical Biology and Medicine, 26: 1231-1237.

Ren, J., Zheng, X.Q., Liu, X.L. and Liu, H., 2010, Purification of Antioxidant Peptide from Sunflower Protein Hydrolysate, Food Technology Biotechnology, 48: 519–523.

Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.N. and Kadam, S.S., 1992, Sunflower, World Oil Seed Chemistry Technology and Ultilization, Van Nostrand. Reinhold, New York, pp. 97-139.

Villanueva, A., Vioque, J., Sánchez, V.R., Clement, A., Pedroche, J., Bautista, J. and Millán, F., 1999, Peptide Characteristics of Sunflower Protein Hydrolysates, Journal of the American oil chemists' society, 76(12): 1455-1460.

Žilic, S., Barac, M., Crevar, M., Nišavic, A., Pešic, M., Saratlic, G., Stanojevic, S. and Tolimir, M., 2010, Characterization of Sunflower Seed and Kernel Proteins, HELIA, 29(44): 103-111.

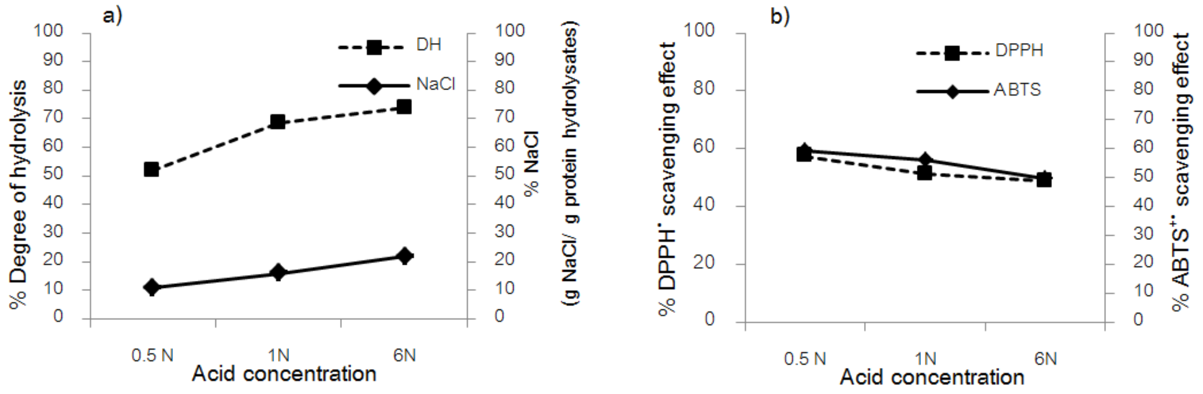


Figure 1 a) %DH and % NaCl and b) % scavenging effect on DPPH$^{\bullet}$ and ABTS$^{+\bullet}$ of a-SPHs

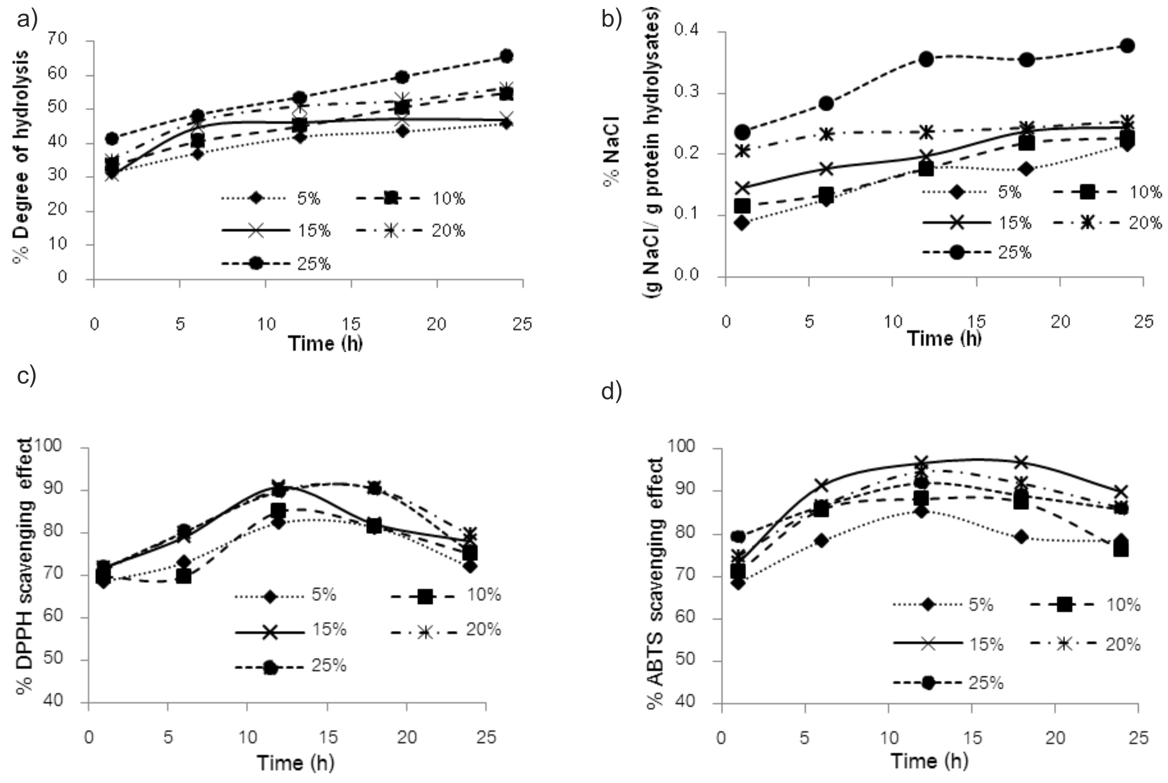


Figure 2 a) %DH, b) % NaCl, c) % scavenging effect on DPPH$^{\bullet}$ and d) % scavenging effect on ABTS$^{+\bullet}$ of eb-SPHs

การประยุกต์ใช้แป้งเมล็ดเงาะในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแคลอรี่ต่ำ

Application of Ranbutan Seed Flour for Low Calorie Salad Dressing Product

วิมลศรี พรรธนประเทศ[1] ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล[1] โศรดา วัลภา[1] จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์[1] ภุมริน บุญโกสุมภ์[1] และ กุลนที เลาหะกุล[1]
Phanthanapratet, W.[1], Trangwacharakul, S.[1], Wanlapa, S.[1], Eiamwat, J.[1], Boonkosum, P.[1] and Lauhakul, K.[1]

Abstract

Application of flour from rambutan seed kernel in low calorie salad dressing product was used as a thickening agent to replace egg yolk and vegetable oil in normal salad dressing recipe. The developed product was low calorie thousand island salad dressing, having ingredients and receipe as follow: beginning with preparation of mayonnaise from rambutan flour consisting of rambutan flour 2%, water 45%, distilled vinegar 22%, evaporated milk 9%, powdered sugar 20%, salt 1% and cream mustard 1%. Rambutan flour was added to water and heat at 80^{o}C, other ingredients were then well mixed together. After that, low calorie thousand island salad dressing preparation was made with rambutan mayonnaise 64%, a mixture of ground boiled egg, pickled cucumber and onion 16% and seasoning 20% by combining all ingredients. It was then pasteurized at 80-85^{o}C for 5-10 minutes. The product obtained has the following characteristics, pH 3.65, total soluble solid 27^{o}Brix and calories value 1.25 Kcal/g. which is less than 4 fold of normal salad dressing recipe. Sensory testing of the product with 200 consumers showed that 63% of consumers preferred the low calorie thousand island salad dressing than normal recipe.
Keywords: rambutan seed flour, low calorie salad dressing product

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้แป้งจากเนื้อในเมล็ดเงาะในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแป้งเงาะไขมันต่ำ โดยใช้แป้งเงาะเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดทดแทนการใช้ไข่แดงและน้ำมันพืชในน้ำสลัดสูตรปกติ ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นคือ น้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์สูตรแป้งเงาะแคลอรี่ต่ำ มีสูตรและวิธีการผลิตดังนี้ เริ่มจากการเตรียมมายองเนสแป้งเงาะ มีส่วนผสมได้แก่ แป้งเงาะ 2%, น้ำสะอาด 45%, น้ำส้มสายชูกลั่น 22%, นมข้นจืด 9%, น้ำตาลทรายชนิดละเอียด 20%, เกลือ 1% และมัสตาร์ดชนิดครีม 1% โดยนำแป้งเงาะมาละลายในน้ำสะอาดและต้มให้สุกที่อุณหภูมิ 80^{O}C และเติมส่วนผสมต่างๆ คนให้เข้ากัน จากนั้นเตรียมน้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์สูตรแป้งเงาะ โดยมีส่วนผสม ได้แก่มายองเนสแป้งเงาะ 64%, ไข่ต้มสับ แตงกวาดอง หอมใหญ่สับละเอียดรวม 16% และเครื่องปรุงรส 20% นำมาผสมให้เข้ากัน จากนั้นให้ความร้อนฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80-85^{O}C นาน 5-10 นาที ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์สูตรแป้งเงาะที่ได้มีคุณลักษณะ ดังนี้ ค่าความเป็นกรดด่าง 3.65, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 27 บริกซ์ และค่าพลังงานของอาหาร 1.25 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม ซึ่งน้อยกว่าน้ำสลัดสูตรปกติถึง 4 เท่า จากการทดสอบผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน พบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจมากต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์สูตรแป้งเงาะแคลอรี่ต่ำ ผู้บริโภคมีความพึงพอใจร้อยละ 63 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์สูตรปกติ ซึ่งผู้บริโภคมีความพึงพอใจร้อยละ 33
คำสำคัญ: แป้งเมล็ดเงาะ ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดไขมันต่ำ

คำนำ

เงาะ (Rambutan: *Nephelium lappaccum* L.) ผลไม้เศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายรูปแบบ และจากกระบวนการแปรรูปดังกล่าวทำให้มีเมล็ดเงาะซึ่งเป็นของเหลือใช้ที่ไม่ต้องการในปริมาณมาก ดังนั้นการนำเมล็ดเงาะมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์จึงนับเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาการกำจัดของเสียและช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือทิ้งได้ ข้อมูลเบื้องต้นพบว่า เมล็ดเงาะมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 30-35 ไขมันร้อยละ 25-30 และโปรตีนร้อยละ 7-10 ของน้ำหนักแห้ง และพบว่าแป้ง (flour) จากเมล็ดเงาะที่สกัดไขมันออกแล้วมีสมบัติใกล้เคียงกับแป้งสาลี ซึ่งน่าจะมีลู่ทางในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆได้ (วิกิพิเดีย, 2551) โครงการวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะนำเอาแป้งจากเมล็ดเงาะมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์อย่างครบถ้วนต่อไป

---

[1] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 ถนน เลียบคลองห้า ตำบล คลองห้า อำเภอ คลองหลวง จังหวัด ปทุมธานี 12120
[1] Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Mu 3 Tambon Khlong Ha, Amphoe Khlong Luang, Changwat Pathum Thani 12120

อุปกรณ์และวิธีการ

นำแป้งเมล็ดเงาะที่ผ่านการสกัดแยกไขมันแล้ว มาวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นของแป้งเมล็ดเงาะ ได้แก่ โปรตีน (%) ความชื้น (%) น้ำอิสระ (Aw) การละลาย (%) และค่ากำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง ด้วยวิธีของกล้าณรงค์และเกื้อกูล (2546) และการตรวจสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลันทางปาก (Acute Oral Toxicity OECD Guidelines for Testing of Chemicals 2001) แล้วพัฒนาสูตรและวิธีการผลิตน้ำสลัดแคลอรี่ต่ำโดยใช้แป้งเมล็ดเงาะเป็นสารช่วยเพิ่มความข้นหนืด (Thickening agent) และสารทดแทนไขมัน (Fat replacer) ตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้ และทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแป้งเงาะแคลอรี่ต่ำ โดยใช้แบบสอบถามในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครจำนวน 200 ตัวอย่าง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. องค์ประกอบและคุณสมบัติเบื้องต้นของแป้งจากเมล็ดเงาะ

แป้งเมล็ดเงาะเตรียมจากขั้นตอนดังนี้ คือนำเมล็ดเงาะกะเทาะแยกเปลือกด้านนอกออก นำเนื้อด้านใน(seed kernel) สกัดแยกไขมันด้วยตัวทำละลาย จากนั้นแยกตัวทำละลายออกและอบแห้งส่วนของแป้งที่ได้แล้วนำไปบดละเอียด (Figure 1) แป้งเมล็ดเงาะมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีเบื้องต้น ดังนี้ ผงแป้งมีสีเหลืองอ่อน ค่าความสว่าง (L) มีค่าเฉลี่ย 76.76 ค่าสีแดง (a)-1.35 และค่าสีเหลือง (b) +17.49 มีโปรตีนประมาณ 10-12%, ความชื้นเฉลี่ย 3-5%, ปริมาณน้ำอิสระมีค่า 0.2-0.3, ร้อยละการละลาย 30-35%, ค่ากำลังการพองตัวเฉลี่ย 10-15 และเมื่อทดสอบตรวจสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลันทางปากกับสัตว์ทดลอง พบว่า ค่า LD50 มากกว่า 2000 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม คุณสมบัติเบื้องต้นของแป้งเมล็ดเงาะแสดงดัง Table 1

Table 1 Physical and chemical properties of Rambutan Flour

Properties	Value[a]
Color (L,a,b)	(76.76, -1.35, +17.49)
Protein (%)	10-12%
Moisture (%)	3-5%
Water Activity (Aw)	0.2-0.3
Solubility (%)	30-35%
Swelling power	10-15
Acute Oral Toxicity	LD50 in rats > 2000 mg / kg.

[a] means of three replication analysis.

rambutan seeds ⟶ rambutan seed kernel ⟶ rambutan flour

Figure 1 Prepraration of rambutan flour

2. พัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแป้งเงาะแคลอรี่ต่ำ

ทำการทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำสลัด 2 สูตร ได้แก่ น้ำสลัดน้ำข้นสูตรปกติ ที่มีไข่แดงและน้ำมันเป็นส่วนประกอบ และน้ำสลัดน้ำข้นที่มีแป้งเมล็ดเงาะเป็นส่วนประกอบ (ไม่มีไข่ แดงและน้ำมัน) โดยมีวิธีการเตรียมตามขั้นตอนดังนี้

<u>ขั้นตอนการเตรียมมายองเนส</u> (สูตรปกติ) มีส่วนประกอบ ได้แก่น้ำส้มสายชูกลั่น 15%, นมข้นจืด 6%, มัสตาร์ดชนิดครีม 1%, น้ำตาลทรายละเอียด 13%, เกลือ 1%, ไข่แดงของไข่ไก่เบอร์1 14% และน้ำมันพืช 50% โดยน้ำหนัก สำหรับมายองเนสแป้งเงาะแคลอรี่ต่ำ มีส่วนประกอบ ได้แก่แป้งเงาะ 2%,น้ำสะอาด 50%, น้ำส้มสายชูกลั่น 18%, นมข้นจืด 8%, มัสตาร์ดชนิดครีม 1%, น้ำตาลทรายละเอียด 20% และเกลือ 1% โดยน้ำหนัก ขั้นตอนการเตรียมแสดงดัง Figure 2

Figure 3 แสดงลักษณะมายองเนสสูตรปกติ (รูปขวา) และมายองเนสสูตรแคลอรี่ต่ำ(รูปซ้าย) พบว่ามายองเนสสูตรปกติมีลักษณะขุ่น สีเหลืองเข้ม และข้นหนืดมาก ส่วนมายองเนสแป้งเงาะจะมีสีเหลืองอมน้ำตาล เนื้อสัมผัสเบา ใสและข้นหนืดน้อยกว่าสูตรปกติทั้งนี้อาจเนื่องจากในสูตรปกติมีไข่แดงและน้ำมันเป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะมีผลทำให้มายองเนสที่ได้มีความข้น

หนืดมากและมีสีเหลืองส้มของไข่แดงในผลิตภัณฑ์ สำหรับผลิตภัณฑ์มายองเนสแป้งเงาะ ที่ไม่มีการใช้ไข่แดงและน้ำมัน แต่มีการประยุกต์ใช้แป้งเมล็ดเงาะเป็นสารทดแทนไขมัน พบว่ามายองเนสที่ได้มีลักษณะใสกว่าสูตรปกติ ทั้งนี้เนื่องจากแป้งเมล็ดเงาะเกิดการสุกเมื่อให้ความร้อนในระหว่างกระบวนการเตรียมและเกิดเป็นเจล (Gelatinization) เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตรในอุณหภูมิแช่เย็น (4-10^{O}C) พบว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะข้นหนืดเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยและไม่เกิดการแยกชั้นในระหว่างการเก็บ

การตีผสมมายองเนสแป้งเงาะ (สูตรแคลอรี่ต่ำ)

เตรียมส่วนผสมตามอัตราส่วนสูตรแป้งเงาะ

น้ำสะอาดต้มอุณหภูมิ 80-90 ^{O}C ร่อนผงแป้งเงาะลงในน้ำร้อน

↓

คนให้เข้ากันจนแป้งละลาย นาน 3-5 นาที

↓

ใส่ส่วนผสมทั้งหมดลงในแป้งที่ละลาย

ตีให้เข้ากันให้ความร้อนที่ 80^{O}C

↓

มายองเนสแป้งเงาะบรรจุใส่ภาชนะ เก็บเข้าตู้เย็น

การตีผสมมายองเนส (สูตรแคลอรี่ปกติ)

เตรียมส่วนผสมตามอัตราส่วนสูตรไขมันปกติ

↓

ผสมน้ำส้มสายชูกับนมข้นจืดเข้าด้วยกันในถ้วย พักไว้

↓

ใส่ไข่แดงลงในชามผสม ตีจนไข่แดงขึ้นฟูมีสีเหลืองนวล

ใส่มัสตาร์ด น้ำตาล เกลือ ตีให้เข้ากัน

↓

ใส่น้ำมันทีละน้อยๆ สลับกับน้ำส้มสายชูที่ผสมไว้

จบด้วยการใส่น้ำมันเป็นอันดับสุดท้าย

↓

บรรจุใส่ภาชนะ เก็บตู้เย็น (10^{O}C) พักไว้

มายองเนส (ไขมันปกติ)

Figure 2 Preparation of mayonnaise from rambutan flour (left) and normal recipe mayonnaise (right)

Figure 3 Textural characteristics of rambutan mayonnaise (left) and normal recipe mayonnaise (right)

<u>สูตรน้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์</u> (สูตรปกติ) มีส่วนประกอบได้แก่ มายองเนสปกติ 64%,ซอสพริก 20%, ไข่ต้มสับละเอียด 8.3%, แตงกวาดอง 4.7%, หอมใหญ่สับ 2.5%, เกลือ 0.25% และพริกไทย 0.25% โดยน้ำหนัก สำหรับเธาซันด์ไอส์แลนด์แป้งเงาะแคลอรี่ต่ำ มีส่วนประกอบ ได้แก่ มายองเนสแป้งเงาะ 64% และส่วนผสมอื่นๆ เช่นเดียวกับสูตรปกติ

Figure 4 Textural characteristics of salad dressing products; rambutan flour (left), and normal recipe (right).

ลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเธาซันไอส์แลนด์สูตรปกติ (รูปขวา) น้ำสลัดเธาซันไอส์แลนด์สูตรแป้งเงาะ (รูปซ้าย) แสดงดัง Figure 4 พบว่าน้ำสลัดสูตรปกติมีสีเหลืองเข้ม ขุ่น ข้นหนืดมาก ส่วนน้ำสลัดสูตรแป้งเงาะมีสีเหลืองส้ม ใสและข้นหนืดน้อยกว่าสูตรปกติเล็กน้อย เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตรในอุณหภูมิแช่เย็น (4-10^{O}C) พบว่าไม่เกิดการแยกชั้นในระหว่างการเก็บ คุณลักษณะเบื้องต้นของน้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์สูตรปกติและสูตรแป้งเงาะ แสดงดัง Table 2

Table 2 General characteristics of low calorie thousand island salad dressing

Characteristics	Normal recipe	Rambutan flour recipe
Color (L,a,b)	(52.43, +3.51, +19.73)	(46.25, +4.90 , +16.70)
Water Activity (Aw)	0.95	0.96
Potential of Hydrogen ion (pH)	3.65	3.65
total soluble solid (^{O}Brix)	35.50^{a}	26.70^{b}
calories value (Kcal / g.)	5.17^{b}	1.25^{a}

^{a,b} Means in a column followed by different letters are significant differences (p > 0.05)

จาก Table 2 พบว่าน้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์สูตรแป้งเงาะมีค่าพลังงานของอาหารต่ำกว่าน้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์สูตรปกติถึง 4 เท่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จัดเป็นผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแคลอรี่ต่ำ (Low calorie salad dressing) แป้งจากเมล็ดเงาะสามารถประยุกต์ใช้เป็นสารทดแทนไขมันและสารเพิ่มความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์อาหารได้

3. **ทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคทั่วไป ที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแป้งเงาะแคลอรี่ต่ำ** โดยใช้แบบสอบถามจำนวน 200 ตัวอย่าง พบว่า ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจต่อน้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์สูตรแป้งเงาะแคลอรี่ต่ำในระดับคะแนนมาก (Table 3) จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ทั้งสองสูตร พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ชอบน้ำสลัดสูตรแคลอรี่ต่ำ (ชนิดที่ 1) ที่ใช้แป้งเมล็ดเงาะเป็นสารทดแทนไขมันและสารเพิ่มความข้นหนืด มากกว่าสูตรแคลอรี่ปกติ (ชนิดที่ 2) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 63.00 : 33.00 (Figure 4)

Table 3 Sensory characteristics of salad dressing products on satisfaction level

Properties	Low calorie recipe		Normal recipe	
	Score	Satisfaction	Score	Satisfaction
Color	3.49 ± 0.77	Much	3.47 ± 0.76	Much
Odor	3.43 ± 0.65	Much	3.28 ± 0.77	Medium
Flavor	3.66 ± 0.79	Much	3.34 ± 0.89	Medium
Viscosity	3.13 ± 0.82	Medium	3.41 ± 0.83	Much
Overall	3.63 ± 0.75	Much	3.42 ± 0.86	Much

Mean and standard deviation of 200 participants (n= 200)

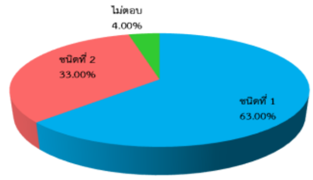


Figure 4 Likeness percentage of salad dressing products; rambutan flour (type I) and normal recipe (type II)

สรุปผล

การประยุกต์ใช้แป้ง (Flour) จากเมล็ดเงาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ น้ำสลัดแป้งเงาะแคลอรี่ต่ำ โดยประยุกต์ใช้แป้งเงาะเป็นสารเพิ่มความข้นหนืด (Thickening agent) และสารทดแทนไขมัน (Fat replacer) น้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์แคลอรี่ต่ำ มีส่วนผสมหลักสำคัญได้แก่ มายองเนสแป้งเงาะ 64%, ไข่ต้ม แตงกวาดอง หอมใหญ่สับละเอียดรวม 16% และเครื่องปรุงรส 20% จากนั้นให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ (80-85^{O}C, 5-10 นาที) ผลิตภัณฑ์มีค่าพลังงานของอาหารเท่ากับ 1.25 Kcal/g ซึ่งน้อยกว่าน้ำสลัดสูตรปกติถึง 4 เท่า ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเธาซันด์ไอส์แลนด์สูตรแป้งเงาะไขมันต่ำ ชอบผลิตภัณฑ์สูตรแป้งเงาะพลังงานต่ำมากกว่าสูตรปกติ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 63.00 และ 33.00

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, สานักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 303 หน้า.

วิกิพิเดีย, 2551, สารในเมล็ดเงาะ, ปุจฉา-วิสัชนา.วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ [สืบค้น], http://www.wikipedia.org. [13/ February /08]

ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเขียว

Antioxidant Activity of Enzymatic Mungbean Meal Protein Hydrolysate

ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น[1] **ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์**[1] **และ อรพิน เกิดชูชื่น**[1]

Sonklin, C.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Mungbean meal, by product from mungbean noodle factory, was hydrolysed by Bromelain at 0, 5, 10, 15 and 20% (w/w) for 6, 12, 18 and 24 h. The antioxidant activitiy of enzymatic mungbean meal hydrolysate (eb-MPH) was monitored by 2, 2-diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH) and 2, 2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazone-6-sulphonic acid) (ABTS) scavenging activity assays. The results were expressed as percentage of scavenging activity (hydrogen-donating ability). The results presented that DPPH and ABTS radical scavenging activity of eb-MPH in all enzyme concentration explicitly increased at the hydrolysis time 6 to 12 h after that it was constant. The eb-MPH, 15% Bromealin at hydrolysis time 12 h, presented the highest DPPH and ABTS radical scavenging activity which was 94.93% and 82.31%. It could be indicated that eb-MPH had high antioxidant activity.

Keywords: protein hydrolysate, antioxidant, mungbean meal, Bromelain

บทคัดย่อ

กากถั่วเขียวซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตวุ้นเส้น เมื่อนำมาผลิตเป็นโปรตีนสกัดโดยการย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลนความเข้มข้นร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 (w/w) เป็นเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH) และ 2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazone-6-sulphonic acid) (ABTS) แสดงผลเป็นค่าร้อยละ scavenging activity (ความสามารถในการให้ไฮโดรเจน) ผลการศึกษาพบว่าโปรตีนสกัดที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมิเลนทุกความเข้มข้นมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาในการย่อยสลายเพิ่มขึ้นจาก 6 ถึง 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นมีประสิทธิภาพค่าคงที่ โดยโปรตีนสกัดที่ได้จากภาวะในการย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์โบรมิเลนร้อยละ 15 เวลาการย่อยสลาย 12 ชั่วโมง มีค่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่วัดจากวิธี DPPH และ ABTS สูงสุด เท่ากับร้อยละ 94.93 และ 82.31 ตามลำดับ แสดงว่าโปรตีนสกัดที่ได้จากกากถั่วเขียวโดยใช้โบรมิเลนมีความสามารถสูงในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

คำสำคัญ: โปรตีนสกัด สารต้านอนุมูลอิสระ กากถั่วเขียว โบรมิเลน

Introduction

In Thailand, mungbean meal is a byproduct obtained from the mungbean noodle industry. Mungbean meal consists of a high protein content (approximately 72%) (Jantawat *et al*., 1998). Mungbean meal is an excellent protein source for protein hydrolysate production. Protein in mungbean meal is greater than 30% dry weight. Mung bean meal could be convert into hydrolysate in which reducing any environmental problems and could be used in the value added products (Baerbel *et al*., 1994). In recent years, mungbean meal protein hydrolysates were produced for using as flavoring agent because protein hydrolysate had free amino acids and small/large peptides (Sonklin *et al*., 2011).

The antioxidant activity of proteins and peptides may be the result of scavenging of specific radicals formed during peroxidation (Kristinsson and Rasco, 2000). Several studies have described the antioxidant activity of protein hydrolysate from soybean, rice bran, oil seeds, eggs and porcine but antioxidant activity of

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Tein-talay Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

mungbean meal protein hydrolysate has not been reported. Therefore, the objective of this study was to investigate the antioxidant activity of protein hydrolysates from mungbean meal protein hydrolysate by Bromelain.

Materials and Methods

The defatted mungbean meal (DMM) was dispersed with sterile water (10 g/100 mL) in 500 mL. The pH was adjusted to pH 6.0 with 2 M NaOH or 2 M HCl. DMM and 0, 5, 10, 15, 20% (w/w) Bromelain solution was incubated in a water bath at 50°C for 5 min before mixing. After 5 min, Bromelain solution was mixed with DMM and incubated at 50°C in water bath. The reaction will be stopped by heating at 95°C for 15 min. Enzymatic bromelain mungbean meal protein hydrolysates (eb-MPH) were filtered through filter paper. The filtrate of eb-MPH was collected and analyzed for as following; Degree of hydrolysis (% DH) according to Flavia and Maria (1998) and antioxidant activity by 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH radical-scavenging activity) and 2, 2-azinobis (3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS radical-scavenging activity).

The DPPH radical-scavenging activity of the hydrolysates was determined as described by Bersuder *et al*. (1998). Samples (300 µL) were mixed with 900 µL of a 0.1mM DPPH solution. The mixtures were incubated for 30 min in the dark at room temperature, and the reduction of DPPH radicals was measured at 517 nm. The control was conducted in the same manner, except that distilled water was used instead of sample. The blank is the value of 300 µL of sample solution mixed with 950 µL of 95% ethanol. DPPH radical-scavenging activity was calculated as:

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Absorbance of control} - \text{Absorbance of sample}}{\text{Absorbance of control}} \times 100$$

ABTS radical-scavenging activity was determined by ABTS assay, as described by Binsan *et al*. (2008). The stock solutions included 7.4 mM ABTS solution and 2.6 mM potassium persulphate solution. The working solution was prepared by mixing the two stock solutions in equal quantities and allowing them to react for 12 h at room temperature in the dark. The solution was then diluted by mixing 1 mL ABTS solution with 50 mL methanol, in order to obtain an absorbance of 1.1± 0.02 units at 734 nm using a spectrophotometer. Fresh ABTS solution was prepared for each assay. Sample (50 µL) was mixed with 950 µL of ABTS solution and the mixture was left at room temperature for 2 h in the dark. The absorbance was then measured at 734 nm using a spectrophotometer. The control was prepared in the same manner, except that distilled water was used instead of the sample. The blank is the value of 50 µL of sample solution mixed with 950 µL methanol. ABTS radical-scavenging activity was calculated as:

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Absorbance of control} - \text{Absorbance of sample}}{\text{Absorbance of control}} \times 100$$

Results and Discussion

The enzyme content and hydrolysis time influenced directly on the degree of hydrolysis. The degree of hydrolysis at 0 to 6 h in all enzyme concentrations increased rapidly and increased slightly at 6-12 h, thereafter reaching a plateau. Twenty percentage of Bromelain at hydrolysis time 6 h showed the highest degree of hydrolysis (50.40%) (Figure 1). A rapid increase in the degree of hydrolysis occurred during the initial time of hydrolysis because the Bromelain was in excess and saturated the substrate and resulted in the

cleavage of large numbers of peptide bonds in mungbean meal. After 12 h, the degree of hydrolysis was quite constant because of product inhibition (Kanu *et al*., 2009).

In its radical form, DPPH• disappeared upon reduction by an antiradical compound. Lower absorbance of the reaction mixture indicated higher free radical scavenging activity. DPPH (Figure 2) and ABTS (Figure 3) radical scavenging activity of eb-MPH in all enzyme concentrations increased explicitly at the hydrolysis time 6 to 12 h after that it was constant. This result indicated that limited hydrolysis of eb-MPH could lead to better antioxidant activity than extensive hydrolysis. The eb-MPH, 15% Bromealin at hydrolysis time 12 h, presented the highest DPPH and ABTS radical scavenging activity which was 94.93% and 82.31%, respectively. This evident might be occurred from short peptide and hydrophobic amino acid in eb-MPH. The peptides which were in the size of 2-20 amino acids (Meisel and FitzGerald, 2003) and molecular mass of less than 6000 Da (Sun *et al*., 2004) might have antioxidant activity.

Summary

The hydrolysis of mungbean meal with Bromelain has DPPH and ABTS radical scavenging activity. It could confirm that eb-MPH had high antioxidant activity.

Literature cited

Baerbel, L., Gerd, K. and Wigbert, S., 1994, Protein Hydrolysis-the Key to Meat Flavoring System, Food Review International, 10: 287–312.

Bersuder, P., Hole, M. and Smith, G., 1998, Antioxidants from a Heated Histidine–glucose Model System. I. Investigation of the Antioxidant Role of Histidine and Isolation of Antioxidants by High Performance Liquid Chromatography, Journal of the American Oil Chemist's Society, 75: 181–187.

Binsan, W., Benjakul, S., Visessanguan, W., Roytrakul, S., Tanaka, M. and Kishimura, H., 2008, Antioxidative Activity of Mungoong, an Extract Paste, from the Cephalothorax of White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*), Food Chemistry, 106(1): 185–193.

Flavia, M.N. and Maria, A., 1998, Production and Characterization of Enzymatic Hydrolysate from Soy Protein Isolate, Food Science and Technology, 31: 624-631.

Jantawat, P., Chinprahast, N. and Siripatrawan, U., 1998, Effect of Hydrolyzing Condition on Chemical and Sensory Properties of Hydrolysed Mungbean Protein, Journal of Science Society of Thailand, 24: 147–154.

Kanu, P.J., Jestina, B.K., Edward, H.S., Joseph, B.A.K., Philip, M.P.M. and Zhou, H., 2009, Optimization of Enzymatic Hydrolysis of Defatted Sesame Flour by Different Proteases and Their Effect on the Functional Properties of the Resulting Protein Hydrolysate, American Journal of Food and Technology, 4: 226-240.

Kristinsson, H.G. and Rasco, B.A., 2000, Fish Protein Hydrolysates, Production, Biochemical and Functional properties, Food Science and Nutrition, 40: 43-81.

Meisel, H. and FitzGerald, R.J., 2003, Biofunctional Peptides from Milk Proteins: Mineral Binding and Cytomodulatory Effects, Current Pharmaceutical Design, 9: 1289–95.

Sonklin, C., Laohajunkit, N. and Kerdchoechuen, O., 2011, Physicochemical and Flavor Characteristics of Flavoring Agent from Mungbean Protein Hydrolyzed by Bromelain, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59: 8475-8483.

Sun, J., He, H. and Xie, B.J., 2004, Novel Antioxidant Peptides from Fermented Mushroom Ganoderma lucidum, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 6646–52.

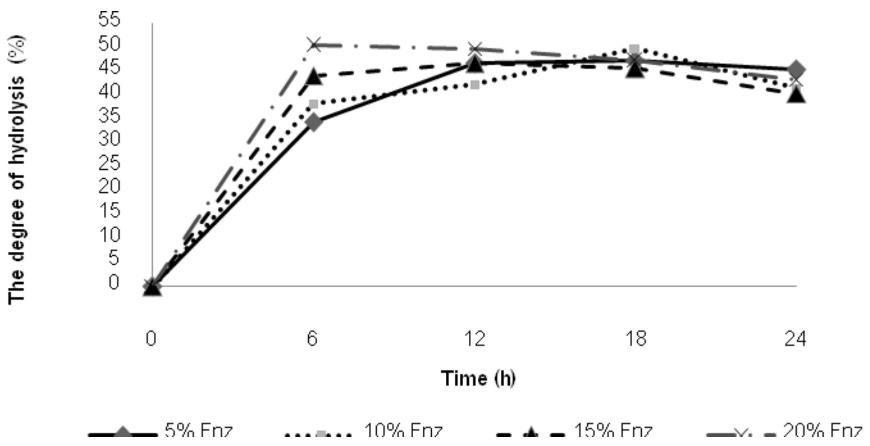


Figure 1 Degree of hydrolysis of eb-MPH prepared by 0, 5, 10, 15 and 20% Bromelain at 6, 12, 18 and 24 h

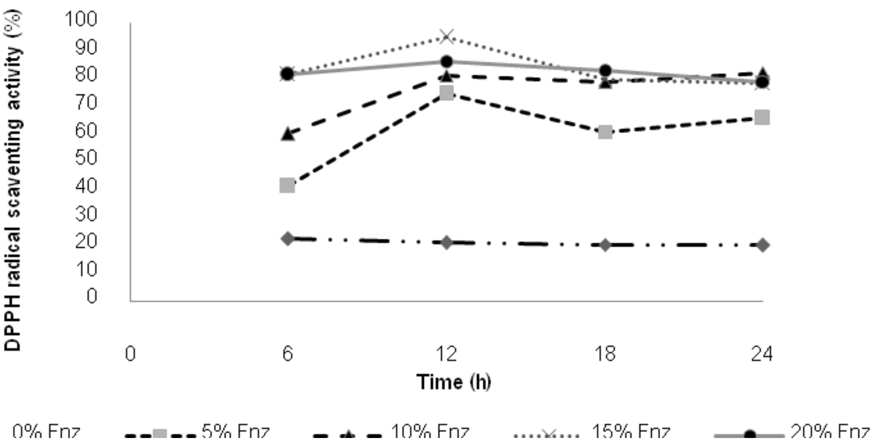


Figure 2 DPPH radical scavenging activity of eb-MPH

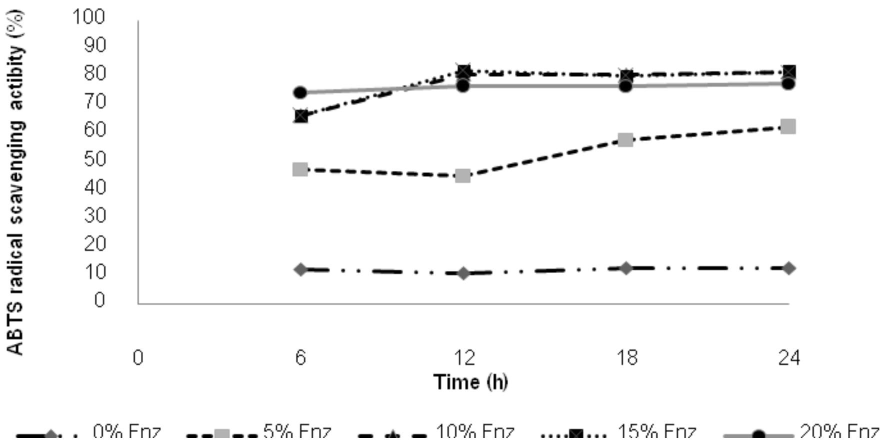


Figure 3 ABTS radical scavenging activity of eb-MPH

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดโดยเทคนิคโมเลกุลเครื่องหมายเอสเอสอาร์
Genetics Diversity in Vegetable Soybean Cultivars by SSR Markers

เศรษฐา ศิริพินทุ์[1] และ มัลลิกา จินดาซิงห์[1]
Siripin, S.[1] and Jindasing, M.[1]

Abstract

Simple Sequence Repeats (SSRs) were used to study the genetic diversity among 18 vegetable soybean accessions. A total of 95 SSR primer pairs were applied in this study, 90 SSRs detected polymorphisms which were distributed 20 molecular linkage groups (MLGs) of vegetable soybean genome, which detected a total of 510 polymorphic alleles. The high percentage of polymorphic SSR loci (94.72%) detected in this study showed a genetic similarity coefficient in the range of 0.024 to 0.206 among all accessions. By DICE similarity coefficient method and UPGMA cluster analysis, the dendrogram generated from the SAHN clustering could be separated into two distinct groups of group 1 were Datachamame, AGS 292, AGS 379, AGS 382, AGS 383, AGS 384, AGS 385 and AGS 386, while AGS 387, AGS 388, AGS 389, AGS 346, Lucky Lion. KS 1, KS 2, Sweet Green, # 75 and Chakaori were in group 2. The different genotype based on SSRs Markers could be advantaged to the future vegetable soybean breeding programs.

Keywords: genetic diversity, SSR Markers, vegetable soybean

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด 18 พันธุ์ โดยอาศัยเทคนิคโมเลกุลเครื่องหมาย เอส เอส อาร์ พบว่า จำนวนไพร์เมอร์ที่เลือกใช้ทั้งหมด 95 ชนิด มีไพร์เมอร์มากถึง 90 ชนิดที่สามารถจำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมบนโครโมโซมถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 20 แท่งคิดเป็นร้อยละ 94.72 โดยมีจำนวนแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นทั้งหมด 510 polymorphic alleles และพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมของพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่ศึกษาทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.024 ถึง 0.206 ผลของการอาศัยวิธีการของ DICE สำหรับคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม และอาศัยหลักการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยวิธี UPGMA แล้วเขียนแผนภูมิ Dendrogram ด้วยวิธีการของ SAHN ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ Datachamame, AGS 292, AGS 379, AGS 382, AGS 383, AGS 384, AGS 385 และ AGS 386 ส่วนกลุ่มที่ 2 ได้แก่ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS 387, AGS 388, AGS 389, AGS 346, Lucky Lion. KS 1, KS 2, Sweet Green, # 75 และ Chakaori ความแตกต่างทางพันธุกรรมของถั่วเหลืองฝักสดด้วยผลของการใช้เทคนิคโมเลกุลเครื่องหมาย SSR จึงเป็นประโยชน์สำหรับโครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดในอนาคตอย่างยิ่ง

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางชีวภาพ เอส เอส อาร์ เครื่องหมายโมเลกุล ถั่วเหลืองฝักสด

คำนำ

ในแต่ละปีชาวญี่ปุ่นบริโภคถั่วเหลืองฝักสดมากที่สุดในโลก มีการนำเข้าถั่วเหลืองฝักสดในรูปอาหารแช่แข็งมากกว่า 80,000 ตันต่อปี นำเข้าจากประเทศไต้หวันมากเป็นอันดับหนึ่ง ประเทศจีนอันดับสอง และนำเข้าจากประเทศไทยอันดับสาม ปี 2554 ประเทศไทยส่งออกถั่วเหลืองฝักสดไปญี่ปุ่นมากกว่า 11,000 ตันคิดเป็นมูลค่ามากกว่า 900 ล้านบาทต่อปี (custom of Japan, 2012) ปัญหาหลักของการผลิตถั่วเหลืองฝักสดประเทศไทยคือ ผลผลิต คุณภาพผลผลิตต้องพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้ตรงตามความต้องการของตลาดผู้บริโภค ฝักและเมล็ดต้องมีขนาดใหญ่ สีเขียวสด รสชาติหวาน มีกลิ่นหอมมากขึ้น ซึ่งคุณสมบัติทั้งหมดขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด และการจัดการไร่ด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม และมีต้นทุนการผลิตที่ไม่สูงมากนัก พันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทยส่วนใหญ่นำเข้ามาจากประเทศไต้หวันและญี่ปุ่น โดยนำเมล็ดพันธุ์มาปลูกขยายให้ได้เมล็ดพันธุ์จำนวนมากเพียงพอต่อการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเพื่อส่งผลผลิตแก่โรงงานอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง ซึ่งส่วนมากตั้งอยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ และลำปาง พันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่บริษัทฯและเกษตรปลูกได้แก่พันธุ์ AGS 292, #75,

---

[1] สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
[1] Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290

Datachamame และ Chakaori ซึ่งมีศักยภาพให้ผลผลิต และปรับตัวเข้ากับสภาพแวดได้ดีและกว้างขวางพอสมควร ในอนาคตต่างฝ่ายต่างมีความหวังว่าจะมีพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดสายพันธุ์ใหม่ที่ปรับตัวเข้ากับพื้นที่ปลูกกว้างขวางยิ่งขึ้น มีผลผลิตและคุณภาพผลผลิตดี โครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดจะประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์นั้น ต้องเริ่มจากการมีเชื้อพันธุ์มากมายหลากหลายทางพันธุกรรม และคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมมาผสมพันธุ์กัน แล้วปลูกคัดเลือกลูกผสมรุ่นต่อมาจนได้สายพันธุ์ที่ตรงตามวัตถุประสงค์ และความต้องการ ด้วยความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ ความรู้ทางโมเลกุลเครื่องหมาย (Molecular Markers) ช่วยให้นักปรับปรุงพันธุ์พืชสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น ไม่ยุ่งยากเช่นวิธีการปรับปรุงพันธุ์พืชแบบดั้งเดิม (Classical Plant Breeding) ดังนั้นการรวบรวมสายพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดทั้งจากประเทศไทย ประเทศไต้หวัน ประเทศญี่ปุ่น และประเทศจีน มาปลูกคัดเลือกปรับปรุงประชากรให้มีความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรมมากว่า 6 ปี โดยอาศัยข้อมูลทางลักษณะทางการเกษตร ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ลักษณะทางชีวเคมี และคุณค่าทางโภชนาการ จึงเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่ คู่ผสมในการปรับปรุงพันธุ์ ปัจจุบันเทคนิคทางโมเลกุลเครื่องหมาย SSR Markers Techniques เป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก มีค่าใช้จ่ายไม่สูงเกินไป และสามารถประเมินผลการศึกษาได้ค่อนข้างแม่นยำ จึงถูกเลือกนำมาใช้ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด เพื่อให้โครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดในอนาคตมีโอกาสประสบผลสำเร็จมากที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่สามารถรวบรวมพันธุ์ได้ทั้งหมด 18 พันธุ์ ได้แก่ Datachamame, AGS 292, AGS 379, AGS 382, AGS 383, AGS 384, AGS 385, AGS 386, AGS 387, AGS 388, AGS 389, AGS 346, Luck Lion, KS 1, KS 2, Sweet Green, #75 และ Chakaori

การสกัดดีเอ็นเอจากใบถั่วเหลืองฝักสดได้ดัดแปลงจากกรรมวิธีของ Doyle และ Doyle (1987) การตรวจสอบคุณภาพและปริมาณของ genomic DNA โดยนำมาผ่านอีเล็กโทรโฟริซิสในวุ้นอะกาโรสความเข้มข้น 1% แล้วย้อมด้วยเอธิเดียมโบรไมด์ ส่องดูภายใต้แสงอัลตร้าไวโอเลต ด้วยเครื่อง UV Transillumination เปรียบเทียบกับขนาดของแถบดีเอ็นเอมาตรฐาน 10 bp Ladder Plus บันทึกภาพแถบ DNA ด้วยกล้อง Digital Gel Doc.

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดด้วยโมเลกุลเครื่องหมาย SSR 95 ชนิด(ตำแหน่ง) ซึ่งครอบคลุมบนโครโมโซมทั้ง 20 แท่ง (molecular linkage group, MLGs) ของถั่วเหลืองจากการศึกษาของ Cregan และคณะ (1999) โดยพบว่าให้ผลการทดลองที่ชัดเจนสำหรับตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมถั่วเหลือง (Narvel และคณะ, 2000; Pooprompan และคณะ, 2006) DNA ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์นำมาเพิ่มจำนวนด้วยเครื่อง PCR การตรวจสอบแถบ DNA บนเจลอะกาโรสความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ในเครื่อง electrophoresis แล้วย้อมด้วย Ethidium bromide โดยเปรียบเทียบกับดีเอ็นเอมาตรฐาน (100 bp DNA Ladder, Bioscience) แล้วบันทึกภาพด้วยกล้อง Digital gel doc.

การวิเคราะห์จำนวนอัลลีล และความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด ดำเนินการโดยนำแถบดีเอ็นเอที่สังเคราะห์ได้แล้วถ่ายภาพ มาวิเคราะห์ขนาดด้วยการเปรียบเทียบกับแถบดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA ladder) โดยบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลจากการปรากฏ และไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์ ซึ่งเป็นจากการใช้ primer แต่ละชนิด และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NTSYS เพื่อหาสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม (similarity coefficient) แล้วสร้างแผนภูมิเดนโดรแกรม (dendrogram) โดยใช้ Unweighted Pair Group Method Arithmetic Average (UPGMA) เพื่อจัดแบ่งกลุ่มพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่แตกต่างกันทางพันธุกรรม

ผลการทดลอง

ผลของการใช้ SSR primers ทั้ง 95 ตำแหน่งหรือชนิด พบว่ามีจำนวน SSR primer 90 ชนิดที่ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอ (polymorphism) ที่กระจายอยู่บนโครโมโซมทั้ง 20 แท่ง (20 Molecular Linkage Group, MGLs) คิดเป็น 94.70 เปอร์เซ็นต์ของ SSR primer ทั้งหมด แถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นทั้งหมดมี 510 แถบ หรือตำแหน่ง (polymorphic alleles) ของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์ จำนวนแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นต่อไพรเมอร์มีตั้งแต่ 3 ถึง 9 แถบ(alleles) คิดเป็นค่าเฉลี่ย 5.37 แถบต่อไพรเมอร์ SSR primer ที่ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอ 9 แถบ ได้แก่ Sat_357 และ Satt571 (Figure1) ส่วน SSR primer ที่ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอ 3 แถบได้แก่ Satt555 และ Satt656 การใช้ SSR primer ต่างชนิดกันทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันในท่ามกลางพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์ บางพันธุ์อาจมีความเหมือนกันหรือความคล้ายคลึงกันของแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏ

ค่าความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์ ดูได้จากค่า Similarity coefficient ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.024 ถึง 0.206 แสดงให้เห็นว่า การใช้โมเลกุลเครื่องหมาย SSR สามารถบ่งบอกความหลากหลาย แตกต่างกันทางพันธุกรรมของพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์ได้ดี ถั่วเหลืองฝักสดบางพันธุ์มีความคล้ายคลึงกันมากเช่น พันธุ์ AGS 379 และ

AGS 382, พันธุ์ AGS 387 และ AGS 388 เป็นต้น ในทางตรงข้ามพันธุ์ที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมค่อนข้างมากได้แก่ พันธุ์ Datachamame กับ พันธ์ #75 พันธุ์ Datachamame กับพันธุ์ Chakaori ซึ่งมีค่าความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมน้อยมากเพียง 0.069 และ 0.065 เท่านั้น เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนหรือความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมมาจัดกลุ่ม (cluster analysis) ทำให้สามารถจัดแบ่งกลุ่มพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ (Figure2) โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยพันธุ์ Datachamame, AGS 292, AGS 379, AGS 382, AGS 383, AGS 384, AGS 385 และ AGS 386 ส่วนกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยพันธุ์ AGS 387, AGS 388, AGS 389, AGS 346, Lucky Lion, KS 1, KS 2, Sweet Green, #75 และ Chakaori

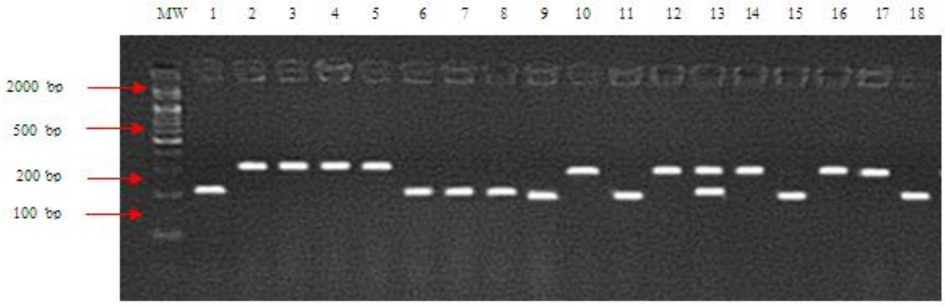


Figure 1 The simple sequence repeat (SSRs) profile of 18 vegetable soybean genotypes using the Sat_357 primer pair, Lane MW, Molecular weight marker (100+2000 bp DNA ladder)

Remark: 1 = Datachamame, 2 = AGS 292, 3 = AGS 379, 4 = AGS382, 5 = AGS 383, 6 = AGS 384, 7 = AGS 385, 8 = AGS 386, 9 = AGS 387, 10 = AGS 388, 11 = AGS389, 12 = AGS 346, 13 = Lucky Lion, 14 = KS 1, 15 = KS 2, 16 = Sweet Green, 17 = #75 and 18 = Chakaori

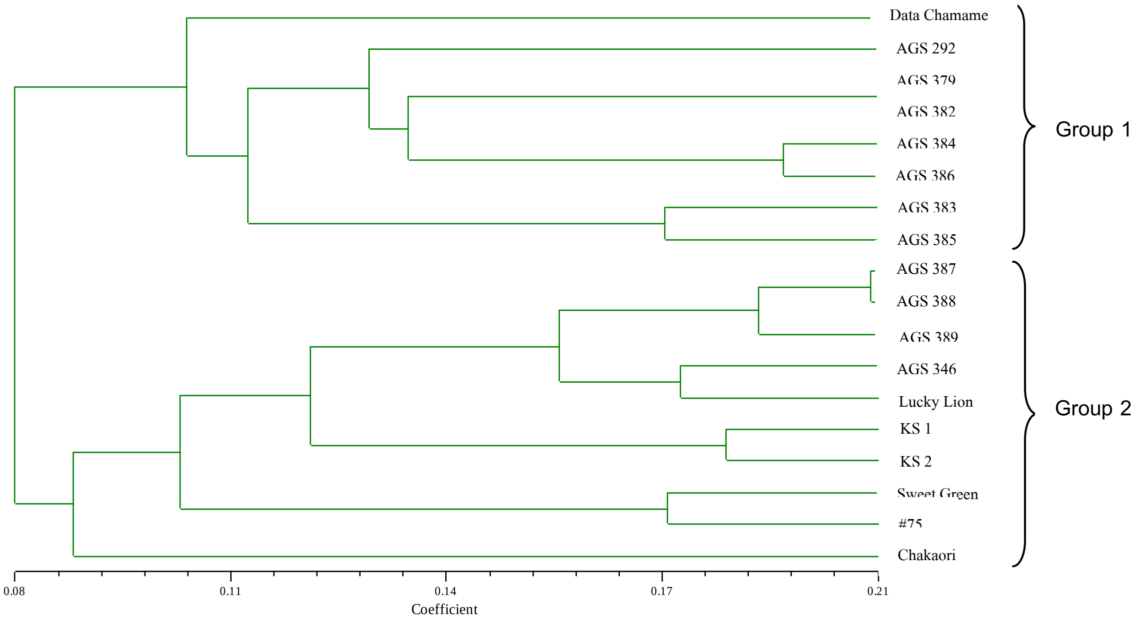


Figure 2 The dendrogram (UPGMA) in 18 vegetable soybean genetic materials analyzed by SSRs

วิจารณ์ผล

พันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทยคือ AGS 292 และ #75 ซึ่งมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพดี และปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกในแถบจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย พะเยา พิษณุโลก และนครสวรรค์ ได้ดีพันธุ์เหล่านี้จึงเหมาะสมสำหรับใช้เป็นพ่อหรือแม่พันธุ์ ส่วนพันธุ์ Datachamame พันธุ์ Chakaori มาจากประเทศญี่ปุ่น พันธุ์ AGS หมายเลขต่างๆ มาจากศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักแห่งเอเชีย (AVRDC) ประเทศไต้หวัน ซึ่งได้พัฒนาพันธุ์มากว่า 15 ปีแล้ว โดยแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางลักษณะการเกษตร ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และมีความแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณของสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการเช่นสารไอโซฟลาโวน และสารที่ให้กลิ่นหอม (Plonjarean และคณะ, 2007; Jindasing และคณะ, 2009) และผลของการอาศัยเทคนิคโมเลกุลเครื่องหมาย SSR Marker ทั้ง 95 primers ทำให้ทราบถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมว่าถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ จึงมีโอกาสในการจับคู่ผสมในโครงการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคตได้สะดวกยิ่งขึ้น ด้วยการจัดพันธุ์พ่อ พันธุ์แม่ที่มีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมมาผสมพันธุ์กันเช่นพันธุ์ Datachamame กับพันธุ์ #75 หรือพันธุ์ Datachamame กับพันธุ์ Chakaori หรือพันธุ์ AGS 292 กับ

พันธุ์ #75 หรือพันธุ์ AGS 292 กับ พันธุ์ Chakaori เป็นต้น ด้วยความจำกัดด้านทุนวิจัยจึงได้เลือกใช้ SSR primers เพียง 95 ชนิด (locus) และมีถึง 90 primers.ที่ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันมากถึง 510 แถบดีเอ็นเอในถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาจีโนมของถั่วเหลือง ใน Soybase พบว่าปัจจุบันมีการใช้ SSR primers มากถึง 33,065 ชนิดแล้ว ซึ่งแต่ละไพรเมอร์ต่างมีความจำเพาะ มีการเรียงตัวของเบสทั้งใน forward และ reward ประมาณ 20 ถึง 30 เบส เมื่อเกิดการทำซ้ำหลายครั้ง ใน PCR reaction ย่อมทำให้เกิดปริมาณดีเอ็นเอที่แตกต่างกันในถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ต่างกัน แม้ว่าจะเป็นยีนส์ตำแหน่งเดียวกัน (Narvel และคณะ, 2000) ดังนั้น SSR Markers จึงเป็นวิธีทางโมเลกุลเครื่องหมายที่ได้รับการยอมรับ ว่ามีความสะดวก รวดเร็ว และบ่งชี้ถึงความแม่นยำของการจำแนกความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืช และสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะลักษณะทางปริมาณ (Quantitative trait) ซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนส์หลายชนิด หลายตำแหน่ง หรือแม้กระทั่งยีนส์ที่มีลักษณะแบบข่มร่วม (codominant) ผลการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์ ด้วย SSR Markers ครั้งนี้ให้ผลคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Mimaura และคณะ (2007) ที่พบว่าถั่วเหลืองฝักสดมีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมโดยพบว่ามี SSR primers 17 ชนิดที่สามารถทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอกับถั่วเหลือง 99 พันธุ์จากพันธุ์ที่นำมาศึกษาทั้งหมด 130 พันธุ์ ทำให้จัดกลุ่มถั่วเหลืองฝักสดออกเป็น 9 กลุ่ม พันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศญี่ปุ่นมีความหลากหลายทางพันธุกรรมน้อยกว่าพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน พันธุ์จากประเทศญี่ปุ่นมีความแตกต่างทางพันธุกรรมจากพันธุ์ที่มาจากประเทศจีน เช่นสีเปลือกหุ้มเมล็ด และอายุการสุกแก่ สำหรับผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่มีการปรับปรุงพันธุ์ คัดเลือกและพัฒนาพันธุ์จากศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักแห่งเอเชีย มีความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมค่อนข้างมาก พันธุ์ที่นำมาจากประเทศญี่ปุ่นมีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมจากพันธุ์ประเทศไต้หวัน ดังนั้นคู่ผสมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดในอนาคตควรเกิดจากถั่วที่มาจากประเทศไต้หวันกับประเทศญี่ปุ่นหรือจากประเทศจีน ซึ่งยังต้องมีการสำรวจรวบรวมพันธุ์ การแลกเปลี่ยนเชื้อพันธุ์กัน เพื่อให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมถั่วเหลืองฝักสดมากยิ่งขึ้น

สรุปผล

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของถั่วเหลืองฝักสดทั้ง 18 พันธุ์โดยอาศัยโมเลกุลเครื่องหมาย SSR Markers พบว่ามีไพรเมอร์มากถึง 90 ชนิดจากทั้งหมด 95 ชนิดที่สามารถทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันถึง 510 แถบ หรือ polymorphic alleles ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมมีค่าอยู่ในช่วง 0.024 ถึง 0.206 และเมื่อจัดกลุ่มด้วยวิธี UPGMA ทำให้แบ่งกลุ่มถั่วเหลืองฝักสดออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ โดยแต่ละกลุ่มยังสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้อีก ผลของการศึกษาทำให้เกิดประโยชน์สำหรับโครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Cregan, P.B., Jarvic, T., Bash, A.I., Shoemaker, R.C., Lark, K.G., Kahler, A.L., Kaya, N., Van Toai, T.T., Lohnes, D.G., Chung, J. and Specht, J.E., 1999, An Integrated Genetic Linkage Map of Soybean Genome, Crop Science, 39: 1464–1490.

Custom of Japan, 2011, Trade Statistic of Japan, Ministry of Finance.

Doyle, J.J. and Doyle, J.L., 1987, A Rapid DNA Isolation Procedure for Small Quantities of Fresh Leaf Tissue, Phytochemical Bulletin, 19: 11-15.

Jindasing, M., Siripin, S., Peng-Ont, D. and Phutdhawong, W., 2009, Identification of Isoflavones Groups in Vegetable Soybean by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). P.9. In The 3rd Conference Research and Tropical and Subtropical, 3-4 September 2009, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

Mimaura, J.M., Clarice, C., Marie, B. and Thomas, L., 2007, SSR Diversity of Vegetable Soybean (*Glycine max*(L) Merril), Genetic Resources and Crop Evaluation, 54(12): 497–508.

Narvel, J.M., Fehr, W.R., Chu, W., Grant, D. and Shoemaker, R.C., 2000, Simple Sequence Repeat Diversity Among Soybean Plant Introductions and Elite Genotypes, Crop Science, 40: 1452–1458.

Plonjarean, S., Phuddhawong, W., Siripin, S., Suwanachai, N. and Sengpracha, W., 2007, Flavour Compounds of the Japanese Vegetable Soybean “Chakaori” Growing in Thailand, Maejo International Journal of Science and Technology, 01: 1-9.

Pooprompan, P., Wasee, S. and Srineves, P., 2006, Molecular Marker Analysis of Days to Flowering in Vegetable Soybean (*Glycine max* (L) Merril), Kasetsart Journal, 40: 573–581.

องค์ประกอบที่ระเหยได้และประสิทธิภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยในใบย่านาง
Volatile Composition and Antibacterial Activity of Essential Oil from Yanang (*Tiliacora triandra*) leaves

เน็ตตี้ มาเรีย ไนล์บาโฮ[1, 2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] และ อรพิน เกิดชูชื่น[2]
Naibaho, N.M.[1, 2], Laohankunjit, N.[2] and Kerdchoechuen, O.[2]

Abstract

This study was conducted to identify chemical composition and antibacterial activity of the essential oil from Yanang (*Tiliacora triandra*) leaves. Fresh Yanang leaves were extracted by simultaneous distillation/extraction methods and analyzed volatile compound by Gas Chromatography-Mass Spectrometry. There were totally thirteen compounds as the major compounds of the essential oil, such as isophytol, n-hexadecanoid acid, linoleic acid, linalool and alpha-terpineol. Antibacterial activity of the essential oil was analyzed by disc diffusion method and minimum inhibition concentration (MIC). The essential oil from fresh Yanang leaves possessed antibacterial activity againts *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus, Escherichia coli*, and *Salmonella* spp. with inhibition zone of 16, 14, 13 and 10 mm, respectively. The MIC value of all tested bacteria was at 6.25 µL/mL.
Keywords: *Tiliacora triandra*, essential oils, gas chromatography mass spectrometry, antibacterial activity

บทคัดย่อ

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยใบย่านาง *(Tiliacora triandra)* โดยสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบย่านางด้วยการกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation/extraction, SDE) และวิเคราะห์องค์ประกอบที่ระเหยได้ในใบย่านางด้วย gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) พบว่าใบย่านางมีองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด 19 ชนิด โดยองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ isophytol, n-hexadecanoid acid, linoleic acid, beta-ionone, alpha-ionone และ linalool เมื่อศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้ง เชื้อแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหย ด้วยวิธี disc diffusion และวิเคราะห์ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี minimum inhibition concentration (MIC) พบว่า น้ำมันหอมระเหยใบย่านางสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* และ *Salmonella* spp. และให้ค่าเฉลี่ย zone of inhibition ของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิดสูงที่สุดเมื่อใช้ความเข้มข้น 6.25 µL/mL เท่ากับ 16, 14, 13 และ 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ
คำสำคัญ: ใบย่านาง น้ำมันหอมระเหย แก๊สโครมาโตกราฟี แมสสเปคโตรเมทรี ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

Introduction

Many plants containing volatile oil in leaves, bark, flowers, fruit, root and other plant parts consist of primarily monoterpenes, sesquiterpenes and polyphenols, which can solve the problem of resistant bacteria and drug residue hazards (Saxena and Kalra, 2011). Essential oils are usually obtained by steam/hydro-distillation and simultaneous distillation/extraction. The volatile compounds have great application and demand in food, perfumery, cosmetics, pharmaceutical and winery industries (Magwa *et al.*, 2006). Moreover, the volatile compounds have been reported that have biological activities such as an antimicrobial, antioxidant, anticancer, antifungal and insecticidal activity (Derwich *et al.*, 2010). Furthermore, screening activity (for antimicrobial activity) of plant extracts was interested in finding new sources as drugs for the treatment of various diseases.

T. triandra or yanang is a flowering plant, member of family Menispermaceae and a native species of mainland Southeast Asia. It is widespread in northeastern Thailand and Laos. Yanang leaves contain high levels of beta–carotene and minerals. Alkaloids have been found in *T. triandra* extracts, such as *tiliacorinine, tiliacorine*, and *nortiliacorinine*, have activities such as antifungal, antioxidant and anti-malaria (Saiin and

[1] Faculty of Agriculture Technology, Brawijaya University, Malang 65141, Indonesia
[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Tha-kam, Bangkhuntien, Bangkok 10150

Markmee, 2003; Singthong *et al*., 2009). Futhermore, *T. triandra* extracts have been used for food seasoning, herbal medicine and cosmetics (Saiin and Markmee, 2003; Ptchelintsev, 2010). *T. triandra* also contain an essential oil which previously has not been investigated for chemical composition and antibacterial potentials. Therefore, the objectives of the present study were to determine antibacterial properties of essential oils from *T. triandra* leaves against four foodborne pathogenic bacteria and to identify major compounds in the essential oils of *T. triandra* leaves.

Materials and Methods

Preparation of plant materials. *T. triandra* leaves were purchased from a farmer's market in a local vegetables and fruit market of Thailand. The leaves were cleaned with water to remove dust and infected leaves were separated. The fresh leaves were chopped, ground and kept at room temperature in a vacuum-packed container before using.

Isolation of essential oils. A modified version of the Likens and Nickerson apparatus was used to perform simultaneous distillation/extraction experiments. The apparatus arms were insulated to prevent undesirable heat loss. In all of the runs, plant materials (2 kg) of Yanang were subjected to apparatus together with 1500 mL of glass-distilled water and 200 mL of hexane were used as the solvent extraction. The samples were extracted for 24 h. The feed and solvent flasks were heated separately using two heating mantles. The heating rates of the heaters were kept constant in all of the experiments. Furthermore, the solvent was evaporated by rotary evaporator to get essential oils.

Physical properties analysis. The yield extraction, color and refractive index were observed to determine the physical properties of the plant extracts. Color of the plant extracts was determined by Hunterlab mini scanEZ color reader. The refractive index of plant extracts was determined by Hand-held Refractometer (Atago, Japan).

Gas Chromatography-Mass Spectrometry Analysis. An aliquot of 1 µL essential oil (after evaporation) of Yanang leaves was directly injected into GC-MS Agilent 7890 A which was carried out in GC-MS system, fitted with a 30 m length x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm film thickness, DB-5ms capillary column. The carrier gas was helium at flow rate 0.57 mL/min. The injector and detector temperatures were 230^{o}C and 250^{o}C, respectively. The running methods were splitless mode, pressure at 3 psi, oven temperature: initial temperature 40^{o}C, then rate at 8^{o}C/min to 100^{o}C, and then rate at 5^{o}C/min to 180^{o}C, and the finally rate at 12^{o}C /min to 250^{o}C. A GC-MS analysis result was compared to Wiley275 and NIST library by selecting % quality match greater than 85%. RI value was calculated using a series of *n-alkanes* standards (C_8-C_{20}).

Antibacterial activity. Antibacterial activity assays by disc diffusion method. Muller Hinton agar (MHA) plates were swabbed with the respective broth culture of the *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus, Escherichia coli*, and *Salmonella,* spp. (diluted to 0.5 McFarland Standard with saline) and kept for absorption to take place. Steriled 6 mm filter paper (Whatman No.1) disc was impregnated with 100µL/mL of the essential oil that dissolved in steriled dimehtylsulfoxide (DMSO) and put in the inoculated plates. Negative control was prepared using DMSO. Streptomycin (5µg/mL) was used as positive control. The plates were incubated overnight at 37±2^{o}C. The antibacterial activity was evaluated by measuring the inhibition zones in diameter (mm) around of the disc. The assays were performed with three replicates.

Minimum Inhibition Concentration (MIC) value. The MIC values were carried in disc diffusion assay. The inoculated bacteria as prepared from 24 h nutrient broth cultures and suspensions were adjusted to 0.5 McFarland turbidity standards. Essential oils dissolved in DMSO were first diluted to the highest concentration (50 µL/mL) to be tested, and then serial two fold dilutions were made in a concentration range from 6.25 µL/mL to 50 µL/mL. The least concentration of essential oil showing a clear of inhibition was taken as the MIC levels.

Results and Discussion

Yield extraction and physical properties of the plant extracts from *T. triandra* extracted by simultaneous distillation/extraction were listed in Table 1. The yields of the essential oil were 0.544% (v/w drybasis). Refractive index of the essential oils showed the same value at 33°C was 1.476. The color of essential oil from Yanang leaves by simultaneous distillation/extraction had a color light yellow. The 19 components identified comprised 99.9% of the total oil. The qualitative and quantitative compositions of the essential oil are presented in Table 2, where the compounds are listed in the order of their elution in the DB-5ms column. The most abundant components of essential oils from fresh Yanang leaves were isophytol (35.27%), linoleic acid (15.71%), n-hexadecanoid acid (15.53%), linalool (9.78%), alpha-terpineol (7.90%), p-vinylguaiacol (3.36%), 1-hexanol (2.83%), respectively. The other compounds such as β-damascenone, neophytadiene, tetradecanoid acid, 3-hexen-1-ol, sphatulenol, benzeneacetaldehyde and linalool oxide. Generally, these major components showed the biological properties of the essential oils. The components include two groups of distinct biosynthetical origin and the main group is composed of terpenes and terpenoids and the other of aromatic and aliphatic constituents.

The antibacterial activities of the essential oils obtained from Yanang leaves against four pathogenic microorganisms were shown in Table 3. The essential oils of *T. triandra* leaves exhibited strong antimicrobial activity minimum inhibitory concentration (MIC), indicated that *S. aureus* and *B. cereus* were the most sensitive microorganisms having the lowest MIC values (6,25 µL/mL) and showing the largest inhibition zones at 16 mm and 14 mm respectively. Less activity was observed against *E. coli* and *Salmonella* spp. with the smallest inhibition zones at 13 mm and 10 mm, respectively. Generally, Gram-positive bacteria were more susceptible than Gram-negative bacteria. Thus, essential oils from Yanang leaves exhibited greater antibacterial activity which might be attributed contents of linalool, phenolic hydroxyl groups, and other oxygenated compounds in these samples. Compared to standard drugs (streptomycin), the essential oils from Yanang leaves demonstrated the comparable antibacterial activity. The changes in antibacterial activity of the investigated Yanang leaves essential oils might be attributed to the different chemical composition of the oils. In addition, the basis of varying degree of sensitivity of test organisms of bacteria may be due to the intrinsic tolerance of microorganisms and the nature and combinations of phytocompounds present in the essential oil (Laohakunjit *et al.*, 2008). Some earlier reports showed that the changes in chemical composition of an essential oil directly affected their biological activities (Bakkali, 2008).

Summary

The major volatile compounds of essential oil from fresh Yanang leaves were isophytol, n-hexadecanoid acid, linoleic acid, linalool and alpha-terpineol. The MIC of essential oil from fresh leaves of Yanang against *S. aureus*, *B. cereus, E. coli*, and *Salmonella* spp. was 6.25 µL/mL. The essential oil from fresh leaves of Yanang has a strong antibacterial activity against both of gram positive and gram negative bacteria.

Acknowledgment

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission. Directorate of Human Resources of the Directorate General of Higher Education (DGHE) Indonesia.

Literature cited

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. and Idaomar, M., 2008, Biological Effects of Essential Oils – A review, Food and Chemical Toxicology, 46: 446–475.

Derwich, E., Benziane, Z. and Boukir, A., 2010, Antibacterial Activity and Chemical Composition of the Essential Oil from Flowers of *Nerium oleander*, Electronic Journal of Enviromental, Agricultural and Food Chemistry, ISSN: 1579-4377.

Laohakunjit, N., Orapin, K., Krittika, N. and Pantip, B., 2008, Essential Oil from Five *Zingiberaceae* for Anti Food-borne Bacteria, International Food Research Journal, 15(3): 337-346.

Magwa, M.L., Gundidza, M., Gwerua, N. and Humphrey, G., 2006, Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oil from the Leaves of *Sesuvium portulacastrum*, Journal of Ethnopharmacology, 103: 85–89.

Ptchelintsev, D.S., 2010, Used of *Tiliacora* Triandra in Cosmetics, and Compositions Thereof, US. Patent, Application No. 2010/0166677.

Saiin, C. and Markmee, S., 2003, Isolation of Anti-malarial Active Compound from Yanang (*Tiliacora triandra Diels),* Kasetsart Journal of Natural Science, 37: 47-51.

Saxena, G. and Kalra, S.S., 2011, Antimicrobial Activity Pattern of Certain Terpenoids, International Journal of Pharma and Bio Sciences, 2(I): 87-91.

Table 1 Physical properties of essential oil from fresh leaves of *Tiliacora triandra*

Sample	Yield of extraction (%)-dry basis	L*	a*	b*	c*	Hue angle	Color appearance	Refractive index
Fresh	0.544	69.96	-0.93	2.89	3.03	107.89	Light yellow	1.476

Table 2 Constituent of the essential oil from fresh leaves of *Tiliacora triandra*

Volatile compounds	RI[a]	Composition (%)	Odor description**
3-hexen-1-ol	882	1.31	green, grassy
1-hexanol	891	2.83	fresh, fruity, green
benzeneacetaldehyde	1054	0.95	almond, burnt sugar
linalool oxide	1074	0.52	floral, herbal
linalool	1103	9.78	flower, lavender
α-terpineol	1203	7.90	oil, anise, mint
ρ-vinylguaiacol	1318	3.36	apple, spicy, peanut
β-damascenone	1390	2.30	woody, fruity-flowery
sphatulenol	1541	1.24	acrid, fruity, balsamic
tetradecanoid acid	1757	1.37	waxy, soapy, creamy
neophytadiene	1836	1.92	smoke
isophytol	1945	35.27	floral, herbal, green
n-hexadecanoid acid	1964*	15.53	oily
linoleic acid	3170*	15.71	oily

[a]RI calculated based on *n-alkane* standard (C8 - C20), * Kovat indexs, **odor description from flavornet

Table 3 Antibacterial activity and MIC value of essential oil from fresh leaves of *Tiliacora triandra*

Bacterial species	Inhibition zones (mm)*			MIC value(μL/mL)
	Fresh	DMSO**	Streptomycin (5mg/mL)***	Fresh leaves
S. aureus	16	-	24.40	6.25
B.cereus	14	-	23.20	6.25
E. coli	13	-	23.00	6.25
Salmonella spp	10	-	12.00	6.25

*Inhibition zone including the diameter of the paper disc (6 mm); ** Negative control (DMSO); *** Positive control (5mg/ml Streptomycin)

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 533-536 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 533-536 (2555)

สมบัติทางเคมีกายภาพของสารสกัดจากใบย่านาง *(Tiliacora triandra)*

Physico-chemical Properties of Plant Extracts from Yanang *(Tiliacora triandra)* Leaves

เน็ตตี้ มาเรีย ไนล์บาโฮ[1,2] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] และ อรพิน เกิดชูชื่น[2]

Naibaho, N.M.[1,2], Laohankunjit, N.[2] and Kerdchoechuen, O.[2]

Abstract

The physico-chemical properties of plant extracts from Yanang leaves (*Tiliacora triandra*) with respect to various types of solvent (acetone, hexane and ethanol) were determined by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). The acetone extract was composed of 7 major compounds which were 9,17-Z-octadecadienal (47.86%) and n-hexadecanoic acid (43.95%). The hexane extract consisted of 16 compounds with linoleic acid (55.05%) and n-hexadecanoic acid (23.53%) as the other major compounds. Furthermore, the ethanol extracts contained 14 chemical constituents with n-hexadecanoic acid (44.03 %) and ethyl oleate (43.73%) as the major compound. Thus, n-hexadecanoic acid was founded as one of the major compounds in all plant extracts. The odor of this plant was described as being pungent. Percentage of yield extraction from acetone, hexane, and ethanol extracts were 1.95, 0.56 and 3.13%, respectively. Refractive index of the plant extracts ranged from 1.362 to 1.364.

Keywords: Yanang leaves (*Tiliacora triandra*), solvent extraction, gas chromatography mass spectrometry

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของสารสกัดจากใบย่านางที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ อะซีโตน เฮกเซน และเอทานอล และวิเคราะห์สารสำคัญในสารสกัดด้วย gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) พบว่า สารสกัดใบย่านางที่สกัดด้วยอะซีโตน มีสารสำคัญ 7 ชนิด โดยสารที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ 9,17-Z-octadecadienal ร้อยละ 47.86 และ n-hexadecanoic acid ร้อยละ 43.95 สารสกัดใบย่านางที่สกัดด้วยเฮกเซน มีสารสำคัญเป็นองค์ประกอบ 16 ชนิด มีปริมาณ linoleic acid เป็นองค์ประกอบหลักเท่ากับร้อยละ 55.05 และ n-hexadecanoic acid ร้อยละ 23.53 และสารสกัดใบย่านางที่สกัดด้วยเอทานอล มีสารสำคัญเป็นองค์ประกอบ 14 ชนิด มีปริมาณ n-hexadecanoic acid สูงสุดเท่ากับร้อยละ 44.03 และ ethyl oleate ร้อยละ 43.73 โดยสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด พบสาร n-hexadecanoic acid เป็นองค์ประกอบเหมือนกันซึ่งมีลักษณะกลิ่นเป็นกลิ่นฉุน และจากการสกัดใบย่านางด้วยตัวทำละลาย ทั้ง 3 ชนิด พบว่า ร้อยละผลผลิตของสารสกัดที่สกัดด้วยอะซีโตน เฮกเซน และเอทานอล เท่ากับ ร้อยละ 1.95, 0.56 และ 3.13 ตามลำดับ และมีค่า Refractive index ของสารสกัดอยู่ในช่วง 1.362 ถึง 1.364.

คำสำคัญ: ใบย่านาง การสกัดด้วยตัวทำละลาย แก๊สโครมาโตกราฟี แมสสเปคโตรเมทรี

Introduction

Yanang belongs to the family Menispermaceae. It is a climbing plant with deep green leaves and yellowish flowers and use as a medicinal plant in Thailand. The extract from the roots of Yanang used a folk medicine for treatment of fever, malaria and antipyretic. Yanang contains high levels of beta-carotene and minerals that are widely used especially in the cuisine of northeastern Thailand. Alkaloids have been found in Yanang such as *tiliacorinine, tiliacorine,* and *nortiliacorinine* (Singthong *et al*., 2009). Yanang has been used as food seasoning and in cosmetics (Saiin and Markmee, 2003; Ptchelintsev, 2010). However, there are no reports about the volatile compounds of the plant extracts from Yanang leaves. Furthermore, the plants were extracted with different extraction methods affect the organoleptic profile, show the differences in the composition of oils obtained by solvent extraction method, and may affect the physical properties and volatile

[1] Faculty of Agriculture Technology, Brawijaya University, Malang 65141, Indonesia

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Tha-kam, Bangkhuntien, Bangkok 10150

compounds (Atti-Santos *et al*., 2005; Hashemi *et al*., 2008). The aim of this study was to determine the physico-chemical composition of the *T. triandra* plant extract obtained from solvents extraction method with different type of solvent.

Materials and Methods

Preparation of plant materials. *T. triandra* leaves were purchased from a farmer's market in a local vegetables and fruit market of Thailand. The leaves were cleaned with water to remove dust and infected leaves were separated. The prepared leaves were then dried at 40°C for 24 h by oven dryer. The dried leaves were chopped, ground and kept at room temperature in a vacuum-packed container before using.

Solvent extraction. Plant material was oven dried at 40°C for 24 h to reduce water content. Extracts were prepared by blending preserved plant material (30 g dry weight) in 99% acetone, hexane, ethanol (1:2 w/v ratios). After 24 h, the mixture was filtered through Whatman filter paper (No.1) using a Buchner funnels. The solvent was removed with a rotary vacuum evaporator at 40°C. The oil was stored in dark vials at 4°C before analyzing.

Physical properties analysis. The yield extraction, color and refractive index were observed to determine the physical properties of the plant extracts. The calculations of the extraction yield were the percentage of the weight of the essential oils to the raw material. Color of the plant extracts was determined by Hunterlab mini scanEZ color reader. The refractive index of plant extracts was determined by Hand-held Refractometer (Atago, Japan).

Gas Chromatography-Mass Spectrometry Analysis. An aliquot of 1 µL crude extracts (after evaporation) of Yanang leaves was directly injected into GC-MS Agilent 7890 A which was carried out in GC-MS system, fitted with a 30 m length x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm film thickness, DB-5ms capillary column. The carrier gas was helium at flow rate 0.57 mL/min. The injector and detector temperatures were 230°C and 250°C, respectively. The running methods were splitless mode, pressure at 3 psi, oven temperature: initial temperature 40°C, then rate at 8°C/min to 100°C, and then rate at 5°C/min to 180°C, and the finally rate at 12°C/min to 250°C. A GC-MS analysis result was compared to Wiley275 and NIST library by selecting a % quality match greater than 85%. RI value was calculated using a series of *n-alkanes* standards (C_8- C_{20}).

Results and Discussion

Yield percentage of Yanang leaves extracted by acetone, hexane and ethanol was significantly different 1.95%, 0.57%, 3.13%, respectively (Table 1). The highest yield extraction of the plant extracts by ethanol was 3.13%. This yield was related to the previous study that extracted using ethanol about 3.87% (Prasitpuriprecha *et al*., 2009). Ethanol extraction gave the highest yield because the ethanol have more respective polarities than hexane and acetone (Su *et al*., 2007). The differences in the extract yields from the tested plant materials in the present analysis might be ascribed to the different availability of extractable components, resulting from the varied chemical composition of plants (Sultana *et al*., 2010).

Refractive index of the acetone and ethanol extracts showed the same value of 1.363 at 33°C, while refractive index value of the hexane extracts was 1.362. These results indicated that the differences of solvent extraction did not affect the refractive index of plant extracts. The refractive index is an important physical properties often used for identification of purity of plant extract and every plant extracts do have typical ranges of refractive indexes specified temperatures (Hussain, 2009).

Color the plant extracts depend on the solvent used for extraction. Acetone and ethanol extracts gave dark green which the brightness L* value ranged from 50.53 and 52.86, a* value are -15.57 and -16.49, chroma value are 72.55 and 77.38, hue angle are 102.33 and 102.39, while plant extracts by hexane showed a

clear light yellow color with the brightness L* value at 66.60, a* value are -5.32, b* value are 38.48, choroma are 38.85 and hue angle are 84.54, respectively (Table 1). The different color of the plant extracts from various solvents might be due to the presence of the pigment color such as chlorophyll and carotene. In addition, the color of plant extracts under various solvent extractions showed different shades because of the different physical properties (solubility). Acetone and ethanol have a good efficiency to extract chlorophyll from plant because the solvent extracts showed a green color. Then the yellow color of extract that obtained from hexane extraction was from the color of carotene (Latip *et al*., 2001). Thus, all of solvent extraction were affected by solvent polarity. The polarity of solvents has relationship to the structures of pigments (Boonsong *et al*., 2012). In this case, ethanol and acetone were suitable solvent to recover of polyphenols from a plant matrix (Sultana *et al*., 2010).

Volatile compositions of Yanang leaves extracted were also analyzed using GC-MS. The volatile compounds of plant showed in Table 2. A total of 25 volatile compounds was identified, accounting for 99.9% of the oil. The main constituent of ethanol extracts was n-hexadecanoic acid (44.03%) and ethyl oleate (43.73%), but hexane extracts were linoleic acid (55.05%) and n-hexadecanoic acid (23.53%), while in acetone extracts were (7 volatile compounds) has 9,17-Z-octadecadienal (47.86%) and n-hexadecanoic acid (43.95%). The different solvents extraction of the plant extract presented different compositions. Some of the compounds identified in hexane extracts was not found in those of acetone and ethanol. Overall, this result suggested that the type of extracting solvent affects the chemical constituents of the plant extracts of Yanang leaves.

Summary

The differences types of solvent extraction methods influenced on different type of volatile compounds, yield extraction, color and refractive index. Ethanol extracts gave the higher yield than hexane and acetone extracts. The major compounds of Yanang leaves was n-hexadecanoic acid, myristicin, 9,17-Z-octadecadienal, linoleic acid, ethyl oleate, and 3-hexenoic acid.

Acknowledgment

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission. Directorate of Human Resources of the Directorate General of Higher Education (DGHE) Indonesia.

Literature cited

Atti-Santos, A.C., Rossato, M., Serafini, L.A., Casse, E. and Moyna, P., 2005, Extraction of Essential Oils from Lime (*Citrus latifolia* Tanaka) by Hydrodistillation and Supercritical Carbon Dioxide, Journal of Brazilian Archives of Biology and Technology, 48(1): 155-160.

Boonsong, P., Laohankunjit, N. and Kerdchoechuen, O., 2012, Natural Pigments from Six Species of Thai Plants Extracted by Water for Hair Dyeing Product Application, Journal of Cleaner Production, 30:1-14.

Hashemi, P., Abolghasemi, M.M., Ghiasvand, A.R., Ahmadi, S., Hassanvand, H. and Yarahmadi, A., 2008, A Comparative Study of Hydrodistillation and Hydrodistillation–solvent Microextraction Methods for Identification of Volatile Components of *Echinophora cinerea*, Journal of Chromatographia, 69: 179-182.

Hussain, A.I., 2009, Characterization and Biological Activities of Essential Oils of Some Species of Lamiaceae. Thesis Department of Chemistry and Biochemistry Faculty of Science University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.

Singthong, J., Ningsanond, S. and Steve, W.C., 2008, Extraction and Physicochemical Characterization of Polysaccharide Gum from Yanang (*Tiliacora triandra*) Leaves, Food Chemistry, 114: 1301–1307.

Sultana, B., Anwar, F. and Ashraf, M., 2009, Effect of Extraction Solvent/Technique on the Antioxidant Activity of Selected Medicinal Plant Extracts, Molecules, 14: 2167-2180.

Table 1 Physical properties of the plant extracts from Yanang Leaves *(Tiliacora triandra)*

Sample	Yield of extraction (%)	Refractive Index	Color values					Color appearance
			L*	a*	b*	Chroma	Hue angle	
Acetone	1.95[b]	1.363[a]	53.74[a]	-15.48[b]	70.61[b]	72.73[b]	102.33[b]	Clear dark green
Hexane	0.57[c]	1.362[a]	66.63[b]	-5.67[c]	38.53[c]	38.85[c]	84.54[c]	Clear light yellow
Ethanol	3.13[a]	1.363[a]	52.82[b]	-16.49[a]	75.57[a]	77.38[a]	102.39[a]	Clear dark green

[a, b, c..]letters indicate significantly different ($P<0.05$) according to DMRT

Table 2 Percentage of the volatile composition from plant extract of Yanang Leaves *(Tiliacora triandra)*

Compound	RI Value[a]	% relative peak area			Odor description**
		Acetone	Hexane	Ethanol	
3-hexen-1-ol	865	0.60	0.09	0.68	green, grassy
furfural	871	-	-	0.35	bread, almond, sweet
o-xylene	892	-	0.07	-	geranium
3-hexenoic acid	1016	0.98	1.43	2.18	must, fat
undecane	1099	-	-	0.19	oil, pungent, sweet
dodecane	1198	-	-	0.29	alkane
safranal	1209	-	1.17	-	herb, sweet
5-hydroxymethylfurfural (5-HMF)	1239	-	-	1.92	green, sweet
nonanoic acid	1264	-	1.17	-	green, fat
tertradecane,2,6,10,-trimethyl-	1321	-	0.76	-	-
tetradecane	1472	-	-	0.26	alkane
alpha-ionone	1435	-	0.77	-	-
geranyl acetone	1452	-	0.58	-	magnolia, green
beta-ionone	1493	-	1.15	0.21	-
myristicin	1536	1.62	3.38	1.48	spice, warm, balsamic
hexadecane	1602	-	-	0.48	alkane
tetradecanoic acid	1762	-	2.66	-	waxy, soapy, creamy
neophytadiene	1839	-	-	3.56	smoke
pentadecanoic acid	1860	-	2.99	-	oily
methyl hexadecanoate	1923	-	3.56	-	oily, faint, waxy, sweet
n-hexadecanoic acid	1984	43.95	23.53	44.03	oily, creamy
heptadecanoic acid	2074*	-	1.63	0.64	fat
ethyl oleate	2100*	-	-	43.73	oily
linoleic acid	2162*	-	55.05	-	oily
9,17, Z-octadecadienal	2410*	47.86	-	-	-

[a]RI calculated based on *n-alkane* standard (C_8 - C_{20}), * Kovat indexs ** Flavornet

การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและคุณค่าทางสารอาหารของธัญพืชเพื่อผลิตเป็นอาหารเสริม

Antioxidant Activity and Nutrient Composition of Fermented Germinated Cereals

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

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

Abstract

This research was aimed to study the antioxidant activity and nutrient composition from the germinated 2 cereals: brown rice and soybean, fermented with useful microorganism. The germinated rice was fermented by Aspergillus oryzae for 3 day; the process brought about increase of nutrition including protein γ-oryzanol and gamma amino butyric acid (GABA) at greater contents than the non-germinated brown rice. Similarly, thegerminated soybean fermented with Bacillus subtilis for 3 day, nutrition were increased more than non-germinated soybean. So, isoflavone, tocopherol (vitamin E) and antioxidant activity evaluated on the basis of scavenging capacity of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radicals and (2,2-azino-di-[3-ethylbenzthiazoline sulphonate] ($ABTS^+$ radical cations) was also greater than the non-germinated soybean.

Keywords: brown rice, soybean, fermented germinated cereals, DPPH, ABTS

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางอาหารและการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของธัญพืชงอก 2 ชนิด คือ ข้าวและถั่วเหลือง ที่หมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์มีประโยชน์ สำหรับข้าวงอกที่หมักด้วยเชื้อ Aspergillus oryzae เป็นเวลา 3 วัน มีคุณค่าทางสารอาหาร เช่น โปรตีน แกมม่าโอไรซานอล และมีปริมาณแกมมาอะมิโนบิวทาริคแอซิค (กาบา) สูงกว่าข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก เช่นเดียวกับถั่วเหลืองงอกที่หมักด้วยเชื้อ Bacillus subtilis เป็นเวลา 3 วัน มีสารอาหารเพิ่มขึ้น และยังพบว่ามีปริมาณสารไอโซฟลาโวน วิตามินอี และการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และวิธี $ABTS^+$ (2,2-azino-di-[3-ethylbenzthiazoline sulphonate]) สูงกว่าถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก

คำสำคัญ: ข้าวกล้อง ถั่วเหลือง ธัญพืชงอกหมัก DPPH $ABTS^+$

Introduction

Cereals are considered to be one of the most important sources of dietary proteins, carbohydrates, vitamins, minerals and fiber for people all over the world. However, the nutrition quality of cereals and the sensorial properties of their products are sometimes poor in comparison with milk and milk products. The reasons behind this are the lower protein content, the deficiency of certain essential amino acids, the low starch availability, the presence of determined antinutrients (tannins, anthocyanins and phytates) (Adom and Liu, 2002) and the coarse nature of the grains. A number of processes increasing qualities of cereals such as sprouting, germination and fermentation, have been put into practise to improve the nutritional properties of cereals especially antioxidant activity, Germination is achieved by soaking the whole kernel of cereal in water until its embryo begins to bud. During the process of germination, the chemical compositions of the rice change drastically, because the biochemical activity produces essential compounds and energy, for the formation of the seedling, although, probably the best one is fermentation (Aslam and Khan, 2008).

In general, natural fermentation of cereals leads to a decrease in the level of carbohydrates as well as some non-digestible poly and oligosaccharides. Certain amino acids may be synthesised and the availability of B group vitamins may be improved. Fermentation also provides optimum pH conditions for enzymatic

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

degradation of phytate which is present in cereals in the form of complexes with polyvalent cations such as iron, zinc, calcium, magnesium and proteins. Such a reduction in phytate may increase the amount of soluble iron, zinc and calcium several folds. In this work, thus aim to Improvement of antioxidant activity and nutrient composition of fermented germinated cereals.

Materials and Methods

Plant material: Cereal 'KDML 105' rice (*Oryza saltiva*) and 'SJ2' soybean were harvested in 2012. Seeds were stored in a cool room at 4°C prior to processing.

Microorganism: *Aapergillus oryzae* and *Bacillus subtilis* were supplied by Thailand Institute of Scientific and Technology Research (TISTR).

Germination method: This method will be followed Kerdchoechuen *et al*. (2009). 'KDML 105' rice will be soaked in water at pH 6.5, temperature of room temperature for 48 h. 'SJ2' soybean, will be soaked in water at pH 6.5, temperature of room temperature for 6 hrs after that germinated in fabric under room temperature. After germination, nutrition of chemical compositions will be analyzed similar to some physic-chemical compound will be determined.

Fermentation method: Fermentation will be performed using germinated cereals. Two microbial strains will be observed. These are *A. oryzae* and *B. subtilis* temperature 37°C.

Proximate method: Proximate analysis protein was determined by the standard procedures of the AOAC (1990).

Gamma amino butyric acid (GABA): Kidney bean flour (3 g) is mixed with 30 ml of 70% ethanol shake for 1 minute by vortex and centrifuged at 80 rpm for 30 minute. The supernatant is drained out, the process is done again and the extract is evaporated. The extract is added with 3 ml of distilled water and left for 1-2 minute. A 0.2 ml of the mixture is added with 0.2 ml of pH 9 borate buffer and 1 ml of 6% phenol, mixed for 1 minute and put in ice bath for 2 minute. The 0.4 ml of 7.5% of NaOCl is added and the mixture is put in ice bath for 30 minute. After that the mixture is put in boiling water for 10 minute and immediately put in ice bath for 5 minute. The mixture is measured colorimetrically with a spectrophotometer at the wavelength 630 nm (Kerdchoechuen *et al*., 2009).

Radical DPPH scavenging capacity: The free radical scavenging capacity of grain extracts was determined using the stable 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH) as outlined by (Emmons *et al*., 1999) The antioxidant reaction was initiated by transferring 1 ml of grain extracts into a test tube containing 4 ml of 80% methanol and 1 ml (containing 1 mmole) of freshly prepared DPPH solution. The final concentration of DPPH in the reaction mixture was 167 μmole. The reaction was monitored by reading absorbance at 517 nm for 30 min at 2 min intervals. A blank reagent was used to study stability of DPPH over the test time. The absorbance measured at 10 min was used for the calculation of μmole DPPH scavenged by grain extracts. The kinetics of the antioxidant reaction in the presence of grain extracts were also determined over a 30 min period and compared with butylated hydroxytoluene (BHT) as an antioxidant reference.

Radical cation ABTS scavenging capacity: The radical cation (2, 2-azino-di-[3-ethylbenzthiazoline sulphonate]) ($ABTS^+$) scavenging capacity was measured using a Randox Laboratories assay kit (San Francisco, CA). Trolox (6-hydroxy 2, 5, 7, 8-tetramethylchroman- 2-carboxylic acid) provided in the kit was used as an antioxidant standard and for the calculation of scavenging capacity of cereals extracts as trolox equivalent. The scavenging activity of grain extracts was calculated as μmole ABTS/g sample at different times (3, 5, 6 and 9 min) for valid comparison between samples.

Results and Discussion

The composition of major nutrient (protein, fat, fiber, ash and carbohydrate) of brown rice and soy bean, germinated brown rice and soy bean, and fermented germinated brown rice and soy bean, are presented in Table 1. It was brown rice and soy bean had protein, fat, crude fiber, ash and carbohydrate content lowest compared with germinated brown rice and fermented germinated brown rice about 7.7, 4.1, 1.8, 1.4 and 85 respectively and soy bean about 17.30, 45.2, 3.4, 2.1and 33.1. After germination process

brown rice and soy bean found to contain higher than of protein content about 12.35%and 31.3% because water moves the hormone from the embryo to the aleurone layer, and then activates hydrolysis enzymes that degrade the storage protein into amino acids, amount of fat, fiber, ash and carbohydrate lower than kidney bean about 12.53, 1.67, 1.03 and 82.41 respectively and soy bean about 9.14, 21.35, 22.33 and 19.57. The last chemical composition of 2 cereals, fermented germinated by 2 microbial strains resulted in a greater amount of protein than 2 cereals control and germinated cereals. Crude fiber fat, ash and carbohydrate of germinated cereals by fermentation had lower than control.

Table 2 shown the amount of GABA content, oryzanol, tocopherol and antioxidant properties of non-germinated, germinated and germinated brown rice fermented with *A. oryzae* was highest when germination and fermented with *A.oryzae* ratio of 10% w/v resulted in the highest amount of vitamin B1 because when germination plant need process and vitamin B1 in the form of thiamin diphosphate (TPP), acts as a cofactor for several enzymes in key cellular metabolic pathways such as glycolysis partway. When fermented process vitamin increased because in during fermentation, enzymes such as amylases, xylanases and proteases derived from the grain and microbes contribute to the modification of grain composition (Katina *et al*., 2007) may be released by enzymatic treatment of samples prior to extraction (Di Cagno *et al*., 2003) same as GABA and total phenolic content. GABA content in germinated brown rice was higher than the control brown rice and when incubated with 2 microbial strains, the amount of GABA increased 1-2 fold compared with the control brown rice. Total phenolic in germinated brown rice by fermentation higher than control, except in fermented germinated brown rice with 10% *Bifidobacterium longum* did not differ from germinated and control brown rice. Table 3 shown the amount of Iso-flavone, tocopherol and antioxidant properties of non-germinated, germinated and germinated soy bean fermented with *Bacillus subtilis* was highest when germination and fermented with *bacillus subtilis*.

Summary

The antioxidant activity and nutrient composition from germinated 2 cereals; brown rice and soybean, fermented with useful microorganism. For germinated rice fermented by *Aspergillus oryzae* for 3 day, the process brought about increases of nutrition including protein, γ-oryzanol and GABA at greater contents than non-germinated brown rice. Similarly to germinated soybean fermented with *Bacillus subtilis* for 3 day, nutrition were increased more than non-germinated soybean

Acknowledgment

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Edution Commission

Literrature cited

Adom, K. and Liu, R., 2002, Antioxidant Activity of Grains, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 6182–6187.

Aslam, J., Mohajir, M.S., Khan, S.A. and Khan, A.Q., 2008, HPLC Analysis of Water-soluble Vitamins (B1, B2, B3, B5, B6) in *In vitro* and *Ex vitro* Germinated cereal, African Journal of Biotechnology, 7(14): 2310-2314.

Di Cagno, R., De Angelis, M., Corsetti, A., Lavermicocca, P., Arnault, P., Tossut, P., Gallo, G. and Gobbetti, M., 2003, Interactions between Sourdough Lactic Acid Bacteria and Exogenous Enzymes: Effects on the Microbial Kinetics of Acidification and Dough Textural properties, Food Microbiology, 20: 67–75.

Emmons, C.L., Peterson, D.M. and Paul, G.L., 1999, Antioxidant Capacity of Oat (*Avena sativa* L.) Extracts *In Vitro* Antioxidant Activity and Contents of Phenolic and Tocol Antioxidants, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(12): 4894–4898

Katina, K., Laitila, A., Juvonen, R., Liukkonen, K-H., Kariluoto, S., Piironen, V., Lindbergh, A. and Poutanen K., 2007, Bran Fermentation as a Means to Enhance Technological Properties and Bioactivity of Rye, Food Microbiology, 24: 175–186.

Kerdchoechuen, O., Laohakunjit, N., and Watchararparpaiboon, W., 2010, An Improved Process for High Quality and Nutrition of Brown Rice Production, Food Science and Technology International, 16(2): 147-158.

Table 1 proximate of non-germinated, germinated and germinated brown rice fermented with *Aspergillus oryzae* and soy bean fermented with *B.subtilis*

rice	Non- germinated	germinated	Fermented with *A. oryzae*
Protein (%)	7.70±0.17	12.35±0.46	16.24±0.05
Fat (%)	4.10±0.13	2.53±0.21	2.34±0.72
Fiber (%)	1.80±0.04	1.67±0.09	0.56±0.04
Ash (%)	1.40±1.40	1.03±0.03	0.75±0.12
Carbohydrate (%)	85.00±4.5	82.41±0.05	76.88±1.23
soy bean	**Non- germinated**	**germinated**	**Fermented with *B. subtilis***
Protein (%)	17.30±0.34	31.3±0.95	32.92±1.65
Fat (%)	45.2±0.21	43.1±0.12	43.09±0.13
Fiber (%)	3.4±0.95	0.19±0.02	0.12±0.03
Ash (%)	2.1±0.04	2.03±0.1	1.32±0.43
Carbohydrate (%)	33.1±2.67	27±2.36	24.07±2.28

Table 2 GABA content, oryzanol, tocopherol and antioxidant properties of non-germinated, germinated and germinated brown rice fermented with *A. oryzae*

Brown Rice	Non- germinated	Germinated	Fermented with *A. oryzae*
GABA (mg/100g)	8.10±0.70	21.43±0.14	58.68±0.75
γ- Oryzanol (mg/100g)	6.26±0.01	9.14±0.02	17.83±0.27
α-Tocopherol (mg/100g)	18.51±1.19	21.35±1.32	39.93±0.38
DPPH (%)	18.45±1.86	22.33±1.25	38.56±0.23
ABTS (%)	16.30±3.24	19.57±2.09	36.12±1.43

Table 3 Iso-flavone, tocopherol and antioxidant properties of non-germinated, germinated and germinated soy bean fermented with *Bacillus subtilis*

soy bean	Non- germinated	Germinated	Fermented with *B. subtilis*
Daidzein (mg/100g)	45.45±1.28	49.52±1.24	54.39±0.06
Genistein (mg/100g)	10.81±0.47	9.02±0.85	17.39±0.04
α-Tocopherol (mg/100g)	10.42±0.68	19.49±1.22	21.52±0.21
DPPH (%)	16.98±0.02	29.90±0.03	44.50±0.13
ABTS (%)	19.98±0.02	32.90±0.03	47.35±2.78

คุณสมบัติของการเป็นสารยับยั้งกลูโคซิเดสของงางอกหมัก

Anti-α-Glucosidase Activity of Fermented Germinated Sesame

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

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

Abstract

The α-glucosidase inhibitors reduce postprandial hyperglycemia by delaying the absorption of carbohydrate from the small intestine, resulting in low blood glucose without increasing insulin secretion and do not cause hypoglycemia α-glucosidase mostly found in cereal. Anti-a-glucosidase activity of sesame was investigated in this study, although germination process brought about higher increase the α-glucosidase inhibitors than the non-germinated sesame seed. Moreover, when fermented with *Aspergillus oryzae*, *Lactobacillus plantarum* and *Lactococcus lactis,* α- glucosidase inhibitory activities of sesame increased greater than in the germination process. The anti-a-glucosidase activity of germinated sesame fermented with *L. lactis* were highest α- glucosidase inhibitory, The results indicated that *L. lactis* could utilize sesame to generate certain α-glucosidase inhibitor more effectively than *A. oryzae* and *L. plantarum.*

Keywords: α-glucosidase inhibitors, sesame, germination

บทคัดย่อ

สารยับยั้งกลูโคซิเดส ทำหน้าที่ในการยับยั้งเอนไซม์กลูโคซิเดส มีหน้าที่ช่วยลดการดูดซึมน้ำตาลในระบบการย่อยอาหารของลำไส้เล็ก ดังนั้นสารยับยั้งกลูโคซิเดสจึงมีความสำคัญมากต่อผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งสารยับยั้งกลูโคซิเดส สามารถพบได้ทั่วไปในเมล็ดธัญพืชและพืชตระกูลถั่ว และพบว่างาดำมีองค์ประกอบของเมล็ดที่มีสารยับยั้งกลูโคซิเดส ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารยับยั้งกลูโคซิเดสของงาดำ โดยนำงาดำไปผ่านกระบวนการงอกเป็นเวลา 36 ชั่วโมง พบว่ากระบวนการงอกทำให้สารยับยั้งกลูโคซิเดสเพิ่มมากกว่างาดำที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการงอก จากนั้นนำงาที่งอกแล้วไปผ่านกระบวนการหมักด้วยวิธีการหมักแบบกึ่งแห้งด้วยเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ 3 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus oryzae, Lactobacillus plantarum* และ *Lactococcus lactis* พบว่างาดำที่ผ่านกระบวนการงอกและหมักด้วยเชื้อ *Lactococcus lactis* มีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งกลูโคซิเดสดีที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เชื้อ *Lactococcus lactis* สามารถใช้งาดำในการผลิต สารยับยั้งกลูโคซิเดส ได้ดีกว่า *A. oryzae* และ *L. plantarum*

คำสำคัญ: สารยับยั้งกลูโคซิเดส งาดำ กระบวนการงอก

Introduction

Diabetes mellitus has become a common disease not only in developed countries but also in developing countries due to the changes in people's lifestyle and dietary habits (Horton, 1995). α-Glucosidase inhibitor is usually used to prevent or medically treat type II diabetes (Alain, 1998). These inhibitors combine with intestine α-glucosidase and block the uptake of postprandial blood glucose (Holman, 1998). Hence, natural α-glucosidase inhibitors from food sources have become an attractive therapeutic approach for treating post-prandial hyperglycemia (Kyung and Moo, 2000; Ye *et al*., 2002). The α-glucosidase inhibitors are found in several cereals including legumes, and sesame. Sesame have been appreciated by consumers as health foods due to their valuable nutritional and medicinal attributes. In articular, the intake of sesame foods has been associated with the prevention and treatment of chronic diseases, such as cancers. Sesame and its products have been appreciated by consumers as health foods due to their valuable nutritional and medicinal attributes. In particular, the intake of sesame foods has been associated with the prevention and treatment of

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

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

chronic diseases, such as cardiovascular disease and cancers. Recent studies show that fermented sesame products possess anti-diabetic properties (McCue *et al*., 2005). Moreover, the sesame extract demonstrates excellent anti-hyperglycemic effect, which are commonly encountered with the use of currently available α-glucosidase inhibitory therapeutic drugs (Fujita *et al*., 2003). The sesame processing is mainly made up of solid-state fermentation (pre-fermentation). Based on the microorganisms used, sesame products can be classified into lactic acid bacteria (Liang *et al*., 2004) Therefore, hypothesized that there may be some natural α-glucosidase inhibitors present in the sesame and fermented germinated sesame, with the potential to reduce postprandial hyperglycemia. The objective of this research was to compare α-glucosidase inhibitors in sesame, germinated sesame and fermented germinated sesame through an *in vitro* enzyme-inhibitory assay guided fractionation

Materials and Methods

Material: Cereal sesame seeds were stored in a cool room at 4°C prior to processing.

Microorganism: *Lactobacillus plantarum, Lactococcus lactis*, *Bacillus subtilis, Bifidobacterium longum* and *Aspergillus oryzae* were supplied by Thailand Institute of Scientific and Technology Research (TISTR).

Germination method: This method will be followed Kerdchoechuen *et al*. (2009). Sesame will be soaked in water at pH 6.5, temperature of room temperature for 6 hr after that germinated in fabric under room temperature. After germination, nutrition of chemical compositions will be analyzed similar to some physic-chemical compound will be determined.

Fermentation method: Fermentation will be performed using germinated cereals. Two microbial strains will be observed. These are *Aspergillus oryzae, Lactobacillus plantarum* and *Lactococcus lactis*, temperature at 37°C.

Preparation of kidney bean extract

Three grams of kidney bean, germinated kidney bean and fermented germinated kidney bean were extracted with ethanol in a 1:10 (g/ml) ratio using sonicated for 1 h and steeping overnight at room temperature. The extracts were filtered through Whatman No. 41 filter paper. The filtered extracts were concentrated under reduced pressure using rotary evaporation at a maximum temperature of 40°C before evaporation and keep in refrigerator.

α-Glucosidase inhibitory assay: The α-glucosidase inhibitory activity of the extracts and fractions was determined using a modified procedure reported by Apostolidis *et al*. (2007). The α-glucosidase (EC 3.2.1.20) isolated from baker's yeast and the substrate 4-nitrophenyl-a-D-glucopyranoside was purchased from Sigma–Aldrich Australia. The initial concentration of the enzyme solution was 0.444 U/ml in a sodium acetate buffer (pH 4.5) and the initial concentration of the substrate solution was 4.44 mM in the same sodium acetate buffer. The enzyme solution (45 μl/microtitre plate well) was mixed with the samples or controls (10 μl/well) in a clear 96-well microplate (flat bottom) and the reaction was started by addition of substrate solution (45 μl/ well). The plates were incubated at 37°C for 30 min after shaking and the reaction was stopped by addition of 0.2 M Na2CO3 (100 μl/ well). Enzyme inhibition was determined by the absorbance of 4-nitrophenol (product) at 405 nm, as measured with a microplate reader (Wallac Victor 2 1420 Multilabel Counter). Background absorbance was determined using a non-enzyme control microplate containing the sodium acetate buffer (45 μl/well) and was subtracted from the absorbance of samples and controls.

Results and Discussion

Anti-α-glucosidase activities of the non-germinated sesame and germinated sesame are shown in Table 1. All the aqueous of non-germinated sesame and germinated sesame extracts showed anti-α-

glucosidase activities *in vitro*. These samples of germinated sesame extracts showed significant higher anti-α-glucosidase activities than non-germinated sesame. Moreover, the anti-α-glucosidase activity of aqueous sesame extracts varied but also between different regions. Anti-α-glucosidase activities of control, germinated and fermented germinated black sesame are presented in Table 1 and 2. The control black sesame consisted of the α-glucosidase inhibitor at 34.6% and their activities were increased after germination process (49.4%). During germination process, several enzymes have been activated and some of non-protein nitrogen substances could be produced the α-glucosidase inhibitor activity (Hillerb *et al*., 1979). However, the anti-α-glucosidase actiivities of germinated black sesame fermented with *L. plantarum, L. lactis, B. Subtilis, A. oryzae* and *B. longum* (Table 2) showed a great α-glucosidase inhibitory activity compared with the germinated and non-germinated sesame (Hillerb *et al*., 1975). The percentage inhibition ranged from 61.33% to 87.12%. The highest anti-α-glucosidase activity was observed in black sesame fermented with 10% *B. longum* and Incubated for 72 h or 3 days. During fermentation, fatty acid from the glucosides in sesame are converted into the corresponding aglycons under hydrolysis by microbials β-glucosidase and could bind to enzymes, such as protein kinases, protein phosphatases and G-proteins, resulting in increased or inhibitory enzymatic activities (Lee and Lee, 2001). Nonetheless, the relationships between these compounds with the α-glucosidase inhibitory activity of sesame have not been investigated.

Acknowledgment

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Edution Commission

Literrature cited

Alain, D.B., 1998, Hyperglycaemia and a-glucosidase inhibitors, Diabetes Research and Clinical Practice, 40: 51–55.

Apostolidis, E, Kwon, Y.I. and Shetty, K., 2007, Inhibitory Potential of Herb, Fruit, and Fungal enriched Cheese Against Key Enzymes linked to Type 2 Diabetes and Hypertension, Innovative Food Science and Emerging Technologies, (8): 46–54.

Fujita, H., Yamagami, T. and Ohshima, K., 2003, Long-term ingestion of Touchi-extract, an α-glucosidase inhibitor, by borderline and mild type-2 diabetic subjects is safe and significantly reduces blood glucose levels, Nutrition Research, 23: 713–722.

Hillerbr, I., Boehm, K., Frank, G., Fink, H. and Berchtoid, P., 1979, The effects of the α-glucosidase inhibitor BAY g5421 (acarbose) on meal stimulated elevations of circulating glucose, insulin and triglyceride levels in man, Research in Experimental Medicine, 175: 81–86.

Holman, R.R., 1998, Assessing the potential for a-glucosidase inhibitors in prediabetic states, Diabetes Research and Clinical Practice, 40: 21–25.

Horton, E.S., 1995, NIDDM – the devastating disease, Diabetes Research and Clinical Practice, 28: 3–11.

Kerdchoechuen, O., Laohakunjit, N. and Watchararparpaiboon, W., 2010, An Improved Process for High Quality and Nutrition of Brown Rice Production, Food Science and Technology International, 16(2): 147-158.

Kyung, A.L. and Moo, S.K., 2000, Glucosidase Inhibitor from *Umbilicaria esculenta*, Canadian Journal of Microbiology, 46: 1077–1081.

Lee, D.S. and Lee, S.H., 2001, Genistein, a Soy Isoflavone, is a Potent Alpha-glucosidase Inhibitor, FEBS Letters, 50(4): 84–86.

Liang, H.Y., Cheng, J.J. and Ma, Y., 2004, The Microorganism of Chinese Traditional Soybean Fermented Food, Chinese Food Science, 25: 401–404.

McCue, P., Kwon, Y.I. and Shetty, K., 2005, Anti-diabetic and Antihypertensive Potential of Sprouted and Solid-State Bioprocessed Soybean, Asian Pacific Journal of Clinic Nutrition, 14: 145–152.

Ye, F., Shen, Z. and Xie, M., 2002, Alpha-glucosidase Inhibition from a Chinese Medical Herb (*Ramulus mori*) in Normal and Diabetic Rats and Mice, Phytomedicin, 9: 161–166.

Table 1 The α-Glucosidase inhibitory activities of non-germinated and germinated black sesame.

	% inhibition of α-glucosidase inhibitor
non-germinated	34.6 ± 0.32
germinated 36 hr	49.4 ± 0.12

Table 2 The α-Glucosidase inhibitory activities of germinated fermented black sesame.

	% inhibition of α-glucosidase inhibitor		
	day 1	day 2	day 3
fermented germinated with *L. plantarum*	59.23 ± 0.14	62.43 ± 0.87	65.68 ± 1.46
fermented germinated with *L. lactis*	58.17 ± 0.57	59.41 ±0.43	61.33 ± 1.27
fermented germinated with *B. subtilis*	55.32 ±1.23	59.33 ± 2.32	62.12 ± 1.96
fermented germinated with *B. longum*	61.34 ± 0.95	73.45 ± 2.78	87.12 ± 2.91
fermented germinated with *A. oryzae*	59.34 ± 0.86	62.34 ± 1.94	68.11 ± 2.34

การยับยั้ง Angiotensin I-Converting Enzyme ของเพปไทด์ที่แยกได้จากการใช้เอนไซม์ทริปซินไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

Novel Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Peptides Isolated from Trypsin Hydrolysate of Soy Protein Isolate

รัชนี ไสยประจง[1] และ สุรพงษ์ พินิจกลาง[1]

Saiprajong, R.[1] and Pinitglang, S.[1]

Abstract

The purpose of this research was to determine the novel angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides isolated from trypsin hydrolysate of soy protein. Enzymatic hydrolysis of soy protein isolated was prepared by pipette 1.0 ml trypsin solution into a substrate 1.0 ml incubate for 3 hr at room temperature and then centrifuged at 5,000 rpm for 45 minutes at 4ºC to separate soy peptides 3 kDa using Amicon centrifuge Ultramembrane molecular weight cut off 3 kDa. MALDI-TOF MS spectra analysis showed an intense peak at m/z-862.628. The penetrated hydrolysate of molecular weight cut-off 3 kDa ultramembrane showed angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity (ACEi) with the value of 92.65±0.54%. Two kinds of novel ACE inhibitory peptides fractions number 11 and 18 were isolated from the hydrolysate by Fast Protein liquid chromatography (FPLC) using Superose^{TM} 12 as a column. These peptides were identified by amino acid composition analysis by Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS), as Gly-Gly-Asp-Ile-Thr-Leu-Leu-Lys and Thr-Asn-Ala-Glu-Asn-Glu-Phe-Val-Thr-Ile-Lys-Lys with the ACEi values of 80.69±0.53% and 91.79±0.10%, respectively.

Keywords: soy protein isolate, angiotensin I-converting enzyme, trypsin

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการยับยั้ง angiotensin I-converting enzyme (ACE) ด้วยเพปไทด์ที่แยกจากการใช้เอนไซม์ทริปซินไฮโดรไลซ์โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ทำการทดลองโดยนำโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมาไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ทริปซิน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายเพปไทด์ที่ได้ไปปั่นแยก โดยใช้ Amicon centrifuge ultramembrane ที่มี molecular weight cut off 3 กิโลดาลตัน ที่ความเร็วรอบ 5,000 ต่อนาที เป็นเวลา 45 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำเพปไทด์ที่ได้ไปวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลโดยวิธี MALDI-TOF mass spectrometry จากการวิเคราะห์ mass spectra พบว่าเพปไทด์มีน้ำหนักโมเลกุลที่ตำแหน่ง m/z 862.628 และเมื่อนำไปวิเคราะห์ angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity (ACEi) พบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 92.65±0.54 และเมื่อนำเพปไทด์ที่ผ่าน ultramembrane ที่มี molecular weight cut off 3 กิโลดาลตัน ไปแยกเพปไทด์โดยวิธี Fast Protein Liquid Chromatography (FPLC) ด้วยคอลัมน์ชนิด Superose^{TM} 12 พบว่าเพปไทด์มี 3 แฟรกชัน คือ แฟรกชั่นที่ 8 11 และ 18 และเมื่อนำแฟรกชั่นที่ 11 และ 18 ไปวิเคราะห์ ACEi พบว่ามีค่า ACEi เท่ากับร้อยละ 80.69±0.53 และ 91.79±0.10 ตามลำดับ และจากการนำเพปไทด์ทั้งสองแฟรกชั่นนี้ไปวิเคราะห์ลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโนโดยวิธี Liquid Chromatography-Mass spectrometry พบว่ามีลำดับกรดอะมิโนดังนี้ Gly-Gly-Asp-Ile-Thr-Leu-Leu-Lys และ Thr-Asn-Ala-Glu-Asn-Glu-Phe-Val-Thr-Ile-Lys-Lys ตามลำดับ

คำสำคัญ: โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง angiotensin I-converting enzyme ทริปซิน

คำนำ

Soy protein isolate เป็นโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นแหล่งรวมของกรดอะมิโนที่มีความเข้มข้นสูงสุด (The highest concentration amino acids) ซึ่งจะช่วยผู้ที่เสริมสร้างกล้ามเนื้อ (The Body Builder) ให้ยังคงได้รับโปรตีน

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 123/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

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

คุณภาพสูงในระหว่างการควบคุมอาหาร (diet phase) และยังเป็นแหล่งโปรตีนสำคัญที่ร่างกายจำเป็นต้องใช้ ในระหว่างการออกกำลังกายอีกด้วย และนอกจากนี้ soy protein isolate ยังไปเพิ่มการผลิตไธรอยด์ฮอร์โมน ชื่อไธรอกซิน ที่ต่อมไธรอยด์ ซึ่งส่งผลทำให้ร่างกายมีอัตราการเผาผลาญสารอาหารเพิ่มมากขึ้น ทำให้ไขมันที่สะสมอยู่ในร่างกายมีปริมาณลดลง soy protein isolate ให้ branched chain amino acids (BCAA) ประมาณร้อยละ 17 โดย BCAA เป็นตัวไปกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต (growth hormone) จากต่อมใต้สมอง (pituitary gland) ซึ่งทำให้ร่างกายสามารถสร้างกล้ามเนื้อ (skeleton muscle) ได้อย่างรวดเร็ว โดยที่ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต ไปกระตุ้นกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนของเซลล์กล้ามเนื้อที่มีการใช้งาน ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ในการผลิตเพปไทด์สายสั้นจากถั่วเหลือง จะใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองที่ขจัดแป้ง ไขมัน และอื่นๆ ออกก่อน ให้เหลือแต่โปรตีน จากนั้นนำมาย่อยด้วยด้วยเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอส ได้แก่ ทริปซิน เพปซิน ไคโมทริปซิน โบรมิเลน คาร์บอกซีเพปติเดส และอะมิโนเพปติเดส ซึ่งร้อยละการไฮโดรไลซิสอยู่ในช่วง 1- 39 ขึ้นอยู่กับเอนไซม์และภาวะที่ใช้ เพปไทด์ที่ได้จากการใช้เอนไซม์ในการย่อยโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง เป็นเพปไทด์ที่กรดอะมิโนมีสมบัติและหน้าที่ที่ดีขึ้น (Barca และคณะ, 2008) เช่น มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Park และคณะ, 2010) angiotensin I-converting enzyme inhibitory (Fan และคณะ, 2009) นอกจากนี้เพปไทด์จากโปรตีนถั่วเหลืองสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาไบโอแอคทีฟเพปไทด์จากไฮโดรไลซีสโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองโดยใช้เอนไซม์ทริปซิน และนำผลการทดลองที่ได้มาศึกษาและพัฒนาการผลิตเพปไทด์สายสั้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารละลายโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 100 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปลอดเชื้อแล้ว 1 ลิตร คนด้วย Magnetic stirrer เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 6000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที เก็บส่วนใสไว้ทำการทดลองต่อไป

การย่อยโปรตีนสกัดถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ทริปซิน

ทำการผสมเอนไซม์ทริปซินจากตับอ่อนหมู (1,900 units/mg solid) จำนวน 1000 มิลลิกรัมกับ 0.1 M Tris (hydroxylmethyl) aminomethane-Hydrochloric acid buffer pH 8 ปริมาตร 7 มิลลิลิตร นำมาปริมาตร 400 ไมโครลิตร เติมลงในโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่มีปริมาตรอยู่ 2.5 มิลลิลิตร ที่เวลา 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที จากนั้นนำไปทำ SDS-PAGE โดยใช้ Amersham ECL Gel Box และ Amersham ECL Gel 10% ใช้กระแสไฟฟ้ากระแสตรง 160 โวลล์ ระยะเวลา 50 นาทีเพื่อคัดเลือกภาวะที่เหมาะสมในการย่อย

การคัดแยกเพปไทด์สายสั้นโดย Amicon Ultramembrane ขนาด 3K

นำโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองปริมาตร 20 มิลลิลิตรมาทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ทริปซิน 3000 มิลลิกรัม กับ 0.1M Tris(hydroxylmethyl) aminomethane-Hydrochloric acid buffer pH 8 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าผสมเป็นเวลา 90 นาที ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้ Amicon Ultramembrane ขนาด 3K เก็บส่วนที่ผ่าน Amicon Ultramembrane ขนาด 3K ในขวดสีชารอวิเคราะห์ต่อไป

การแยกเพปไทด์โดยวิธี Fast Protein Liquid Chromatography (FPLC)

นำเพปไทด์ที่ผ่านการคัดแยกเพปไทด์สายสั้นโดย Amicon Ultramembrane ขนาด 3K มาแยกให้บริสุทธิ์โดยวิธี Fast Protein Liquid Chromatography (FPLC) ด้วยคอลัมน์ชนิด Superose™ 12 จากนั้นนำเพปไทด์ที่แยกได้ไปวิเคราะห์โปรตีนโดย เครื่อง Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time of Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF MS) และวิเคราะห์ angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity (ACEi) โดยใช้ ACE Kit (Dojindo, Japan)

การวิเคราะห์ Mass Spectra เพปไทด์โปรตีนสกัดถั่วเหลืองโดยวิธี MALDI-TOF Mass Spectrometry

การวิเคราะห์ Mass spectra เพปไทด์โปรตีนสกัดถั่วเหลืองใช้วิธี Matrix-Assisted Lased Desorption/Ionization-Time of Fight Mass Spectrometry (MALDI-TOF Mass spectrometer) บริษัท Bruker Daltonics (Bremen, Germany) รุ่น Autoflex II โดยใช้ไนโตรเจนเลเซอร์ ที่ความยาวคลื่น 337 นาโนเมตร สารตัวอย่างผสมกับสารละลาย matrix (α-cyano-4-hydroxycinnamic acid) และใช้สารตัวอย่างปริมาตร 1 ไมโครลิตร ในการวิเคราะห์และใช้กระแสไฟฟ้า 20 kV ผลการทดลอง Mass spectra ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ซอฟท์แวร์ Flex Analysis บริษัท Bruker Daltonics

ผลการทดลอง

เมื่อนำโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมาย่อยด้วยเอนไซม์ทริปซินที่เวลาต่างๆ กัน พบว่า เพบไทด์ที่ได้มีขนาดโมเลกุลอยู่ในช่วง 29- 42 kDa และ 10.5 kDa แสดงว่าเอนไซม์ทริปซินมีความสามารถในการย่อยโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองโดยเวลาที่ใช้ในการย่อยโปรตีนส่งผลให้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมีขนาดเล็กลง ส่วนเวลาที่เหมาะสมคือ 30 นาที เป็นเวลาที่ย่อยโปรตีนได้มากที่สุดและใช้เวลาน้อยที่สุด (Figure 1)

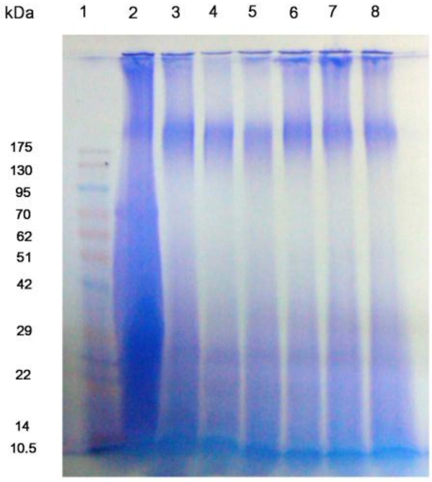


Figure 1 Trypsin catalysed hydrolysis of soy isolated protein solution 2.5 ml, SDS-PAGE analysis wasperformed after incubation 0 minute (Lane 2), 30 minutes (Lane 3), 60 minutes (Lane 4), 90 minutes (Lane 5), 120 minutes (Lane 6), 150 minutes(Lane7), 180 minutes and standard protein markers (Lane 1).

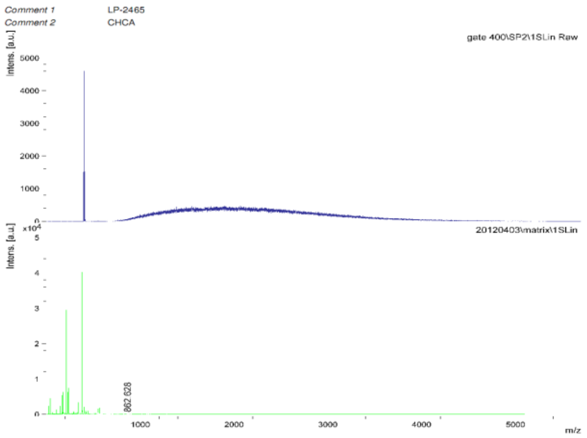


Figure 2 MALDI-TOF MS spectra of trypsin catalysed hydrolysis of soy protein isolated.

เมื่อนำเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ทริปซินไปแยกขนาดโมเลกุลที่ต้องการโดยใช้ Amicon Ultramembrane ขนาด 3K และนำเพปไทด์ที่ผ่าน Amicon นำไปวิเคราะห์ขนาดโมเลกุลโดยวิธี MALDI-TOF MS พบว่า intense peak ของเพปไทด์เท่ากับ 862.628 m/z (Figure 2) ซึ่งมีความใกล้เคียงกับขนาดของโมเลกุลที่วิเคราะห์โดยวิธี SDS-PAGE คือ 10.5 kDa ซึ่งเป็นขนาดโมเลกุลที่เล็กที่สุดที่วิธี SDS-PAGE จะสามารถตรวจสอบได้จากนั้นนำเพปไทด์ที่ผ่าน Amicon ไปแยกให้บริสุทธิ์โดยใช้เครื่อง Fast Protein Liquid Chromatography (FPLC) พบว่าได้พีคโปรตีน 3 พีค (Figure 3)

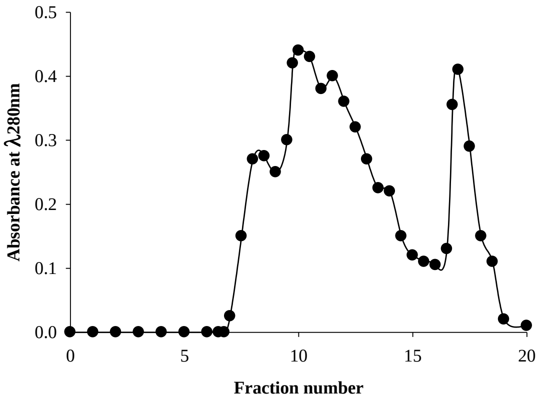


Figure 3 FPLC elution profile of soy peptide on gel filtration chromatography using column Superose™ 12 was eluted with distilled water. The protein concentration was determined by measuring at absorbance 280 nm.

Table 1 Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activities of soy peptide.

Sample	Protein (mg/ml)	ACEi(%)
Peptide concentrate with Ultramembrane filtration 3 K	112.4	92.65±0.54
Fraction 11	0.37±0.00	80.69±0.53
Fraction 18	0.15±0.02	91.79±0.10

เมื่อนำเพปไทด์พีคที่ 11 และ 18 ที่ผ่าน FPLC มาวิเคราะห์การยับยั้งเอนไซม์ angiotensin I-converting พบว่า เพปไทด์ที่ได้จากสารสกัดถั่วเหลืองมีสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ angiotensin I-converting ได้ร้อยละ 80-91 ในขณะที่เพปไทด์ที่ผ่าน 3 K ให้ค่า ACEi เท่ากับร้อยละ 92.65 (Table 1) โดยการยับยั้งเอนไซม์ angiotensin I-converting เป็นผลให้เกิดการหยุดการเปลี่ยน angiotensin I ไปเป็น angiotensin II ในขณะเดียวกัน ACEi ก็มีผลลดการสลายตัวของ bradykinin สรุปแล้ว ACEi มีผลทำให้ความดันโลหิตต่ำ(Vermeirssen และคณะ, 2002; Ching และคณะ, 2011)

สรุปผล

การนำโปรตีนจากสารสกัดมาย่อยด้วยเอนไซม์ทริปซิน พบว่าโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองถูกย่อยโดยเอนไซม์โปรติเอสได้สูงสุดร้อยละ 28 มีน้ำหนักโมเลกุลหลักที่ 10.5 kDa เมื่อทดสอบโดยวิธี SDS-PAGE ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถตรวจวัดน้ำหนักโมเลกุลได้ต่ำสุดจึงได้นำเพปไทด์มาวิเคราะห์ต่อด้วย MALDI-TOF Mass Spectrometry พบว่าน้ำหนักโมเลกุลของเพปไทด์อยู่ที่ 862.628 ดาลตัน นำเพปไทด์ไปแยกโดยวิธี Fast Protein Liquid Chromatography (FPLC) ด้วยคอลัมน์ชนิด Superose^{TM} 12 พบว่าเพปไทด์มี 3 แฟรกชัน คือ แฟรกชันที่ 8 11 และ 18 และเมื่อแฟรกชั่นที่ 11 และ 18 ไปวิเคราะห์ ACEi พบว่ามีค่า ACEi เท่ากับร้อยละ 80.69±0.53 และ 91.79±0.10 ตามลำดับ และจากการนำเพปไทด์ทั้งสองแฟรกชันนี้ไปวิเคราะห์ลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโนโดยวิธี Liquid Chromatography-Mass spectrometry พบว่ามีลำดับกรดอะมิโนดังนี้ Gly-Gly-Asp-Ile-Thr-Leu-Leu-Lys และ Thr-Asn-Ala-Glu-Asn-Glu-Phe-Val-Thr-Ile-Lys-Lys

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ปีการศึกษา 2554

เอกสารอ้างอิง

Ching, L.C., Abdullah, N. and Shuib, A.S., 2011, Characterization of Antihypertensive Peptides from *Pleurotus cystidiosus* O.K. Miller (abalone mushroom), The Proceeding of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7), 2011.

De la Barca, A.M.C., Ruiz-Salazar, R.A. and Jara-Marini, M.E., 2000, Enzymatic Hydrolysis and Synthesis of Soy Protein to Improve Its Amino Acid Composition and Functional Properties, Journal of Food Science 65(2): 246-253.

Fan, J., Hu, X., Tan, S., Zhang, Y., Tatsumi, E. and Li, L., 2009, Isolation and Characterization of Novel Angiotensin I-converting Enzyme-inhibitory Peptide Derived from *douchi*, a Traditional Chinese Fermented Soybean Food, Journal of Science of Food and Agriculture, 89(4): 603-608.

Park, S.Y., Lee, J.S., Baek, H.H. and Lee, H.G., 2010, Purification and Characterization of Antioxidant Peptides from Soy Protein Hydrolysate, Journal of Food Biochemistry, 34(s1):120-32.

Vermeirssen, V., Camp, J.V. and Verstraete, W., 2008, Assay of Angiotensin I-converting Enzyme-inhibiting Activity Based on the Detection of 3-hydroxybutyrate with Water-soluble Tetrazolium Salt, Analytical Sciences, 24: 1057-1060.

ผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่มีต่อด้วงถั่วเขียว, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius)

Effect of Gamma Ray and Electron Beam on Pulse Beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius)

สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ[1] ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์[1] วณิช ลิ่มโอภาสมณี[1] สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1] และ ทศพล แทนนรินทร์[1]

Segsarnviriya, S.[1], Kongratarporn, T.[1], Limophasmanee, V.[1], Sajjabut, S.[1] and Tannarin, T.[1]

Abstract

Effects of gamma ray and electron beam on various developmental stages of pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) were studied. Results showed that LD50 of gamma ray to egg, larva and pupa are 37.01, 184.87 and 301.20 Gray and LD99 of gamma ray to egg, larva and pupa are 73.28, 332.77 and 596.38 Gray, respectively. The LD50 of electron beam to egg, larva and pupa are 36.68, 174.22 and 341.53 Gray and LD99 of electron beam to egg, larva and pupa are 72.63, 344.95 and 676.23 Gray, respectively. The more advanced developmental stages, the more radiation-tolerant was occurred in pulse beetle. The appropriated disinfestation radiation dose of pulse beetle in mungbean is 700 Gray, while adult sterility radiation dose of pulse beetle is 100 Gray.

Keywords: pulse Beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius), gamma ray, electron beam

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่มีต่อด้วงถั่วเขียว, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) ระยะการพัฒนาการเจริญเติบโตต่างๆ พบว่าค่า LD50 ของรังสีแกมมาต่อไข่ หนอน และดักแด้ เท่ากับ 37.01, 184.87 และ 301.20 เกรย์ และค่า LD99 ของรังสีแกมมาต่อไข่ หนอน และดักแด้ เท่ากับ 73.28, 332.77 และ 596.38 เกรย์ ตามลำดับ ส่วนค่า LD50 ของลำอิเล็กตรอนต่อไข่ หนอน และดักแด้ เท่ากับ 36.68,174.22 และ 341.53 เกรย์ และค่า LD99 ของลำอิเล็กตรอนต่อไข่ หนอน และดักแด้ 72.63, 344.95 และ 676.23 เกรย์ ตามลำดับ โดยพบว่าความทนทานต่อรังสีเพิ่มขึ้นตามระยะการพัฒนาการเจริญเติบโต สรุปการทดลองได้ว่า ปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการกำจัดด้วงถั่วเขียวในเมล็ดถั่วเขียวคือ 700 เกรย์ และปริมาณรังสีที่ทำให้ตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวเป็นหมันคือ 100 เกรย์

คำสำคัญ: ด้วงถั่วเขียว รังสีแกมมา ลำอิเล็กตรอน

คำนำ

ด้วงถั่วเขียว pulse beetle, spotted cowpea beetle bruchid, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) เป็นแมลงในวงศ์ Bruchidae อันดับ Coleoptera เป็นศัตรูที่สำคัญที่สุดของเมล็ดพืชวงศ์ถั่วหลายชนิด มีการแพร่ระบาดทั่วโลก ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ทำลายเมล็ดถั่วทุกชนิด โดยเฉพาะถั่วเขียว เมล็ดที่ถูกทำลายจะเห็นเป็นไข่สีขาวติดอยู่ที่ผิวเมล็ด หรือรูกลม ๆ ซึ่งเกิดจากตัวเต็มวัยเจาะออกมา เนื้อภายในเมล็ดจะถูกหนอนกัดกินจนเหลือแต่เปลือก นำไปปลูกหรือรับประทานไม่ได้ การใช้สารกำจัดแมลงเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่ก่อให้เกิดพิษตกค้างของสารกำจัดแมลงในเมล็ดถั่ว นับเป็นอันตรายต่อการนำไปบริโภค และเป็นอุปสรรคในการส่งออก นอกจากนี้การใช้สารกำจัดแมลงอย่างต่อเนื่อง ยังทำให้แมลงสร้างความต้านทาน ต้องเพิ่มความเข้มข้น ใช้บ่อยขึ้น หรือเปลี่ยนชนิดสารกำจัดแมลง ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม การศึกษาวิจัยด้านอาหารฉายรังสีดำเนินการทั่วโลกมามากกว่า 60 ปี สำหรับประเทศไทยได้ดำเนินการวิจัยมากกว่า 40 ปีแล้ว วิธีการนี้ทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการถนอมอาหารได้หลายประการ วัตถุประสงค์หนึ่งคือทำให้แมลงไม่สามารถมีชีวิตรอดและสืบพันธุ์ได้ โดยไม่มีพิษตกค้าง คุณภาพผลผลิตเหมือนเดิม สามารถใช้ร่วมกับวิธีการอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้ รังสีที่อนุญาตให้ใช้กับอาหารมี 3 ชนิด ได้แก่ รังสีแกมมาจากเครื่องฉายรังสีที่มีแหล่งกำเนิดจากโคบอลต์ 60 หรือซีเซียม137 อิเล็กตรอนจากเครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนที่ทำงานด้วยระดับพลังงานไม่สูงกว่า 10 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ และรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ทำงานด้วยระดับพลังงานไม่สูงกว่า 5 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ งานวิจัยด้านฉายรังสีกำจัดแมลงในอาหารและผลิตผลการเกษตรในประเทศไทยที่ผ่านมา เป็นงานวิจัยที่ใช้รังสีแกมมาเพียงรังสีเดียว แต่ในปีงบประมาณ 2554 นี้ ศูนย์ฉายรังสีอัญมณี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ

[1] **สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ที่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120**

[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Moo 7, Sai Mun, Ongkharak, Nakorn Nayok, 26120

(องค์การมหาชน) ได้ติดตั้งครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนที่ทำงานด้วยระดับพลังงานสูง เพื่อเพิ่มคุณค่าอัญมณี ซึ่งสามารถลดระดับพลังงานของอิเล็กตรอนให้อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถฉายรังสีอาหารได้ เนื่องจากรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนมีข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกัน ในเรื่องของความแรงของพลังงาน ความสามารถของการทะลุทะลวง ผลต่อสภาพแวดล้อมของแหล่งกำเนิดรังสี ต้นทุนการผลิตรังสี และการยอมรับของผู้บริโภค คณะผู้วิจัยจึงริเริ่มโครงการวิจัยนี้ขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกของการฉายรังสีกำจัดแมลง และเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของรังสีทั้งสองชนิดที่มีต่อด้วงถั่วเขียว

อุปกรณ์และวิธีการ

การขยายพันธุ์ด้วงถั่วเขียวให้ได้จำนวนมาก

จำแนกชนิดแมลงซึ่งเก็บจากถั่วเขียวในท้องตลาด แยกตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวมาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการกีฏวิทยารังสี กลุ่มวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70 เปอร์เซ็นต์ โดยเพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกซึ่งเจาะฝาติดตาข่ายไนล่อนขนาด 350 เมซ เพื่อระบายอากาศ ใส่ถั่วเขียวเพื่อให้ตัวเมียวางไข่และเป็นอาหารของหนอน โดยระยะไข่ 5-7 วัน ระยะหนอน 12-15 วัน ระยะดักแด้ 7-9 วัน และระยะตัวเต็มวัย 5-30 วัน เพาะเลี้ยงด้วงถั่วเขียวให้ได้จำนวนมาก ประมาณ 5 ชั่วรุ่น จึงนำมาเตรียมงานทดลองฉายรังสี

การศึกษาผลของลำอิเล็กตรอนและรังสีแกมมาต่อด้วงถั่วเขียว

ฉายรังสีแกมมาโดยเครื่องฉายรังสีแกมมา ผลิตโดยบริษัท Power Plus System รุ่น Type2 (ANS N43.10) ซึ่งมีโคบอลต์ –60 เป็นแหล่งกำเนิดรังสี อัตรารังสี 20 กิโลเกรย์ต่อชั่วโมง และฉายลำอิเล็กตรอนโดยเครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอน ผลิตโดยบริษัท Mevex Corporation รุ่น MB 20-10 S/N 021 ระดับพลังงาน 8 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์

ระยะไข่ ฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนไข่ด้วงถั่วเขียวอายุ 3–4 วัน ด้วยปริมาณรังสี 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 เกรย์ โดยการให้ตัวเต็มวัยวางไข่บนผิวเมล็ดถั่วเขียวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดถั่วเขียวมานับจำนวนไข่บนผิวเมล็ดโดยกล้องจุลทรรศน์ จำนวน 300 ฟอง ใส่เมล็ดถั่วเขียวในกล่องพลาสติกขนาด 7.5 x 10 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งเจาะฝาติดตาข่ายไนล่อนขนาด 350 เมช นำไปฉายรังสี ทดลอง 3 ซ้ำ บันทึกผลการทดลองเมื่อมีตัวเต็มวัยจากไข่ที่ไม่ฉายรังสีออกจากเมล็ด และผ่าเมล็ดถั่วเขียวทั้งหมดเพื่อบันทึกจำนวนแมลง ระยะการเจริญเติบโตที่ตายในเมล็ด และจำนวนตัวเต็มวัยที่ออกมานอกเมล็ด

ระยะหนอน ฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนหนอนอายุ 8-9 วัน ด้วยปริมาณรังสี 25, 50, 100, 200, 300 และ 500 เกรย์ โดยการให้ตัวเต็มวัยวางไข่บนผิวเมล็ดถั่วเขียวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สุ่มเมล็ดถั่วเขียววันละ 20 เมล็ดมาตรวจสอบพัฒนาการการเจริญเติบโต เมื่อเป็นหนอนอายุที่ต้องการ นำถั่วเขียวที่มีหนอนอยู่ภายในจำนวน 200 เมล็ด ใส่ในกล่องพลาสติกฝาตาข่ายไนล่อน เพื่อฉายรังสีถั่วเขียวที่มีหนอนภายใน ทดลอง 3 ซ้ำ บันทึกการออกเป็นดักแด้ เมื่อเริ่มเห็นตัวเต็มวัยจากหนอนที่ไม่ฉายรังสีออกมานอกเมล็ด และผ่าเมล็ดถั่วเขียวเพื่อตรวจสอบจำนวนหนอนที่ฉาย วัยที่ตายและลักษณะการตาย

ระยะดักแด้ ฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนดักแด้อายุ 3-4 วัน ด้วยปริมาณรังสี 50, 100, 300, 500 และ 800 เกรย์ โดยให้ตัวเต็มวัยวางไข่บนผิวเมล็ดถั่วเขียวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สุ่มเมล็ดถั่วเขียววันละ 20 เมล็ดมาตรวจสอบพัฒนาการเจริญเติบโต เมื่อเป็นดักแด้มีอายุที่ต้องการ นำถั่วเขียวที่มีดักแด้อยู่ภายในจำนวน 200 เมล็ด ใส่ในกล่องพลาสติกฝาตาข่ายไนล่อน เพื่อฉายรังสีถั่วเขียวที่มีดักแด้ภายใน ทดลอง 3 ซ้ำ บันทึกการออกเป็นตัวเต็มวัย เมื่อเริ่มเห็นตัวเต็มวัยจากดักแด้ที่ไม่ฉายรังสีออกมานอกเมล็ด และผ่าเมล็ดถั่วเขียวเพื่อตรวจสอบจำนวนดักแด้ที่ฉาย วัยที่ตายและลักษณะการตาย ให้ตัวเต็มวัยที่มีชีวิตรอดวางไข่บนเมล็ดถั่วเขียว 50 เมล็ด เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทดลอง 3 ซ้ำ นับจำนวนไข่ที่ตัวเต็มวัยวาง ตรวจสอบการพัฒนาการเจริญเติบโตในรุ่นต่อไป

ระยะตัวเต็มวัย ฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนตัวเต็มวัยอายุ 2-3 วัน ด้วยปริมาณรังสี 100, 400, 800 และ 1200 เกรย์ โดยให้ตัวเต็มวัยวางไข่บนผิวเมล็ดถั่วเขียวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ฉายรังสีตัวเต็มวัยอายุที่ต้องการ 100 ตัว ในกล่องพลาสติกฝาตาข่ายไนล่อน ทดลอง 3 ซ้ำบันทึกการตายของตัวเต็มวัยหลังฉายรังสี 3 และ 7 วัน ให้ตัวเต็มวัยที่มีชีวิตรอดวางไข่บนเมล็ดถั่วเขียว 50 เมล็ด เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นับจำนวนไข่ที่ตัวเต็มวัยวาง ตรวจสอบการพัฒนาการเจริญเติบโตในรุ่นต่อไป

ปรับค่าการตายแต่ละการทดลอง โดย Abbott 's formula และทำ Regression Analysis ใน Microsoft Excel โดยวิเคราะห์สมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร แทนค่าในสมการได้ค่า LD50 และ LD99

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อด้วงถั่วเขียวระยะไข่อายุ 3-4 วัน ระยะหนอนอายุ 8-9 วัน และระยะดักแด้อายุ 3-4 วัน แสดงโดย Table 1 และ Regression line ของการตายแต่ละระยะการเจริญเติบโต เนื่องจากรังสีแกมมาและ

ลำอิเล็กตรอนแสดงโดย Figure1, 2 และ 3 การประเมินผลการตายของด้วงถั่วเขียวในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ จากค่า LD50 และ LD99 จากการฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอน มีผลใกล้เคียงกัน (แตกต่างกัน 0.89-11.81 เปอร์เซนต์) โดยระยะตัวเต็มวัยเป็นระยะที่ทนทานต่อรังสีมากที่สุด รองลงมาคือ ระยะดักแด้ ระยะหนอน และระยะไข่ ตามลำดับ ข้อมูล LD50 และ LD99 ของแต่ละระยะการเจริญเติบโต จะเป็นตัวกำหนดปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการควบคุมด้วงถั่วเขียว การพิจารณาว่าจะใช้รังสีแกมมาหรือลำอิเล็กตรอนต้องมีการศึกษาคุณภาพของผลิตผลการเกษตรที่ได้รับรังสี ซึ่งจะต้องมีการศึกษาต่อไป

ตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวมีความทนทานต่อรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนสูงมาก เมื่อฉายรังสีสูงถึง 1,200 เกรย์ ตรวจสอบการตายหลังฉายรังสี 7 วัน พบการตายเพียง 10.18 และ 35.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มานนท์ (2534) รายงานสอดคล้องกันว่าปริมาณรังสีสูงถึง 2,766.5 เกรย์ ทำให้ตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวตาย 50 เปอร์เซ็นต์ หลังฉายรังสีแกมมา 3 วัน ซึ่งถ้าต้องการกำจัดตัวเต็มวัยต้องใช้ปริมาณรังสีสูงเกิน 2 กิโลเกรย์ ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องอาหารฉายรังสี (2553) กำหนดให้ปริมาณรังสีที่ใช้เพื่อการควบคุมการแพร่พันธุ์ของแมลงมีค่าสูงสุด 2 กิโลเกรย์ การใช้ปริมาณรังสีสูงอาจมีผลเสียต่อผลผลิต ได้แก่ ความงอก ความหืน รสชาติ คุณค่าทางโภชนาการ จากผลการทดลอง การฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนดักแด้ด้วงถั่วเขียวปริมาณรังสี 50 เกรย์ และตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวปริมาณรังสี 100 เกรย์ พบว่ามีดักแด้และตัวเต็มวัยส่วนหนึ่งมีชีวิตรอดและวางไข่บนเมล็ดถั่วเขียวได้ มีการพัฒนาการเจริญเติบโตในเมล็ดถั่วเขียว แต่ตายอยู่ภายในเมล็ด เมื่อพิจารณาด้านการฉายรังสีเพื่อการกักกันพืช ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้แมลงพัฒนาการเจริญเติบโตจากวัยหนึ่งไปอีกวัยหนึ่ง และทำให้ดักแด้และตัวเต็มวัยเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยที่เป็นหมัน (Hallman, 1998) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณรังสีที่ทำให้ตัวเต็มวัยเป็นหมันคือ 100 เกรย์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Brower, 1973; Talib และ Osama, 1989; Diop และคณะ, 1997; Kodandaram และคณะ, 2002; Meixu และคณะ, 2002; Diop และคณะ, 2007 และ Bhalla และคณะ, 2008 ซึ่งรายงานว่าปริมาณรังสีที่ทำให้ตัวเต็มวัยเป็นหมันอยู่ในช่วง 70-100 เกรย์ และ FAO (2003) กำหนดปริมาณรังสีที่ทำให้ตัวเต็มวัยด้วงในกลุ่ม Bruchid เป็นหมันในช่วง 70-300 เกรย์

สรุปผล

รังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่มีต่อด้วงถั่วเขียว, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) พบว่าตัวเต็มวัยเป็นระยะการเจริญเติบโตที่ทนทานรังสีมากที่สุด รองลงมาคือ ดักแด้ หนอน และไข่ ปริมาณรังสีทั้งรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนมีผลต่อด้วงถั่วเขียวใกล้เคียงกัน โดยปริมาณรังสีที่ควบคุมด้วงถั่วเขียวในเมล็ดถั่วเขียวได้ทุกระยะการพัฒนาการเจริญเติบโตคือ 700 เกรย์ และปริมาณรังสีที่ทำให้ตัวเต็มวัยเป็นหมันคือ 100 เกรย์

Table 1 Effects of gamma ray and electron beam on each developing stages of pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius).

	LD 50 (Gy)		LD 99 (Gy)	
Stage	Gamma ray	Electron beam	Gamma ray	Electron beam
Egg	37.01	36.68	73.28	72.63
Larva	184.87	174.22	332.77	344.95
Pupa	301.20	341.53	596.38	676.23

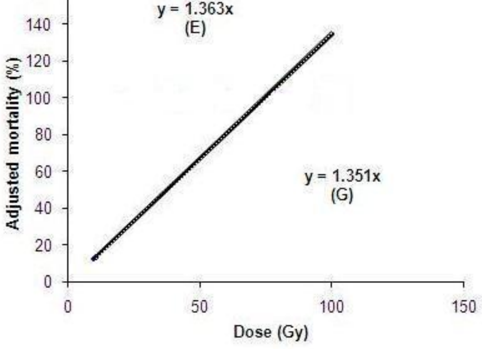


Figure 1 Relationship between radiation doses and percentage of mortality of 3-4–day-old egg of pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius).

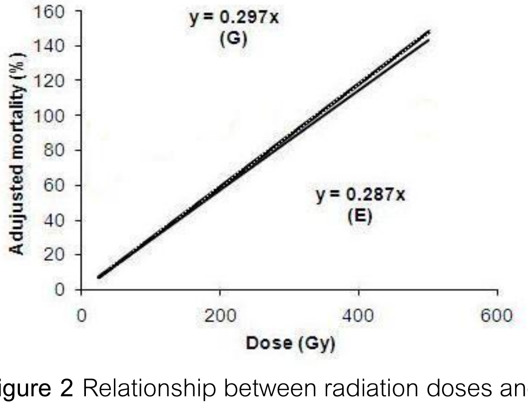
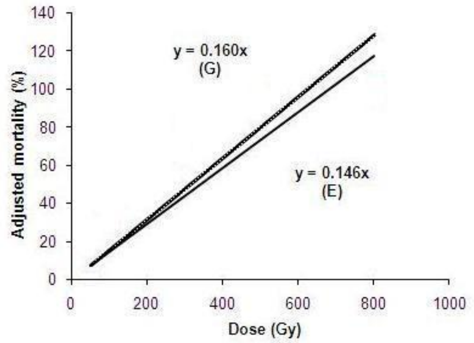


Figure 2 Relationship between radiation doses and percentage of mortality of 8-9–day-old larva of pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius).



Remarks: G = Gamma ray

E = Electron beam

······· = Linear G - Adjusted mortality (%)

▬▬▬ = Linear E - Adjusted mortality (%)

Figure 3 Relationship between radiation doses and percentage of mortality of 3-4–day-old pupa of pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์ฉายรังสีอัญมณี ที่ช่วยดำเนินการฉายรังสีและให้ข้อมูลทางวิชาการ

เอกสารอ้างอิง

มานนท์ สุตันฑวงษ์, 2534, การกำจัดด้วง, *Callosobruchus maculatus* (F.) ในถั่วเขียวด้วยรังสีแกมมา, พปส-1-162, สำนักงาน ปรมาณูเพื่อสันติ, 16 หน้า.

กระทรวงสาธารณสุข, 2553, ประกาศเรื่องอาหารฉายรังสี [สืบค้น], http://iodinethailand.fda.moph.go.th/food_54/data/announ_moph/P-012-T.pdf [18/ June /12].

Bhalla, S., Gapta, K., Lal, B., Kapur, M.L. and Khetarpal, R.K., 2008, Efficacy of Various Non-chemical Methods Against Pulse Beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius), ENDURE International Conference, Diversify Crop Protection, Oral Presentation, 4pp.

Brower, J.H., 1973, Low-dosage Gamma Radiation Effects on the Reproductive Capacity of *Callosobruchus maculatus*, Annual of the Entomological Society of America, 66(3): 617-619.

Diop, Y.M., Marchioni, E., Ba, D. and Hasselmann, C., 1997, Radiation of Cowpea Seeds Contamination by *Callosobruchus maculatus*, Journal of Food Processing and Preservation, 21(1): 69-81

Diop, Y.M., Eric, M., Doudou, B. and Claude, H., 2007, Radiation Disinfestation of Cowpea Seeds Contaminated by *Callosobruchus maculatus*, Journal of Food Processing and Preservation, 21: 69-81

FAO, 2003, International Standard for Phytosanitary Measure, Guidelines for the Use of Irradiation as a Phytosanitary Measure, Publication No.18, Secretariat of the International Plant Protection Convention, FAO, Rome Italy.

Hallman, G.J., 1998, Ionizing Radiation Quarantine Treatment, An. Entomological Society of Brazil, 27(3): 313-323.

Kodandaram, M.H., Garg, A.K. and Srivastava, C., 2002, Toxicity of Malathion to Gamma-irradiated and Non-irradiated Adults of Pulse Beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius), Pesticide Research Journal, 14: 255-257.

Meixu, G., Chuanyao, W., Shurong, L. and Shengfang, Z., 2002, Irradiation as a Phytosanitary Treatment for *Trogoderma granarium* Everts and *Callosobruchus chinensis* L. in Food and Agricultural products, IAEA-TECDOC-1427: 75-85.

Talib, H. and Osama, I., 1987, Effects of Gamma Radiation on Survival and Reproduction of *Callosobruchus chinensis* (L.), Applied Entomology and Zoology, 24: 273-280.

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 553-556 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 553-556 (2555)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญในข้าวกล้องงอก

Change of Bioactive Compounds in Germinated Rice

วรัมพร วงศ์สุดิน[1] พัชราภรณ์ รัตนธรรม[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Vongsudin, W.[1], Ratthanatham, P.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

This research was aimed to determine the biochemical change of three germinated brown rice; 'Hom-nil', 'Khaw Dawk Mali 105' and 'black waxy rice'. Rice seeds were germinated under temperature at 30ºC for 48 h. Results showed that vitamin B1, polyphenol and gamma aminobutyric acid (GABA) of germinated cereals were increased at 1-4 times compared with control cereals. Moreover, germinated cereals had high antioxidant activity which 'Khaw Dawk Mali 105' germinated rice had the highest antioxidant activity.

Keywords: germination process, gamma aminobutyric acid (GABA), antioxidant activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของข้าวกล้อง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวหอมนิล ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวดำที่ผ่านกระบวนการงอกที่อุณหภูมิ 30ºC ระยะเวลางอก 48 ชั่วโมง พบว่า ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่ผ่านกระบวนการงอกมีปริมาณวิตามินบี 1 สารพอลิฟีนอล และแกมมาอะมิโนบิวทาริค (GABA) เพิ่มขึ้น 1-4 เท่า เทียบกับธัญพืช control ที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก นอกจากนี้ธัญพืชงอกยังมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น โดยข้าวกล้องงอกขาวดอกมะลิ 105 มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด

คำสำคัญ: กระบวนการงอก แกมมาอะมิโนบิวทาริค (GABA) ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ธัญพืชเป็นอาหารหลักของประชากรในหลายประเทศ ธัญพืชที่นิยมนำมาบริโภค ได้แก่ พืชวงศ์ข้าว เช่น ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวโพด และพืชวงศ์ถั่วต่างๆ ธัญพืชประกอบด้วยสารพฤกษเคมีที่เป็นสารปฐมภูมิ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และสารทุติยภูมิ ได้แก่ วิตามิน สารฟีนอลิค (phenolics) และสารต้านอนุมูลอิสระต่างๆ เป็นต้น (Frei และ Becker, 2005) พืชวงศ์ข้าวแต่ละชนิดมีปริมาณสารพฤกษเคมีเป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมที่ปลูก เช่น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักร้อยละ 70 มีโปรตีนร้อยละ 10-12 เป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับร่างกาย และมี GABA และ γ-oryzanol ที่มีคุณประโยชน์ต่อการบริโภค (วิไลลักษณ์, 2541) ข้าวเหนียวดำมีคาร์โบไฮเดรตสูงถึงร้อยละ 76 มีโปรตีนร้อยละ 6 เป็นแหล่งของวิตามินเอ วิตามินบี และวิตามินอี และมีปริมาณสาร γ-oryzanol สูง และยังพบปริมาณสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่งที่ไม่พบในข้าวเจ้า (อาทิตย์ และคณะ, 2549) แต่ในข้าวหอมนิลพบปริมาณโปรตีนและสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวเจ้าชนิดอื่น และพบปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงเช่นเดียวกับข้าวเหนียวดำ (พัชรี, 2550) อย่างไรก็ตามปริมาณสารพฤกษเคมีต่างๆในธัญพืชมีน้อย แต่มีงานวิจัยรายงานว่ากระบวนการงอกสามารถเพิ่มปริมาณสารพฤกษเคมีในข้าวได้ เช่น ข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกพบปริมาณวิตามินบี 1 สารฟีนอลิค และ GABA เพิ่มขึ้น (Ngyuen และคณะ, 2008; Watchararparpaiboon และคณะ, 2010) Capanzana และ Buckle (1997) พบว่า ข้าวที่ผ่านการงอกมีปริมาณโปรตีน วิตามินบี 1 เพิ่มขึ้น และ Moongngarm และ Saetung (2010) พบว่า ข้าวงอกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันลดลง แต่มีปริมาณโปรตีน วิตามินอี วิตามินบี 1 สารฟีนอลิค และ GABA เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Komatsuzaki และคณะ (2007) พบว่า ข้าวที่ผ่านกระบวนการงอก มีปริมาณ GABA เพิ่มขึ้น 2 เท่า จากข้าวที่ไม่ผ่านการงอก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการเพิ่มปริมาณสารพฤกษเคมีในข้าวที่เพาะปลูกในประเทศด้วยกระบวนการงอก เพื่อเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ รวมทั้งลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ

---

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

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

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวเหนียวดำ และข้าวหอมนิล นำมาผ่านกระบวนการงอกโดยแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง ทิ้งให้รากงอกยาว 1 มิลลิเมตร วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย ตามวิธี Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000) และปริมาณสารพฤกษเคมีในวัตถุดิบก่อนและหลังผ่านกระบวนการงอก ได้แก่

วิเคราะห์ปริมาณ GABA ดัดแปลงตามวิธีของ Lee และคณะ (2010) โดยชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ละลายใน 70% เอทานอล ปริมาตร 30 มิลลิลิตร นำไปเซนติฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 8000 rpm เป็นเวลา 20 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำส่วนใสไประเหยเอทานอลออก เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร เติม borate buffer pH. 9.0 เติม phenol reagent และ 7.5% NaOCl เขย่าให้เข้ากัน ให้ความร้อน 100 องศาเซลเซียส 10 นาที และทำให้เย็นทันที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร

วิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 1 ดัดแปลงตามวิธีของ Kaushik และคณะ (2010) โดยชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร นำไปเซนติฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 8000 rpm เป็นเวลา 20 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตส่วนใส 1 มิลลิลิตร เติม $NH_4Cl\text{-}NH_3{\bullet}H_2O$ buffer เติม 1% tween 20 และหยด 0.05% phenol red 1-2 หยด ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 427 นาโนเมตร

วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิค ดัดแปลงตามวิธีของ Iqbal (2005) โดยสกัดตัวอย่าง 3 กรัมด้วย 80% เอทานอล 30 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตส่วนใส 50 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 950 ไมโครลิตร เติม 10% folin-ciocalteu phenol reagent และ 7.5% Na_2CO_3 ผสมให้เข้ากัน ทิ้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร

วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี $DPPH^{\bullet}$ scavenging activity assay ดัดแปลงตามวิธีของ Iqbal และคณะ (2005) โดยผสมสารสกัดตัวอย่างความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร กับสารละลาย $DPPH^{\bullet}$ ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวเหนียวดำ และข้าวหอมนิลมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก (Table 1) แต่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุดเมื่อเทียบกับข้าวพันธุ์อื่น มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 86.56 มีปริมาณโปรตีนและไขมัน เท่ากับร้อยละ 8.16 และ 3.29 ตามลำดับ ข้าวเหนียวดำมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบเท่ากับร้อยละ 7.54, 3.78 และ 86.17 ตามลำดับ ข้าวหอมนิลมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อยสุดเมื่อเทียบกับข้าวพันธุ์อื่น มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 85.99 มีปริมาณโปรตีนและไขมัน เท่ากับร้อยละ 7.99 และ 3.44 ตามลำดับ นอกจากนี้ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ พบปริมาณ GABA วิตามินบี 1 และสารฟีนอลิคด้วย โดยข้าวเหนียวดำมีปริมาณ GABA สูงสุดเมื่อเทียบกับข้าวพันธุ์อื่น มีปริมาณเท่ากับ 9.44 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาคือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวหอมนิล ตามลำดับ ส่วนวิตามินบี 1 พบปริมาณสูงสุดในข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณเท่ากับ 2.17 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาคือ ข้าวหอมนิลและข้าวเหนียวดำ ตามลำดับ สารฟีนอลิคพบปริมาณสูงสุดในข้าวเหนียวดำ มีปริมาณเท่ากับ 31.46 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมา คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวหอมนิล ตามลำดับ เมื่อทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวทั้ง 3 พันธุ์ พบว่า ข้าวเหนียวดำมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ ข้าวหอมนิล และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ เมื่อนำข้าวทั้ง 3 พันธุ์ผ่านกระบวนการงอก พบว่า ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณโปรตีน GABA วิตามินบี 1 และสารฟีนอลิคเพิ่มขึ้นจากข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก (Table 1) โดยโปรตีนพบปริมาณสูงสุดในข้าวหอมนิลงอก รองลงมาคือ ข้าวเหนียวดำงอก และข้าวขาวดอกมะลิ 105 งอก ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากระหว่างการแช่น้ำ เอนไซม์ในเมล็ดข้าวถูกกระตุ้นให้เร่งปฏิกิริยาการสร้างโปรตีนโดยอาศัยพลังงานในเซลล์ (Kaushik และคณะ, 2010) สำหรับปริมาณ GABA พบว่า ข้าวหอมนิลงอกมีปริมาณ GABA สูงสุดเมื่อเทียบกับข้าวงอกพันธุ์อื่น มีปริมาณเท่ากับ 17.42 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาคือ ข้าวเหนียวดำงอก และข้าวขาวดอก

มะลิ 105 งอก ตามลำดับ โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณ GABA เกิดจากเอนไซม์ glutamate decarboxylase ที่ถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการทางชีวเคมี เร่งปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนกลูตาเมทกับไฮโดรเจนไอออน ได้สาร GABA (Coda และคณะ, 2010) วิตามินบี 1 พบปริมาณสูงสุดในข้าวขาวดอกมะลิ 105 งอก มีปริมาณเท่ากับ 4.08 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาคือ ข้าวเหนียวดำงอก และข้าวหอมนิลงอก ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของวิตามินบี 1 เกิดจากระหว่างการงอกเกิดกระบวนการออกซิเดชั่นได้พลังงานออกมาในรูป ATP และเกิดการสังเคราะห์สาร pyrimidine และ thaizole และสารสองตัวนี้ถูกเอนไซม์ thiamine phosphate synthetase ย่อยสลายเป็น thiamine phosphate และเกิดปฏิกิริยาการเติมหมู่ฟอสเฟตได้เป็น thiamine pyrophosphate ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินบี1 ปริมาณวิตามินบี 1 จึงเพิ่มขึ้น (Watchararparpaiboon และคณะ, 2010) ส่วนสารฟีนอลิคพบปริมาณสูงสุดใน ข้าวหอมนิลงอก มีปริมาณเท่ากับ 55.72 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาคือ ข้าวเหนียวดำงอก และข้าวขาวดอกมะลิ 105 งอก ตามลำดับ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของสารฟีนอลิคเกิดจากเอนไซม์กลูโคซิเดสที่ถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด ทำหน้าที่เป็นสารคะตะไลซ์ในการสร้างประกอบฟีนอลิค (Coda และคณะ, 2010) นอกจากนี้ข้าวงอกทั้ง 3 พันธุ์ มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น โดยข้าวเหนียวดำงอกมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เท่ากับร้อยละ 47.90 รองลงมา คือ ข้าวหอมนิลงอก และข้าวขาวดอกมะลิ 105 งอก ตามลำดับ (Table 1) การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวงอกทั้ง 3 พันธุ์ อาจเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณ GABA และสารฟีนอลิค ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่ง

สรุปผล

กระบวนการงอกสามารถปรับปรุงปริมาณสารพฤกษเคมีในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวเหนียวดำ และข้าวหอมนิล โดยข้าวงอกทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณโปรตีน วิตามินบี 1 สารฟีนอลิค GABA เพิ่มขึ้น 1-4 เท่า เมื่อเทียบกับข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก และข้าวงอกทั้ง 3 พันธุ์ มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

พัชรี ตั้งตระกูล, 2550, GABA: Gamma Amino Butyric Acid ในคัพภะข้าวและข้าวกล้องงอก, วารสารสถาบันอาหาร, 37(4): 35-40.

วิไลลักษณ์ พละกลาง, 2541. ลักษณะประจำพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทย, ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี, สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 472 หน้า.

อาทิตย์ กุคำอู อภิชาติ เนินพลับ สมเดช อิ่มมาก และ เล็ก จันทร์เกษม, 2549, การประเมินคุณค่าทางโภชนาการในข้าวต่างสี, ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 27 หน้า.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., USA: AOAC.

Capanzana, M.V. and Buckle, K.A., 1997, Optimisation of Germination Conditions by Response Surface Methodology of a High Amylose Rice (*Oryza sativa*) Cultivar, Food Science and Technology, 30: 155-163.

Coda, R., Rizzello, C.G. and Gobbetti, M., 2010, Use of Sourdough Fermentation and Psedo-Cereals and Leguminous Flours for the Making of a Functional Bread Enriched of γ–Aminobutyric Acid (GABA), Food Microbiology, 137: 236-245.

Donangelo, C.M., Trugo, L.C, Trugo, N.M.F. and Eggumb, B.O., 1995, Effect of Germination of Legume Seeds on Chemical Composition and on Protein and Energy Utilization in Rats, Food Chemistry, 53: 23-27.

Frei, M. and Becker, K., 2005, Rice Biodiversity and Nutrients, Institute of Animal Production in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Germany, [Online], Available: http:// www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/rice-biodiversity-nutrients.pdf. [19/ October /2005]

Iqbal, S., Bhanger, M.I. and Anwar, F., 2005, Antioxidant Properties and Components of some Commercially Available Varieties of Rice Bran in Pakistan, Food Chemistry, 93(2): 265–272.

Kaushik, G., Satya, S. and Naik, S.N., 2010, Effect of Domestic Processing Techniques on the Nutritional Quality of the Soybean, Food Chemistry, 3: 39-46.

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N. and Kimura, T., 2007, Effect of Soaking and Gaseous Treatment on GABA Content in Germinated Brown Rice, Food Engineering, 78: 556-560.

Lee, B.J., Kim, J.S., Kang, Y.M., Lim, J.H., Kim, Y.M., Lee, M.S., Jeong, M.H., Ahn, C.B. and Je, J.Y., 2010, Antioxidant Activity and γ-Aminobutyric acid (GABA) Content in Sea Tangle Fermented by *Lactobacillus brevis* BJ20 Isolated from Traditional Fermented Food, Food chemistry, 122: 271-276.

Moongngarm, A. and Saetung, N., 2010, Comparison of Chemical Compositions and Bioactive Compounds of Germinated Rough Rice and Brown Rice, Food Chemistry, 122: 782-788.

Ngyuen, J.S. and Ooraikul, B., 2008, The Physico-Chemical, Eating and Sensorial Properties of Germinated Brown Rice, International Journal of Food Agriculture and Environment, 6(2): 119-124.

Watchararparpaiboon, W., Laohakunjit, N. and Kerdchocheun, O., 2010, An Improved Process for High Quality and Nutrition of Brown Rice Production, Food science and Technology International, 16(147): 147-158.

Yang, S., Wang, L., Yan, Q. and Li, Z.J.L., 2009, Hydrolysis of Soybean Isoflavone Glycosides by a Thermostable β-Glucosidase from *Paecilomyces thermophila*, Food Chemistry, 115: 1247–1252.

Table1 Nutritional values of germinated “Khaw Dawk Mali 105”, Black waxy and “Hom-nil” rice

	Protein (%)	Lipid (%)	Fiber (%)	Carbohydrate (%)	GABA (mg/100g)	Vitamin B1 (mg/100g)	Phenolic (mg/100g)	DPPH* scavenging activity (%)
“Khaw Dawk Mali 105” rice	8.16^{d}±1.12	3.29^{c}±0.14	1.03^{c}±0.09	86.56^{a}±0.19	5.32^{e}±1.11	2.17^{d}±0.67	19.87^{e}±1.02	7.94^{f}±0.86
Germinated “Khaw Dawk Mali 105” rice	9.74^{c}±0.27	2.98^{d}±0.43	0.84^{e}±0.51	85.13^{c}±0.28	10.51^{c}±1.26	4.08^{a}±0.46	22.59^{d}±0.20	23.92^{e}±1.33
Black waxy rice	7.54^{f}±0.33	3.78^{a}±0.19	1.51^{b}±0.18	86.17^{b}±0.61	9.44^{d}±0.53	1.47^{f}±0.32	31.46^{c}±1.29	35.33^{c}±1.08
Germinated Black waxy rice	11.16^{b}±0.59	3.31^{c}±0.22	1.09^{c}±0.23	82.87^{e}±0.44	13.43^{b}±0.65	3.42^{b}±1.37	55.72^{a}±1.86	47.90^{a}±1.04
“Hom-nil” rice	7.99^{c}±0.19	3.44^{b}±0.37	1.71^{a}±0.33	85.99^{c}±0.43	4.56^{f}±1.13	1.54^{e}±0.64	16.11^{f}±1.13	33.28^{d}±1.15
Germinated “Hom-nil” rice	11.80^{a}±0.24	2.39^{e}±0.12	0.93^{d}±0.21	83.65^{d}±0.11	17.42^{a}±0.54	2.82^{c}±1.19	45.83^{b}±0.36	42.54^{b}±0.39
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	1.45	1.97	1.26	0.87	1.21	0.88	0.57	0.46
LSD	0.58	0.95	0.63	0.44	0.82	0.38	0.40	0.27

Remark: ** Signification at $p \leq 0.01$

a, b, c,…in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญของข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการหมัก

Composition Changes of Fermented Brown Rice

จิราภา มาอินทร์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Marin, J.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Composition changes of fermented brown rice cv. Khaw Doak Mali 105 andcv. Homnil with *Lactobacillus plantarum* at 37ºC for 72 h were conducted. Protein and ash of fermented 'Homnil' rice were increased greater than that in 'Khaw Doak Mali 105' rice which their contents were at 11.09%, 7.28% and 10.89%, 5.95%, respectively. Fat, fiber and carbohydrate of fermented 'Homnil' rice were 3.56, 1.32, and 76.84%, respectively, whereas their contents in fermented 'Khaw Doak Mali 105' rice were 3.57, 1.79, and 77.8%, respectively. When protein was separated by solubility fraction, it was found that glutelingroupsof fermented brown rice were decreased. The glutelin of fermented 'Homnil' rice and fermented 'KhawDoak Mali 105' rice were 6.26% and 6.01%, respectively. Results also showed that the albumin, globulin and prolamine groups of fermented brown rice were higher than their controls.
Keywords: protein fraction, fermentation, *Lactobacillus plantarum*

บทคัดย่อ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญในข้าวเจ้ากล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวกล้องพันธุ์หอมนิล หมักโดยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ที่อุณหภูมิ 37ºC เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า ข้าวกล้องหมักทั้ง 2 พันธุ์มีปริมาณโปรตีนและเถ้าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับข้าว control โดยข้าวหอมนิลหมักมีปริมาณโปรตีนและเถ้า (ร้อยละ 11.09 และ 7.28) สูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 หมัก (ร้อยละ 10.89 และ 5.95) ส่วนปริมาณไขมัน ไฟเบอร์และคาร์โบไฮเดรตของข้าวที่ผ่านกระบวนการหมักมีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับข้าว control โดยข้าวหอมนิลหมักมีปริมาณไขมัน ไฟเบอร์ และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 3.56, 1.32 และ 76.84 ตามลำดับส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 หมักมีปริมาณสารดังกล่าวร้อยละ 3.57, 1.79 และ 77.8 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อแยกกลุ่มโปรตีนตามวิธีการละลายพบว่าข้าวกล้องหมักทั้ง 2 พันธุ์มีโปรตีนกลุ่มกลูเตลิน (glutelin) ลดลงโดยข้าวหอมนิลหมักมีปริมาณกลูเตลินร้อยละ 6.26 ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 หมักมีปริมาณกลูเตลินร้อยละ 6.01 แต่พบโปรตีนกลุ่มอัลบูมิน (albumin) โกลบูลิน (globulin) และโพรลามีน (prolamine) เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับข้าว control
คำสำคัญ: แยกกลุ่มโปรตีน กระบวนการหมัก เชื้อ *Lactobacillus plantarum*

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชอาหารสำคัญและใช้เป็นพืชให้พลังงาน (calories) สำหรับร่างกายของมนุษย์ทั้งยังเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของประชากรในแถบเอเชียโดยเฉพาะประเทศไทย (อรอนงค์, 2539) อย่างไรก็ตามโปรตีนในข้าวมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวรวมทั้งการขัดสีข้าวที่ส่งผลทำให้ปริมาณโปรตีนลดลงมากกว่าร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับข้าวกล้อง และโปรตีนที่พบในข้าว แบ่งตามการละลายได้ 4 กลุ่ม คือ อัลบูมิน (albumin) โกลบูลิน (globulin) โพรลามีน (prolamin) และกลูเตลิน (glutelin) ซึ่งพบ albumin ที่เป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำ ประมาณร้อยละ 3.8-8.8 ของโปรตีนทั้งหมด โปรตีนที่ละลายในเกลือ หรือ globulin ประมาณร้อยละ 9.6-10 ของโปรตีนทั้งหมด โปรตีนที่ละลายในแอลกอฮอล์ หรือ prolamin พบในปริมาณน้อย ส่วนโปรตีนที่ละลายในด่าง หรือ glutelin พบปริมาณสูงที่สุดประมาณร้อยละ 66.1-78.0 ของโปรตีนทั้งหมด (Cagampang, และคณะ, 1996) อย่างไรก็ตามกระบวนการหมักธัญพืชโดยใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หรือโปรไบโอติค (probiotic) สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในธัญพืชได้ (Sharma และคณะ, 2006) ดังเช่นงานวิจัยของ Nguyen และคณะในปี 2007 ที่หมักข้าวโพดด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ที่อุณหภูมิ 30ºC เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวมีคุณสมบัติในการหมักแล้วได้โปรตีนและ

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

กรดอะมิโนไลซีนเพิ่มสูงขึ้นประกอบกับผู้บริโภคมีความต้องการผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์โปรไบโอติคเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงสารอาหารที่สำคัญในข้าวกล้อง 2 พันธุ์ โดยประยุกต์กระบวนการหมักข้าวกล้องโดยใช้เชื้อ *Lactobacillus plantarum* เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้อง และเพื่อใช้เป็นสารโภชนะบำบัดที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมเชื้อ *L. plantarum* โดยเขี่ยเชื้อจาก stock แล้ว streak ลงplate บ่มที่อุณหภูมิ 37ºC เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าเชื้อเจริญ จากนั้นแตะโคโลนีเดี่ยวลง flask ที่บรรจุ nutrient broth (NB) 50 mL เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือเชื้อมีจำนวน $1x10^8$ CFU/mLโดยมีความขุ่น ที่มีค่า OD เทียบกับ McFarland Standard No. 0.5

เตรียมวัตถุดิบจากข้าวกล้อง 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวหอมนิล นำมาบดผ่านตระแกรงขนาด 60 เมช (mesh) และนำไปหมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* โดยinoculatedเชื้อ 10% หมักที่อุณหภูมิ 37ºC ระยะเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55ºC เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง บดให้ละเอียดและร่อนอีกครั้งให้มีขนาด 60 เมช ส่วน control คือข้าว 2 พันธุ์ ที่ไม่หมัก แต่อบและบดให้มีขนาด 60 เมช เหมือนกันและนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีนไขมัน เยื่อใย ความชื้น และเถ้า ตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000)

สำหรับการวิเคราะห์กลุ่มโปรตีนตามวิธีการละลายดัดแปลงตามวิธีของ Osborne (1994) และ Chanput และคณะ (2009) โดยการสกัดไขมัน (defatted) ออกจากตัวอย่างโดยใช้เฮกเซนในอัตรา 3:1 แล้วนำตัวอย่าง 2 กรัม เติมน้ำ deionized (DI) ปริมาตร 10 mL เขย่าเป็นเวลา 60 นาที แล้วเซนติฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ได้ส่วนใสคือโปรตีนกลุ่มอัลบูมินจากนั้นเติม 0.5 M NaCl ปริมาตร 10 mL เขย่าเป็นเวลา 60 นาที แล้วเซนติฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1ได้ส่วนใสคือโปรตีนกลุ่มโกลบูลินแล้วเติม 70%ethanol ปริมาตร 10 mL เขย่าเป็นเวลา 60 นาที แล้วเซนติฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ได้ส่วนใสคือโปรตีนกลุ่มโพรลามีน สุดท้ายเติม 0.1 N NaOH ปริมาตร 10 mL เขย่าเป็นเวลา 60 นาที แล้วเซนติฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ได้ส่วนใสคือโปรตีนกลุ่มกลูเตลิน จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในแต่ละกลุ่มโดยเติมสารตัวอย่าง 1 mL และสารไบยูเรท 5 mL ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงโดยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาสารสำคัญในข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* บ่มที่อุณหภูมิ 37ºC เป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีนไขมัน ไฟเบอร์ ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเปรียบเทียบกับข้าว control พบว่า ข้าวหอมนิลและข้าวขาวดอกมะลิมีปริมาณโปรตีนและเถ้าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อนำไปผ่านกระบวนการหมัก ซึ่งสาเหตุที่โปรตีนเพิ่มขึ้นอาจเนื่องจากในระหว่างกระบวนการหมักเชื้อจุลินทรีย์จะปล่อยเอนไซม์ protease ย่อยโปรตีนให้อยู่ในรูปของ simple proteins, peptides และ amino acids รวมทั้งมีการสังเคราะห์โปรตีนผ่าน shikimic acid pathway ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นส่วนไขมัน ไฟเบอร์และคาร์โบไฮเดรต พบว่ามีปริมาณลดลง ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของ Sindhu และคณะ (2005) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้พบว่าข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการหมักมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (Table 1) สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโปรตีนที่แยกตามสมบัติการละลายพบว่าโปรตีนกลุ่ม glutelin มีปริมาณสูงที่สุดในข้าวกล้องทั้ง 2 พันธุ์ รองลงมาได้แก่ กลุ่ม globulin, albumin, prolamin ตามลำดับสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pinciroli และคณะ (2009) และเมื่อนำข้าวกล้องทั้ง 2 พันธุ์ไปผ่านกระบวนการหมักพบว่า โปรตีนในกลุ่ม albumin, globulin และ prolamin มีปริมาณเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก (Agboola และคณะ, 2005) โดยข้าวหอมนิลหมักมีโปรตีนกลุ่มดังกล่าวร้อยละ 1.25, 2.29 และ 1.29 ตามลำดับส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 หมักมีโปรตีนกลุ่มดังกล่าวร้อยละ1.15, 2.96 และ 0.77 ตามลำดับ แต่โปรตีนกลุ่ม glutelin มีปริมาณลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ control และยังพบว่าข้าวกล้อง control พันธุ์หอมนิลมีโปรตีนกลุ่ม albumin และ globulin สูงกว่าข้าวกล้อง control พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แต่เมื่อผ่านกระบวนการหมักพบว่า ข้าวหอมนิลหมักมีโปรตีนกลุ่ม glutelin และ prolamin สูงกว่าข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 หมัก (Figure 1)

สรุปผล

กระบวนการหมักข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์หอมนิล ด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์โปรไบโอติคซึ่งเป็นเชื้อที่ช่วยรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ช่วยเกี่ยวกับระบบการขับถ่าย และลดอันตรายจากโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหารได้ (Saarela และคณะ, 2002) ในการหมักนี้ใช้เวลา 72 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องหมัก 2 พันธุ์เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก (control) และเมื่อวิเคราะห์โดยการแยกกลุ่มโปรตีนในข้าวกล้องทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการหมักพบว่า ข้าวมีปริมาณโปรตีนกลุ่ม glutelin มากที่สุด รองลงมาคือโปรตีนกลุ่ม globulin, albumin และ prolamin ตามลำดับ อย่างไรก็ตามข้าวกล้องหมักทั้ง 2 พันธุ์มีปริมาณโปรตีนในกลุ่ม albumin, globulin และ prolamin เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้อง control แต่กระบวนการหมักส่งผลให้โปรตีนในกลุ่ม glutelin ของข้าวกล้อง 2 พันธุ์ลดลง

เอกสารอ้างอิง

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2539, ธัญชาติและแป้ง, เอกสารการสอนชุดวิชาอาหารและโภชนาการ (ฉบับปรับปรุง) หน่วยที่ 1-7, ปรับปรุงครั้งที่ 1 พิมพ์ครั้งที่ 1, 150 หน้า.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Agboola, S., Ng, D. and Mills, D., 2005, Characterisation and Functional Properties of Australian Rice Protein Isolates, Journal of Cereal Science, 41: 283-290.

Champagne, E.T., 1996, Rice Starch: Composition and Characteristics, Cereal Food World, 41(1): 833-838.

Chanput, W., Theerakulkait, C. and Nakai, S., 2009, Antioxidative Properties of Partially Purified Barley Hordein, Rice Bran Protein Fractions and Their Hydrolysates, Journal of Cereal Science, 49: 422-428.

Ngyuen, J.S. and Ooraikul, B., 2008, The Physico-chemical, Eating and Sensorial Properties of Germinated Brown Rice, International Journal of Food Agriculture and Environment, 6(2): 119–124.

Osborne, T.B., 1994, The Proteins of the Wheat Kernel, Carnegie Institute of Washington, Washington, DC. p. 1859-1929.

Pinciroli, M., Vidal, A.A., Anon, M.C. and Martinez, E.N., 2009, Comparison Between Protein Functional Properties of Two Rice Cultivars, Food Science and Technology, 42: 1605–1610.

Saarela, M., Lahteenmaki, L., Crittenden, R., Salminen, S. and Mattila-Sandholm, T., 2002, Gut Bacteria and Health Foods – the European Perspective, International Journal of Food Microbiology, 78(1-2): 99-117.

Sindhu, S.C. and Khetarpaul, N., 2005, Development, Acceptability and Nutritional Evaluation of an Indigenous Food Bland Fermented with Probiotic Organisms, Nutrition and Food Science, 35: 20–27.

Sharma, G. and Ghosh, B.C., 2006, Probiotic Dairy Foods and Probiotics for Health Benefits, Indian Food Industry, 25: 68–73.

Table 1 Proximate analysis of brown riceand fermented brown rice by *Lactobacillus plantarum*

Fermentation	Brown rice	Protein (%)	Fat (%)	Fiber (%)	Ash (%)	Carbohydrate (%)
Control	Khaw Doak Mali 105	7.95±0.06	4.86±0.80	2.23±0.80	1.84±0.06	83.12±0.09
	Homnil	8.48±0.07	5.06±0.66	1.60±0.09	1.78±0.07	83.08±0.13
L. plantarum	Khaw Doak Mali 105	10.89±0.06	3.57±0.09	1.79±0.03	5.95±0.15	77.80±0.04
	Homnil	11.09±0.07	3.56±0.01	1.32±0.01	7.28±0.22	76.84±0.26

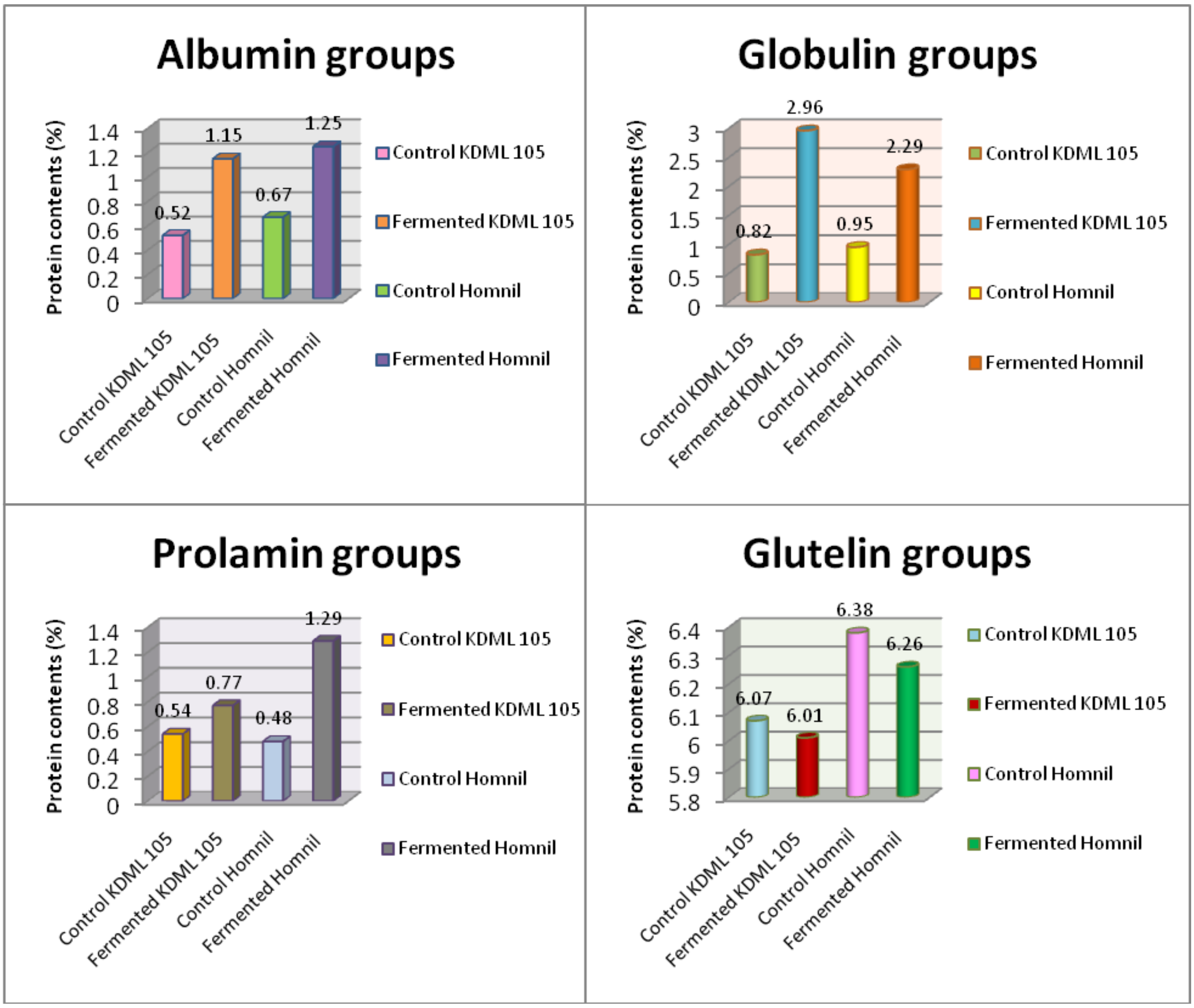


Figure 1 Changes in protein fractions of brown rice cv. Khaw Doak Mali 105 and cv. Homnil Fermented with *Lactobacillus plantarum* at 37°C for 72 h.

ปริมาณโปรตีนของข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการหมัก

Protein Content of Fermented Brown Rice

จิราภา มาอินทร์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Marin, J.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

This study was aimed to evaluate protein changes of brown rice cv. Khaw Doak Mali 105 and cv. Homnil fermented by *Lactobacillus plantarum* and *Bifidobacterium longum* at 37°C for 72 hrs. Results showed that protein of brown rice fermented by *L. plantarum* was greater than fermented with *B. longum*. The highest protein content was found in 'Homnil' brown rice fermented with *L. plantarum* (11.09%), followed by fermented brown rice cv. Khaw Doak Mali 105 with *L. plantarum* (10.89%), fermented brown rice cv. Homnil with *B. longum* (10.55%), and fermented brown rice cv. Khaw Doak Mali 105 with *B. longum* (10.46%), respectively. Furthermore, protein fractions were separated by solubility. Although fermented 'Homnil' rice by *L. plantarum* had a greater albumin, prolamine and glutelin groups, globulin group was less than fermented 'Khaw Doak Mali 105' rice. Fermented 'Homnil' rice with *B. longum* revealed similarly that its globulin was less but its albumin, prolamine and glutelin groups were obviously greater than fermented 'Khaw Doak Mali 105' rice with *B. longum*.

Keywords: brown rice, fermentation, *Lactobacillus plantarum, Bifidobacterium longum*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์หอมนิล หมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* และ *Bifidobacterium longum* ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ผลการศึกษา พบว่าข้าวกล้องหมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าหมักด้วยเชื้อ *B. longum* โดยข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลหมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 11.09 รองลงมาคือข้าวขาวดอกมะลิ 105 หมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* (10.89%), ข้าวหอมนิลหมักด้วยเชื้อ *B. longum* (10.55%) และข้าวขาวดอกมะลิ 105 หมักด้วยเชื้อ *B. longum* (10.46%) ตามลำดับ โดยเมื่อแยกกลุ่มโปรตีนตามวิธีการละลายพบว่า ข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* มีโปรตีนกลุ่มอัลบูมิน (albumin), โพรลามีน (prolamine) และกลูเตลิน (glutelin) สูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่หมักด้วยเชื้อ *L. plantarum* แต่มีโปรตีนกลุ่มโกลบูลิน (globulin) ต่ำกว่า เช่นเดียวกับข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลที่หมักด้วยเชื้อ *B. longum* พบโปรตีนกลุ่ม globulin ต่ำ แต่มีโปรตีนกลุ่ม albumin, prolamine และ glutelin สูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่หมักด้วยเชื้อ *B. longum*

คำสำคัญ: ข้าวเจ้ากล้อง กระบวนการหมัก *Lactobacillus plantarum, Bifidobacterium longum*

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) ถูกนำมาบริโภคเป็นอาหารหลักของประชากรมากกว่าร้อยละ 50 ของประชากรทั่วโลก (Charoenthaikij และคณะ, 2009) โดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเอเชียที่นิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารหลักมากกว่าในภูมิภาคอื่นๆ ข้าวจึงจัดเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของประชากรแถบนี้รวมทั้งในประเทศไทย โดยทั่วไปข้าวขาวมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 5.8–7.7 ส่วนข้าวกล้องพบประมาณร้อยละ 7-12 ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว เนื่องจากข้าวกล้องเป็นข้าวที่กะเทาะเปลือกออก แต่ไม่ได้ขัดสีจึงยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวติดอยู่กับเมล็ด จึงทำให้มีปริมาณสารอาหารที่สูงกว่าข้าวขัดขาว (Champagne และคณะ, 2004) โดยกลุ่มโปรตีนสำคัญที่พบในข้าวคือ albumin, globulin, prolamin และ glutelin ซึ่ง glutelin เป็นกลุ่มโปรตีนที่พบมากที่สุด (Lasztity, 1995) ถึงแม้ว่าข้าวมีโปรตีนในปริมาณน้อยแต่ก็ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นหลายชนิด โดยองค์ประกอบของกรดอะมิโนทั้งหมดในข้าวกล้องและข้าวขาวมีความคล้ายคลึงกัน แต่ข้าวกล้องมี

---

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

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

กรดอะมิโนไลซีนสูงกว่าข้าวสาร ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะเพิ่มปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องโดยใช้กระบวนการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติค ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้จุลินทรีย์โปรไบโอติคยังสามารถผลิตสารยับยั้งแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ได้ เช่น แบคเทอริโอซิน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และกรดอินทรีย์ชนิดอื่นๆ ซึ่งกระบวนการหมักเป็นกระบวนการที่นิยมใช้ในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการโดยการใช้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ซึ่งสามารถเพิ่มสารเสริมฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ โปรตีน กรดอะมิโน ไขมัน และวิตามินต่างๆ (Sanni และคณะ, 1999) และการหมักยังเป็นการปรับปรุงสารอาหารให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น (Sharma และคณะ, 2006)

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมเชื้อ *Lactobacillus plantarum* และ *Bifidobacterium longum* โดยเขี่ยเชื้อจาก stock แล้ว streak ลง plate บ่มที่อุณหภูมิ 37ºC เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าเชื้อเจริญ จากนั้นแตะโคโลนีเดี่ยวลง flask ที่บรรจุ nutrient broth (NB) 50 mL เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือมีจำนวน $1x10^8$ CFU/mL โดยมีความขุ่น ที่มีค่า OD เทียบกับ Mc Farland Standard No. 0.5

นำข้าวกล้อง 2 พันธุ์ คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวหอมนิล มาบดลดขนาดก่อนหมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* และ *Bifidobacterium longum* โดย inoculated เชื้อ 10% หมักที่อุณหภูมิ 37ºC ระยะเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55ºC เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง บดให้ละเอียดและร่อนอีกครั้งให้มีขนาด 60 เมช (mesh) จากนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย ความชื้น และเถ้า ตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์กลุ่มโปรตีนตามวิธีการละลาย ดัดแปลงตามวิธีของ Osborne (1994) และ Chanput และคณะ (2009) โดยการสกัดไขมัน (defatted) ออกจากตัวอย่างโดยใช้เฮกเซนในอัตรา 3:1 แล้วนำตัวอย่าง 2 กรัม เติมน้ำ deionized ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 60 นาที แล้วเซนติฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ได้ส่วนใส คือโปรตีนกลุ่มอัลบูมิน จากนั้นเติม 0.5 M NaCl ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 60 นาที แล้วเซนติฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ได้ส่วนใสคือโปรตีนกลุ่มโกลบูลิน แล้วเติม 70% ethanol ปริมาตร 10 mL เขย่าเป็นเวลา 60 นาที แล้วเซนติฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ได้ส่วนใสคือโปรตีนกลุ่มโพรลามีน สุดท้ายเติม 0.1 N NaOH ปริมาตร 10 mL เขย่าเป็นเวลา 60 นาที แล้วเซนติฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 6000 rpm เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ได้ส่วนใสคือโปรตีนกลุ่มกลูเตลิน จากนั้นวัดปริมาณโปรตีนในแต่ละกลุ่มโดยเติมสารตัวอย่าง 1 mL และสารไบยูเรท 5 mL ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที แล้วจึงวัดค่าดูดกลืนแสงโดยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาสารอาหารสำคัญในข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และหอมนิล ที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* และ *Bifidobacterium longum* ที่อุณหภูมิ 37ºC เป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรต พบว่าข้าวกล้องทั้ง 2 พันธุ์ที่หมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ และเถ้าสูงกว่าข้าวกล้องที่หมักด้วยเชื้อ *Bifidobacterium longum* สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Omar และคณะ (2008) ซึ่งปริมาณโปรตีนของข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลหมักพบสูงกว่าในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หมัก ด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* พบปริมาณโปรตีนร้อยละ 11.09 และ 10.899 ตามลำดับ ส่วนข้าวกล้องหมักด้วยเชื้อ *Bifidobacterium longum* พบปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.55 และ 10.46 ตามลำดับ (Table 1) สาเหตุอาจเนื่องมาจากปริมาณโปรตีนเริ่มต้นของข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นความแตกต่างของพันธุ์ข้าว สภาวะในการเพาะปลูก และพื้นที่ในการเพาะปลูก เป็นต้น อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์กลุ่มโปรตีนตามสมบัติการละลายพบว่า ข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลหมักมีโปรตีนกลุ่มอัลบูมิน โพรลามีน และกลูเตลิน สูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หมัก แต่พบว่ามีโปรตีนกลุ่มโกลบูลินในปริมาณที่ต่ำกว่า (Figure 1) เช่นเดียวกับรายงานของ Cao และคณะ (2009) โดยข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลและพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หมัก ด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* มีปริมาณโปรตีนกลุ่มอัลบูมินร้อยละ 1.25 และ 1.15, กลุ่มโพรลามีนพบร้อยละ 1.29 และ 0.77, กลุ่มกลูเตลินพบร้อยละ 6.26 และ 6.01, กลุ่มโกลบูลินพบร้อยละ 2.29 และ 2.96 ตามลำดับ ส่วนข้าว

กล้องพันธุ์หอมนิลและพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หมักด้วยเชื้อ *Bifidobacterium longum* พบกลุ่มอัลบูมินปริมาณร้อยละ 1.33 และ 0.96, กลุ่มโพรลามีนพบร้อยละ 0.84 และ 0.75, กลุ่มกลูเตลินพบร้อยละ 5.94 และ 5.85, กลุ่มโกลบูลินพบร้อยละ 2.45 และ 2.90 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานโดย Pinciroli และคณะ (2009) อย่างไรก็ตามมีรายงานว่ากลุ่มโปรตีนทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว วิธีการสกัดตัวอย่าง สารเคมีที่ใช้ในการสกัด และระยะเวลาในการสกัด เป็นต้น (Wei และคณะ, 2007)

สรุปผล

กระบวนการหมักข้าวกล้องด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ที่อุณหภูมิ 37ºC เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในข้าวเพิ่มสูงกว่าการหมักด้วยเชื้อ *Bifidobacterium longum* ซึ่งข้าวกล้องพันธุ์หอมนิลมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และเมื่อวิเคราะห์แยกกลุ่มโปรตีนในข้าวกล้องทั้ง 2 พันธุ์ที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* และ *Bifidobacterium longum* พบว่ามีปริมาณโปรตีนกลุ่มกลูเตลินมากที่สุด รองลงมาคือ โกลบูลิน อัลบูมิน และโพรลามีน ตามลำดับ จากผลการทดลองสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆที่ใช้ข้าวเป็นส่วนประกอบ ทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Cao, X., Wen, H., Li, C. and Gu, Z., 2009, Differences in Functional Properties and Biochemical Characteristics of Congenetic Rice Proteins, Journal of Cereal Science, 50: 184-189.

Champagne, E.T., Wood, D.F., Juliano, B.O. and Bechtel, D.B., 2004, The Rice Grain and Its Gross Composition, Rice American Association of Cereal Chemistry, xxx: 77- 107.

Chanput, W., Theerakulkait, C. and Nakai, S., 2009, Antioxidative Properties of Partially Purified Barley Hordein, Rice Bran Protein Fractions and Their Hydrolysates, Journal of Cereal Science, 49: 422-428.

Charoenthaikij, P., Jangchud, K., Jangchud, A., Piyachomkwan, K., Tungtrakul, P. and Prinyawiwatkul, W., 2009, Germination Conditions Affect Physicochemical Properties of Germinated Brown Rice Flour, Journal of Food Science, 74: 658-665.

Lasztity, R., 1995, The chemistry of cereal proteins, CRC Press, 328 p.

Omar, N.B., Abriouel, H., Keleke, S., Valenzuela, A.S., Martínez-Cañamero, M., López, R.L., Ortega, E. and Gálvez, A., 2008, Bacteriocin-producing *Lactobacillus* Strains Isolated from Poto, a Congolese Fermented Maize Product, and Genetic Fingerprinting of Their Plantaricin Operons, International Journal of Food Microbiology, 127: 18–25.

Osborne, T.B., 1994, The Proteins of the Wheat Kernel, Carnegie Institute of Washington, Washington, DC. pp. 1859-1929.

Pinciroli, M., Vidal, A.A., Anon, M.C. and Martinez, E.N., 2009, Comparison Between Protein Functional Properties of Two Rice Cultivars, Food Science and Technology, 42: 1605–1610.

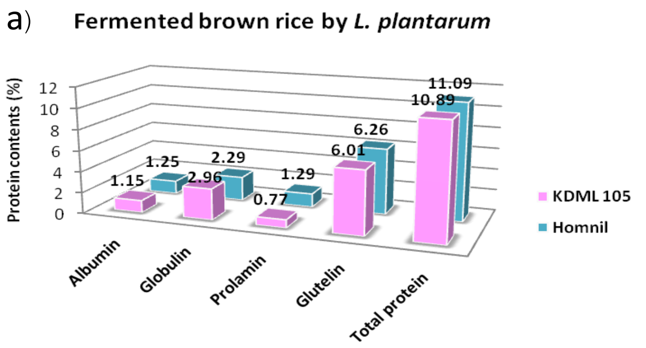
Sanni, A.I., Onilude, A.A. and Ibidapo, O.T., 1999, Biochemical Composition of Infant Weaning Food Fabricated from Fermented Blends of Cereal and Soybean, Food Chemistry, 65: 35-39.

Sharma, G. and Ghosh, B.C., 2006, Probiotic Dairy Foods and Probiotics for Health Benefits, Indian Food Industry, 25: 68–73.

Wei, W., Fang-min, C., Zheng-hui, L. and Ke-su, W., 2007, Difference of Phytic Acid Content and its Relation to Four Protein Composition Contents in Grains of Twenty-nine japonica Rice Varieties from Jiangsu and Zhejing Provinces, China, Rice Science, 14: 311-314.

Table 1 Nutritional values of fermented brown rice with *Lactobacillus plantarum* and *Bifidobacterium longum*.

Fermentation	Brown rice	Protein (%)	Fat (%)	Fiber (%)	Ash (%)	Carbohydrate (%)
L. plantarum	Khaw Doak Mali 105	10.89±0.06	3.57±0.09	1.79±0.03	5.95±0.15	77.80±0.04
	Homnil	11.09±0.07	3.56±0.01	1.32±0.01	7.28±0.22	76.84±0.26
B. longum	Khaw Doak Mali 105	10.46±0.01	3.46±0.24	1.43±0.02	5.17±0.09	79.48±0.12
	Homnil	10.55±0.01	3.40±0.14	1.31±0.04	6.67±0.16	78.08±0.09



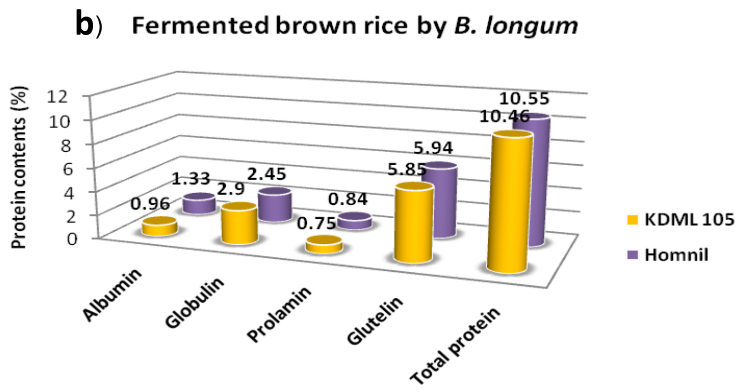


Figure 1 Changes in protein fraction of fermented brown rice cv. Khaw Doak Mali 105 and cv. Homnil with *Lactobacillus plantarum* and *Bifidobacterium longum* at 37°C for 72 hrs

การพัฒนาคุกกี้ข้าวกล้องสินเหล็ก

Development of Sinlek Brown Rice Cookie

พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1] ฉัตราภา หัตถโกศล[1] อมรรัตน์ มีเครือรอด[1] วรารัตน์ ลาสุขัง[1] และ ดรัญพร เชื้อดวงผุย[1]

Somboonpanyakul, P. [1], Hudthagosol, C. [1], Meekhruerod, A. [1], Lasukhang, W. [1] and Chuaduangpuy, D.[1]

Abstract

The purpose of this research is to develop Sinlek brown rice cookie by studying the effective by substitution Sinlek brown rice flour instead of using wheat flour on both physical and sensory properties of product. The ratios of Sinlek brown rice to wheat flour were varied by 0:100, 20:80, 40:60, 60:40 and 80:20. The results showed, the breaking force of cookies increased ($p<0.05$), in the same time the spread ratio decreased ($p<0.05$) as we increasing quantity of Sinlek brown rice flour. The lightness, redness and yellowness of the cookies decreased ($p<0.05$) when increasing the ratio of Sinlek brown rice flour. The sensory evaluation showed that the scores of color, rice flavor, sweetness, saltiness, hardness and brittleness of the cookies that had the ratio of Sinlek brown rice flour to wheat flour of 40:60, were not significantly different from the cookies that had the ratio of Sinlek brown rice flour to wheat flour of 20:80 ($p>0.05$), which had the highest scores for all sensory attributes. In order to get the cookie that have low glycemic index and high iron content, thus the ratio of Sinlek brown rice flour to wheat flour should be 40:60 for cookie. The nutritional values of this cookie formulation showed the moisture, protein, fat, ash, carbohydrate and total energy values as 2.95, 6.19, 26.34, 2.52, 62.00 g/100g and 509.82 kcal, respectively.

Keywords: Sinlek rice, brown rice, cookie

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุกกี้ข้าวกล้องสินเหล็ก โดยศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยแปรอัตราส่วนแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งสาลีเป็น 0:100, 20:80, 40:60, 60:40 และ 80:20 พบว่าเมื่ออัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กสูงขึ้น คุกกี้มีค่าแรงกดแตกสูงขึ้น ($p<0.05$) แต่อัตราการแผ่ขยายตัวลดลง ($p<0.05$) จากการวัดค่าสีของคุกกี้ พบว่า เมื่ออัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กเพิ่มขึ้น คุกกี้มีค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองลดลง ($p<0.05$) เมื่อวิเคราะห์ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า คุกกี้ที่ใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งสาลีเป็น 40:60 ได้คะแนนด้านสี กลิ่นข้าว รสหวาน รสเค็ม ความแข็ง ความร่วน และ การยอมรับรวมสูง และไม่แตกต่างจากการใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งสาลีเป็น 20:80 ($p>0.05$) ซึ่งมีคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในทุกด้านสูงสุด เพื่อให้คุกกี้มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำและมีธาตุเหล็กสูง อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้ คือ 40:60 เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางด้านโภชนาการของคุกกี้สูตรนี้ พบว่ามีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และ ค่าพลังงาน เป็น 2.95, 6.19, 26.34, 2.52, 62.00 กรัมต่อร้อยกรัม และ 509.82 กิโลแคลอรี ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวสินเหล็ก ข้าวกล้อง คุกกี้

คำนำ

คุกกี้เป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั่วโลก วัตถุดิบหลักที่สำคัญในการทำคุกกี้ คือ แป้งสาลี ซึ่งมีค่าดัชนีน้ำตาลสูงกว่าข้าวกล้องของไทย และเนื่องจากประเทศไทยถือได้ว่ามีการปลูกข้าวเพื่อส่งออกมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก แต่มีผลิตภัณฑ์ข้าวส่งออกค่อนข้างน้อย การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวไทยให้เป็นอาหารว่างที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น จึงถือเป็นแนวทางที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าข้าวไทย ซึ่งข้าวกล้องสินเหล็กมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำและมีธาตุเหล็กสูง จึงมีความเหมาะสมในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ซึ่งจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยในการ

[1] ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถ.ราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

[1] Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd., Ratchathewi District, Bangkok 10400

ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของคนที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคหลอดเลือด นอกจากนี้ยังสามารถเป็นสินค้าส่งออกนำรายได้เข้าสู่ประเทศและยังเป็นการเผยแพร่คุณประโยชน์ของข้าวไทยให้เป็นที่รู้จักของชาวต่างชาติอีกด้วย คุกกี้ชนิดนี้ไม่เพียงแต่ให้คาร์โบไฮเดรตและพลังงาน แต่ยังเป็นอาหารเพื่อสุขภาพด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เตรียมแป้งข้าวกล้องสินเหล็ก โดยนำข้าวกล้องสินเหล็กที่ได้รับจากบริษัท บีฟโปร จำกัด มาบดละเอียดโดยใช้เครื่องบดยาประสิทธิภาพสูง ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 200 mesh อบไล่ความชื้นด้วยเตาอบลมร้อน บรรจุในถุงพลาสติกแบบสูญญากาศ

2. วิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน (%Nx 5.7) ไขมัน กากอาหาร เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต ของแป้งข้าวกล้องสินเหล็ก ตามวิธีของ AOAC (1990)

3. ศึกษาอัตราส่วนแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งสาลี โดยแปรเป็น 5 อัตราส่วน คือ 0:100, 20:80, 40:60, 60:40 และ 80:20 โดยน้ำหนัก ผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ น้ำมันรำข้าว (46.72%) นมสด (18.71%) น้ำตาล (33.64%) เกลือ (1.26%) ผงฟู (0.93%) เบคกิ้งโซดา (2.62%) และ วานิลลา (2.80%) โดยน้ำหนักแป้ง นำแป้งคุกกี้ห่อด้วยฟิล์มพลาสติกและแช่เยือกแข็งที่ -18°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง คลึงแป้งให้หนา 2 มม. ตัดด้วยพิมพ์คุกกี้รูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 ซม. อบที่อุณหภูมิไฟบน 150°C ไฟล่าง 140°C 9 นาที ผึ่งบนตะแกรงให้เย็นลง บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตพลาสติก วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีระบบ CIE (L*, a*, b*) วัดด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab Digital Colorimeter รุ่น COLORFLEX 4510 คำนวณหาอัตราการแผ่ขยายตัว (spread ratio) และ วัดค่าแรงกดแตก (breaking force) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (LLOYD Instrument model LRX 5 k) ใช้หัววัด three bend jig-FG/TPB ความเร็วของหัวตัด 20 มม.ต่อนาที ใช้คุกกี้ 10 ชิ้น ประเมินความเข้มของคุณลักษณะในด้านประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นข้าว รสหวาน รสเค็ม ความแข็ง และ ความร่วน โดยใช้ 5-point scoring test แผนการทดลองที่ใช้คือ Completely Randomized Design สำหรับคุณภาพทางกายภาพ และ Randomized complete block design สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.5 เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

4. วิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน โปรตีน (%Nx6.25) เถ้า คาร์โบไฮเดรต และ คำนวณค่าพลังงานต่อร้อยกรัมของผลิตภัณฑ์คุกกี้ข้าวกล้องสินเหล็กตามวิธีของ AOAC (2005)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 พบว่าแป้งข้าวกล้องสินเหล็กมีความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใยอาหาร (Crude fiber) เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 11.45, 9.21, 3.28, 5.23, 1.87 และ 68.96 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าข้าวกล้องสินเหล็กมีปริมาณโปรตีนและกากอาหารสูง เหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คุกกี้เพื่อสุขภาพ จาก Table 2 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวกล้องสินเหล็กและแป้งสาลี มีผลต่อค่าแรงกดแตกของผลิตภัณฑ์คุกกี้ข้าวกล้องสินเหล็กอย่าง มีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยเมื่ออัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กเพิ่มขึ้นแต่แป้งสาลีลดลง ส่งผลให้คุกกี้ข้าวกล้องสินเหล็กมีค่าแรงกดแตก (breaking force) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่ค่าการแผ่ขยายตัว (spread ratio) มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่ออัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กสูงขึ้น ทำให้โดมีปริมาณกลูเตนลดลง คุกกี้แป้งข้าวกล้องสินเหล็กที่ได้จึงมีความหนาแน่นมากขึ้น ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่แข็งและอัดตัวกันแน่นและมีรูพรุนของฟองอากาศน้อย (Pareyt และคณะ, 2008) ประกอบกับแป้งข้าวกล้องสินเหล็กที่ใช้มีขนาดอนุภาค 200 mesh ซึ่งมีความละเอียดมากจึงส่งผลให้คุกกี้มีความแข็งและแน่นมากเกินไปได้ (Kim และคณะ, 2009; Manley, 2000) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส คือ ผู้บริโภคให้คะแนนความแข็ง (hardness) ของคุกกี้สูงที่สุด (4.87 คะแนน) และค่าความร่วน (brittleness) ต่ำสุด (1.63 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งสาลีสูงสุด คือ 80:20 เมื่อพิจารณาค่าสีใน Table 2 พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กส่งผลให้คุกกี้มีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะแป้งข้าวกล้องสินเหล็กมีสีน้ำตาล จึงทำให้คุกกี้มีค่า L* a* และ b* ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) เมื่อเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลีอย่างเดียว พบว่าค่า ΔE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็ก จาก Table 3 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของคุกกี้ พบว่าเมื่ออัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบ

ประเมินว่าคุกกี้มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น มีความแข็ง และมีความร่วนเพิ่มขึ้น แต่มีคะแนนการยอมรับรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านกลิ่นข้าวปานกลางซึ่งใกล้เคียงกันในทุกสูตรที่เติมแป้งข้าวกล้องสินเหล็ก ส่วนคะแนนความหวานของคุกกี้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กสูงสุดร้อยละ 80 ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แป้งข้าวกล้องสินเหล็กในระดับสูงจะทำให้คุกกี้มีรสขมเล็กน้อย แต่คะแนนด้านความเค็มมีค่าใกล้เคียงกันในทุกสูตร เพื่อให้คุกกี้มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำและมีธาตุเหล็กสูงอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้ข้าวกล้องสินเหล็ก คือ 40:60 เนื่องจากมีคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นข้าว รสหวาน รสเค็ม ความแข็ง ความร่วน และ การยอมรับรวมสูง และไม่แตกต่างจากการใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งสาลีเป็น 20:80 ($p>0.05$) ซึ่งมีคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในทุกด้านสูงสุด เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางด้านโภชนาการของคุกกี้สูตรนี้ พบว่ามีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และ ค่าพลังงาน เป็น 2.95, 6.19, 26.34, 2.52, 62.00 กรัมต่อร้อยกรัม และ 509.82 กิโลแคลอรี ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งถึงแม้ว่าคุกกี้จะมีไขมันสูง (26.34%) แต่เป็นแหล่งของไขมันคุณภาพดีจากน้ำมันรำข้าวซึ่งมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง และยังอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ เช่น แกมม่า โอไรซานอล และวิตามินอี

สรุปผล

อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้ข้าวกล้องสินเหล็ก คือ 40:60 เนื่องจากมีคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นข้าว รสหวาน รสเค็ม ความแข็ง ความร่วน และ การยอมรับรวมสูง และไม่แตกต่างจากการใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กต่อแป้งสาลีเป็น 20:80 ($p>0.05$) ซึ่งมีคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในทุกด้านสูงสุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท บีฟโปร จำกัด ที่ช่วยอนุเคราะห์ตัวอย่างข้าวกล้องสินเหล็กตลอดงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, Virginia.

AOAC, 2005, Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International. Gaithersburg, Maryland.

Kim, D.N., Bae, I.Y., Inglett, G. and Lee, S., 2009, Effect of Hydrothermal Treatment on the Physicochemical, Rheological and Oil-resistant Properties of Rice Flour, Journal of Texture Studies, 40(2): 192-207.

Manley, D., 2000, Technology of Biscuits, Crackers and Cookies, 3rd ed. Boca Raton, FL: Woodhead Publishing and CRC Press.

Pareyt, B., Wilderjans, E., Goesaert, H., Brijs, K. and Delcour, J.A., 2008, The Role of Gluten in a Sugar-Snap Cookie System: a model approach based on gluten–starch blends. Journal of Cereal Science, 48(3): 863-869.

Table 1 Proximate compositions of Sinlek brown rice flour.

Compositions	Content (%)
Moisture	11.45±0.08
Protein	9.21±0.07
Fat	3.28± 0.06
Crude fiber	5.23±0.03
Ash	1.87±0.17
Carbohydrate	68.96± 0.05

Table 2 Physical properties of Sinlek brown rice cookies from different ratios of Sinlek brown rice flour and wheat flour.

Ratio of Sinlek brown rice flour and wheat flour	Breaking force (N)	Spread ratio	Color values			
			L*	a*	b*	ΔE
0:100	6.12±1.17[a]	7.71±0.65[a]	67.40±2.81[a]	8.44±1.05[bc]	37.18±0.35[a]	-
20:80	8.07±1.33[b]	6.63±0.30[b]	61.02±1.59[b]	10.04±0.77[d]	34.28±0.45[b]	7.46±3.43[a]
40:60	9.42±1.22[b]	6.20±0.47[bc]	61.02±1.60[b]	8.83±0.93[c]	31.02±0.61[c]	9.42±2.35[ab]
60:40	13.37±1.32[c]	6.08±0.45[c]	60.84±1.15[b]	6.98±0.73[a]	28.58±0.60[d]	10.95±1.25[b]
80:20	16.05±2.59[d]	5.93±0.51[c]	56.85±0.60[c]	7.69±0.60[ab]	27.22±0.70[e]	14.72±2.43[c]

[a,b,c,...]Means followed by a different letter within the same column are significant different ($p<0.05$)

Table 3 Sensory scores of Sinlek brown rice cookies from different ratios of Sinlek brown rice flour and wheat flour.

Ratio of Sinlek brown rice flour and wheat flour	Color	Odor	Sweetness	Saltiness	Hardness	Brittleness	Overall acceptibility
0:100	3.20±0.80[a]	1.90±0.95[a]	2.70±0.83[a]	2.70±0.83[ab]	2.70±0.74[a]	3.57±0.89[a]	3.73±0.69[a]
20:80	3.63±0.61[bc]	2.40±1.10[b]	2.43±0.93[a]	2.90±0.80[a]	2.97±0.71[ab]	3.23±0.85[ab]	3.97±0.66[b]
40:60	3.37±1.06[ab]	2.43±0.93[b]	2.67±1.02[a]	2.73±0.86[ab]	3.23±0.72[b]	3.00±0.90[b]	2.93±0.78[b]
60:40	3.87±0.77[c]	2.83±1.08[b]	2.47±1.07[a]	2.60±1.00[ab]	4.03±1.03[c]	2.33±0.80[c]	2.20±0.84[c]
80:20	4.73±0.52[d]	2.87±1.33[b]	1.97±0.88[b]	2.40±1.16[b]	4.87±0.34[d]	1.63±0.88[d]	1.50±0.62[d]

[a,b,c,...]Means followed by a different letter within the same column are significant different ($p<0.05$)

Color: 5=Dark brown, 1=Light brown; Odor: 5=Strong rice odor, 1=Light rice flavor; Sweetness: 5=Most sweet, 1=least sweet; Saltiness: 5=most salty, 1=least salty; Hardness: 5=most hard, 1=least hard; Brittleness: 5=most brittle, 1=least brittle; Overall acceptability: 5=most acceptable, 1=least acceptable

Table 4 Chemical compositions and energy value of Sinlek brown rice cookie.

Chemical compositions	Sinlek brown rice cookie
Moisture (%)	2.95±0.03
Protein (%)	6.19±0.02
Fat (%)	26.34±0.02
Ash (%)	2.52±0.03
Carbohydrate (%)	62.00±0.02
Energy value (kcal)	509.82

การใช้แรงดันไฟฟ้าเพื่อลดเชื้อจุลินทรีย์และการหลุดร่วงของดอกกล้วยไม้ในระหว่างการปักแจกัน

Application of Electrical Voltage to Reduce Microbial and Floret Drop in Cut Orchids During Display

กัญญารัตน์ สุวรรณทีป[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1] สุเมธ เนติลัดดานนท์[2] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1]

Suwannateep, K.[1], Uthairatanakij, A.[1], Naetiladdanon, S.[2] and Jitareerat, P.[1]

Abstract

Microbial blockage in vascular bundles is a cause of rapid deterioration and short vase life of orchid inflorescences. Microbial contamination on orchid stems generally occurs from the orchards and they rapidly grow in vase solution during display, resulting to blocked water uptake. Therefore, the objective of this study was to reduce the bacteria load on the stem surface of orchid by electrical voltage (EV), and to study its effect on the quality of orchid inflorescences. The stem surface of *Dendrobium* orchid inflorescences CV. 'Big White Jumbo' was sterilized with 70% ethanol, and placed in the bacteria suspension (isolated from vase solution of orchid) at 108 CFU/ml. After air drying for 5 min, the inoculated stems were placed in sterilized-distilled water, then treated with 200 volts of EV for 0 (control), 40, and 60 sec. All treatments were placed in distilled water for 15 days at 25°C. Bacteria population on the stem surface of 40 sec-EV treated inflorescences was significantly reduced as compared with the control and 60 sec-EV treated inflorescences. EV resulted in bacteria cell damage and death. EV treatment for 60 sec could delay floret drop for 12 days, as compared with other treatments, while EV application did not affect the rate of water uptake and fresh weight of orchid inflorescences.

Keywords: *Dendrobium* Orchid (Big White Jumbo), vase life, bacteria, electrical voltage

บทคัดย่อ

การอุดตันของเชื้อจุลินทรีย์ในท่อน้ำและอาหารเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ช่อดอกกล้วยไม้เกิดการเสื่อมสภาพและมีอายุการใช้งานสั้น โดยเชื้อจุลินทรีย์มักปนเปื้อนมากับก้านช่อดอกตั้งแต่แปลงปลูกและเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในระหว่างการปักแจกันจนมีผลไปขัดขวางการดูดน้ำของดอกไม้ ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ผิวของก้านช่อดอกกล้วยไม้โดยใช้แรงดันไฟฟ้าและผลกระทบที่มีต่อคุณภาพของช่อดอก โดยทำการฆ่าเชื้อบริเวณผิวของก้านช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ Big white Jumbo ด้วยเอทานอล 70% ก่อนจุ่มในเซลล์แขวนลอยของเชื้อแบคทีเรีย (แยกได้จากน้ำปักแจกันดอกกล้วยไม้) ความเข้มข้น 108 CFU/ml ผึ่งให้แห้งนาน 5 นาที ทำการจุ่มก้านช่อดอกในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อและให้แรงดันไฟฟ้าที่ 200 โวลท์ นาน 0 (control), 40 และ 60 วินาที จากนั้นย้ายมาปักในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 15 วัน พบว่า การให้แรงดันไฟฟ้า นาน 40 วินาที มีผลลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียบริเวณก้านช่อดอกลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก้านช่อดอกในชุดควบคุมและก้านช่อดอกที่ได้รับแรงดันไฟฟ้า นาน 60 วินาที โดยแรงดันไฟฟ้ามีผลทำให้เซลล์แบคทีเรียได้รับความเสียหาย เกิดการรั่วหรือแตก การให้แรงดันไฟฟ้า นาน 60 วินาที มีผลช่วยชะลอการหลุดร่วงของดอกย่อยได้นาน 12 วันเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนท์อื่น และการให้แรงดันไฟฟ้า 200 โวลท์ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการดูดน้ำ และการสูญเสียน้ำหนักสดของช่อดอกกล้วยไม้

คำสำคัญ: กล้วยไม้หวาย อายุการปักแจกัน แบคทีเรีย แรงดันไฟฟ้า

คำนำ

ปี 2554 การส่งออกดอกกล้วยไม้และต้นกล้วยไม้ของไทยคิดเป็นมูลค่าเพียง 2,777.31 ล้านบาท ซึ่งมีอัตราการขยายตัวลดลง เนื่องจากเหตุการณ์น้ำท่วมในปีที่ผ่านมา (หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ, 2555) อย่างไรก็ตามการส่งออก

[1] **หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150**

[1] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

[2] **ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140**

[2] Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

กล้วยไม้ยังคงเป็นอันดับ 1 ของโลก โดยร้อยละการส่งออก 80.23 ส่วนใหญ่เป็นกล้วยไม้สกุลหวาย (Dendrobium) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ประเทศไทยมีดอกกล้วยไม้ประมาณ 1,000 สายพันธุ์ กระจายอยู่ในหลายสกุล พันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด มีการปลูกในเชิงพาณิชย์ คือ สกุลหวาย (*Dendrobium*) (สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศประจำกรุงวอชิงตัน ดี.ซี., 2553) แต่ปัญหาที่สำคัญของการส่งออกคือ ดอกเหี่ยวและหลุดร่วง เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาของพืชที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ ได้แก่ การหายใจ การผลิตเอทิลีน และการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำและอาหาร ปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้อายุการใช้งานของดอกกล้วยไม้สั้นลง สำหรับสาเหตุหลักของการอุดตันมักเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับก้านช่อดอกตั้งแต่แปลงปลูกและเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในระหว่างการปักแจกัน จนมีผลไปขัดขวางการดูดน้ำของดอกไม้ การลดประชากรจุลินทรีย์บริเวณก้านช่อดอกก่อนการปักแจกัน อาจมีผลทำให้ท่อลำเลียงเกิดการอุดตันน้อยลง ดอกไม้จึงจะดูดน้ำได้เพิ่มขึ้น (กรรณารัตน์, 2544) จากงานวิจัย พจนีย์ (2550) ได้ใช้สนามไฟฟ้าเพื่อการลดปริมาณเชื้อ *Escherichia coli* และ *Saccharomycess cerevisiae* ที่ปนเปื้อนในน้ำผลไม้ พบว่ามีประสิทธิภาพดีเท่ากับการใช้ความร้อน และมีการสูญเสียวิตามินซีน้อยกว่าการใช้ความร้อน และพบว่า สนามไฟฟ้ามีผลทำให้เซลของเชื้อจุลินทรีย์ได้รับความเสียหาย จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าสนามไฟฟ้าสามารถลดหรือทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ผิวของก้านช่อดอกกล้วยไม้โดยใช้แรงดันไฟฟ้าและศึกษาผลกระทบที่มีต่อคุณภาพของช่อดอก

อุปกรณ์และวิธีการ

นำช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ Big White Jumbo เกรดส่งออก (ความยาวของก้านช่อดอก 55 ซม.) มาตัดปลายก้าน ฆ่าเชื้อบริเวณผิวของก้านช่อดอกกล้วยไม้ด้วยเอทานอล 70% และนาไปจุ่มในเซลล์แขวนลอยของเชื้อแบคทีเรีย (แยกได้จากน้ำปักแจกันดอกกล้วยไม้) ความเข้มข้น 108 CFU/ml หลังจากนั้นผึ่งให้แห้งนาน 5 นาที แล้วจึงนาช่อดอกกล้วยไม้ มาจุ่มในน้ำกลั่น ปริมาตร 1 ลิตร และให้แรงดันไฟฟ้าที่ 200 โวลท์ นาน 40 และ 60 วินาที (จานวน 14 ก้าน/ทรีตเมนต์) ส่วนช่อดอกกล้วยไม้ที่จุ่มในเซลล์แขวนลอยของเชื้อแบคทีเรียอย่างเดียวเป็นชุดควบคุม จากนั้นนามาปักในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 25°C นาน 15 วัน ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของดอกกล้วยไม้ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 ของการปักแจกัน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของช่อดอก อัตราการดูดน้ำของช่อดอก (ml/day) และเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของดอกย่อย สำหรับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ก้านช่อดอกหลังจากให้แรงดันไฟฟ้าจะทำการวิเคราะห์เฉพาะวันแรกเท่านั้น และรายงานผลในหน่วย log CFU/5 cm2 of stem

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การให้แรงดันไฟฟ้า 200 โวลท์ นาน 40 วินาที มีผลลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียบริเวณก้านช่อดอกกล้วยไม้ลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก้านช่อดอกในชุดควบคุมและก้านช่อดอกที่ได้รับแรงดันไฟฟ้า นาน 60 วินาที (Figure 1) โดยแรงดันไฟฟ้ามีผลทำให้เซลล์แบคทีเรียได้รับความเสียหาย เซลล์เกิดการรั่วและยุบตัว (Figure 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พจนีย์ (2550) รายงานว่าการให้สนามไฟฟ้าในน้ำผลไม้ที่มีเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. cerevisiae* มีผลทำให้เซลล์ของเชื้อแบคทีเรียเหล่านี้เกิดรูพรุนและแตก จนไม่สามารถเจริญเติบโตได้อีก จึงมีผลทำให้ปริมาณเชื้อในน้ำผลไม้ลดลง การให้แรงดันไฟฟ้า ที่ 200 โวลท์ นาน 40 และ 60 วินาที สามารถช่วยชะลอการหลุดร่วงของดอกย่อยได้ โดยพบเปอร์เซนต์การหลุดร่วงของดอกย่อยในวันที่ 15 เท่ากับ 27.75 และ 34.93 ตามลาดับ ในขณะที่ช่อดอกกล้วยไม้ในชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของดอกย่อยเท่ากับ 48.95 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3) การหลุดร่วงของดอกกล้วยไม้ในระหว่างการปักแจกันมักมีความเกี่ยวข้องกับการผลิตเอทิลีน อย่างไรก็ตาม ความไวต่อเอทิลีนของดอกกล้วยไม้อาจขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ (Woltering และ van Doorn, 1988) มีรายงานว่ากล้วยไม้หวายแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อเอทิลีนต่างกัน โดยได้จัดแบ่งระดับการตอบสนองต่อเอทิลีนออกเป็น 5 ระดับ คือ ตอบสนองไวมาก ภายใน 6 ชั่วโมง (เช่น Big White 5N) ตอบสนองไวภายใน 12 ชั่วโมง (เช่น Suree Peach) ตอบสนองปานกลางภายใน 12 ชั่วโมง (เช่น Sian Peach) ตอบสนองช้า และตอบสนองช้ามาก (ปานศิริ, 2554) ซึ่งทั้งนี้การที่ช่อดอกกล้วยไม้ได้รับแรงดันไฟฟ้ามีการหลุดร่วงลดลง อาจเนื่องจากแรงดันไฟฟ้า มีผลทำให้กล้วยไม้เกิดภาวะเครียด จึงให้มีการผลิตเอทิลีนลดลง ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับรายงานของ Antunes และ Sfakiotakis (2000) พบว่าการแช่กีวี่ในน้ำร้อนทำให้พืชเกิดภาวะเครียด จึงมีอัตราการผลิตเอทิลีนลดลง และทำให้มีอายุการวางจาหน่ายนานขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่าการให้แรงดันไฟฟ้าที่ 200 โวลท์ นาน 40 และ 60

วินาที ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการดูดน้ำและการสูญเสียน้ำหนักสดของช่อดอกกล้วยไม้ (Figure 4) ทั้งนี้อาจเนื่องจากระยะเวลาที่กล้วยไม้ได้รับแรงดันไฟฟ้านั้นเป็นเวลาสั้นๆ

สรุปผล

การใช้แรงดันไฟฟ้าที่ 200 โวลท์ นาน 40 วินาที สามารถลดปริมาณแบคทีเรียที่ผิวก้านช่อดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ Big White Jumbo ได้ ขณะที่การใช้แรงดันไฟฟ้าที่ 60 วินาที ช่วยชะลอการหลุดร่วงของดอกกล้วยไม้

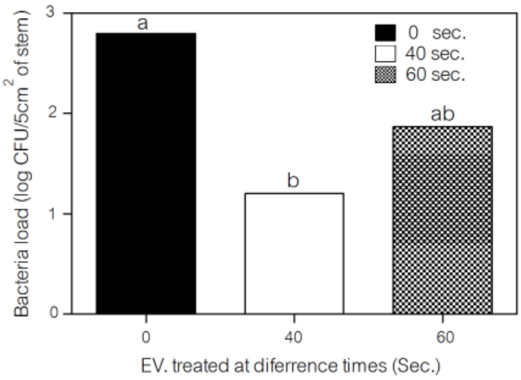


Figure 1 Bacterial loads on the surface of orchid inflorescence stems after treating with electrical voltages (EV) at 200 volts for 0, 40, and 60 seconds. Results are means of three replications. The different letters above the columns are significantly different at P > 0.05 (Duncan's multiple range test).

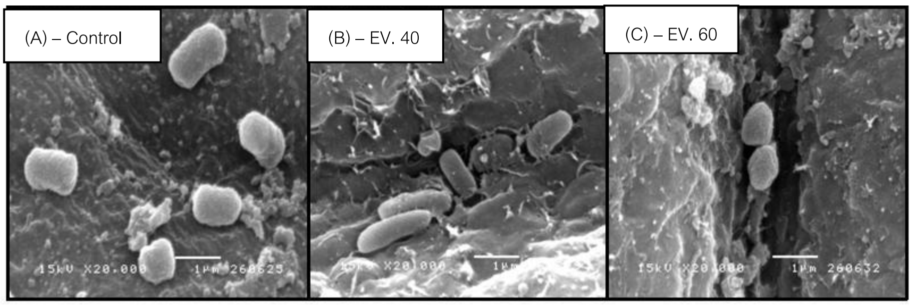


Figure 2 The illustration of the bacterial cells on orchid stem surface after treating with electrical voltages (EV) at 200 volts for 0 (control), 40, and 60 seconds under Scanning Electron Microscope (SEM) at magnification of 20,000X. White arrows are indicated the damaged cells.

Figure 3 The flower abscission (A) and the illustration of orchid inflorescences (B) after treating with electrical voltages (EV) at 200 volts for 0 (control), 40, and 60 seconds. Results are means of ten replications. The different letters above the columns are significantly different at P > 0.05 (Duncan's multiple range test).

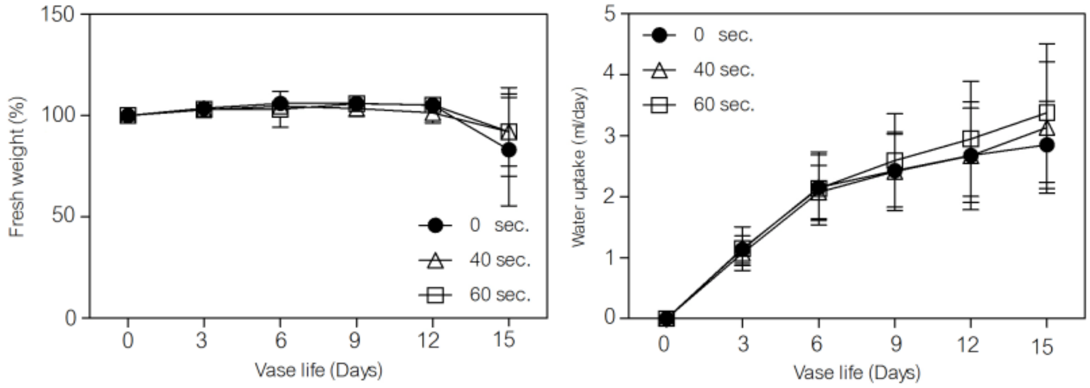


Figure 4 Fresh weight (A) and water uptake (B) of orchid inflorescences after treating with electrical voltages (EV) at 200 volts for 0 (control), 40, and 60 seconds. Results are means of ten replications. Vertical bars represent SD of mean (n = 10). Results are not significantly different at P > 0.05 (Duncan's multiple range test).

คำขอบคุณ

ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสวนกล้วยไม้ใจรัก ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.-อุตสาหกรรม "ความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และสวนกล้วยไม้ใจรัก ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป"

เอกสารอ้างอิง

กรรณารัตน์ เริงมงคล, 2544, ผลของการใช้อะลูมินัมซัลเฟต ทดแทนซิลเวอร์ไนเตรตในสารละลายเคมียืดอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปานศิริ นิบุญธรรม, 2554, งานวิจัยกล้วยไม้สู่กระบวนการส่งออกของคลัสเตอร์ราชบุรี, เคหะการเกษตร, 35(6): 183-184.

พจนีย์ ซามาตย์, 2550, การศึกษาการลดจานวนจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้โดยใช้สนามไฟฟ้าแรงสูง, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555, สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2555, สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตรสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, หน้า 101-105.

สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศประจากรุงวอชิงตัน ดี.ซี., 2553, การศึกษาการตลาดกล้วยไม้และผลิตภัณฑ์ในทวีปอเมริกาเหนือ (สหรัฐอเมริกา และแคนาดา) [สืบค้น] http://moacdc.thaiembdc.org/pdfs/reports/report_north_ american_orchid.pdf [29/ August /12].

หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ, การค้าส่งออก: ยกเครื่องยุทธศาสตร์กล้วยไม้ [สืบค้น], http://www.thanonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=125572:2012-06-06-04-10-11&catid=87:2009-02-08-11-23-26&Itemid=423 [29/ August /12].

Antunes, M.D.C. and Sfakiotakis, E.M., 2000, Effect of High Temperature Stress on Ethylene Biosynthesis, Respiration and Ripening of 'Hayward' kiwifruit, Postharvest Biology and Technology, 20(3): 251-259.

Woltering, E.J. and van Doorn, W.G., 1988, Role of Ethylene in Senescence of Petals, Morphological and Taxonomical Relationships, Journal of Experimental Botany, 39: 1605-1616.

องค์ประกอบเคมีกายภาพของน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ลดความฝาดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์

Physico-Chemical Properties and Volatile Compounds of Essential oil from Deastringency *Litsea petiolata* Hook.f.

นลินี พูลพิพัฒน์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

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

Abstract

Essential oil from *Listea petiolata* Hook.f. and (*Listea petiolata* Hook.f.) deastringency by 95% carbondioxide gas for 4 days was extracted by hydrodistillation for 24 h. The chemical compositions of oil were identified by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). Results showed that volatile compounds of *Listea petiolata* consisted of 9 compounds whereas the essential oil of deastringency *Listea petiolata* gave 5 volatile compounds. Their major volatile compounds were 2-nonanone, alpha-terpineol, 2-undecanone, alpha-copaene and caryophyllene which relative peak areas were 4.166, 0.085, 95.164, 0.213 and 0.373, respectively. Odor descriptions of the volatile compounds from essential oil of deastringency *Listea petiolata* oil were fresh green and woody. Their refractive index were ranged at 1.362 to 1.364, L* a* and b* between 67.96 to 69.71, (-1.77) to (-0.98) and 3.51 to 7.41

Keywords: carbondioxide, *Listea petiolata,* essential oils

บทคัดย่อ

ใบทำมัง (*Listea petiolata* Hook. f.) ที่ผ่านกระบวนการลดความฝาดโดยการบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 เป็นระยะเวลา 4 วัน นำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการต้มกลั่น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟฟี-แมสสเปกโตรมิทรี เปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ไม่ผ่านการลดความฝาดที่มีสารหอมระเหย 9 ชนิด ในขณะที่ใบทำมังที่บ่มด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 พบสารหอมระเหยเพียง 5 ชนิด ได้แก่ 2-nonanone, alpha-terpineol, 2-undecanone, alpha-copaene และ caryophyllene โดยมี % relative peak area เท่ากับ 4.166, 0.085, 95.164, 0.213 และ 0.373 ตามลำดับ มีลักษณะกลิ่นเป็นแบบ fresh green และ woody ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของกลิ่นใบทำมัง ยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยใบทำมังจากการบ่มและไม่บ่มด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 มีปริมาณร้อยละผลผลิตอยู่ระหว่าง 4.20-4.62 ค่าดัชนีการหักเหของแสงอยู่ระหว่าง 1.362-1.364 และมีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 67.96-69.71, (-1.77)-(-0.98) และ 3.51-7.41 ตามลำดับ

คำสำคัญ: คาร์บอนไดออกไซด์ ทำมัง น้ำมันหอมระเหย

คำนำ

ทำมัง (*Litsea Petiolata* Hook.f.) อยู่ในสกุล Litsea วงศ์ Lauraceae ไม้ในวงศ์นี้ที่รู้จักกันดี ได้แก่ อบเชย สะทิด ทังบง ต้นทำมังเป็นพืชที่พบกระจายในเขตร้อนและกึ่งร้อนของเอเชีย ประเทศไทยมีถิ่นกำเนิดและกระจายพันธุ์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ ส่วนของใบ เปลือก ลำต้น และเนื้อไม้ของต้นทำมังมีกลิ่นคล้ายแมลงดานา ทำให้นิยมนำใบอ่อนผสมใส่ในอาหาร เพื่อให้มีกลิ่นคล้ายแมลงดานา เมื่อนำใบแก่มาย่างไฟ ตำผสมลงในน้ำพริกได้น้ำพริกกลิ่นแมลงดานา หรือนำมาทำน้ำปลาแมลงดานา น้ำจิ้มแมลงดานา เป็นต้น นอกจากนี้ส่วนของเปลือกมีสรรพคุณทางยาใช้ขับลม แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ จุกเสียดและบำรุงประสาท สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของ *Litsea* มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อจุลินทรีย์ดังการวิจัยของ Wang และคณะ (2011) นำกิ่งสดของ *Litsea semaois* มาสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) พบสารสำคัญคือ undec-10-en-2 one และ tridec-12-en-2-one ใบและกิ่งของ *Litsea akoensis* สกัดด้วยวิธีการต้มกลั่น (hydrodistillation) มีสารสำคัญ 40 ชนิด และยังมีประสิทธิภาพเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์และต้านอนุมูลอิสระ (Yoon และคณะ, 2011) สาโรจน์ (2537) สกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบของ *Litsea petiolata* Hook.f. โดยวิธีการกลั่นโดยใช้ไอน้ำ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tein-talay 25 Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

(steam distillation) สกัดด้วยตัวทำละลาย (เอทานอลและเฮกเซน) พบสารสำคัญ 2-butanone, 4-cyclohexyl-11-doden-2-one, 5-hepten-2-one, 6-methyl-2-tridecanone, 1-ethyl-2-methylcyclohexane, 7-octane-2-one, undecnone และ 2-nonanone ส่วน ณภัทร (2551) วิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยทำมังที่สกัดด้วยการใช้ตัวทำละลาย (เอทานอล ปิโตรเลียมอีเทอร์ และไดเอทิลอีเทอร์) การต้มกลั่น และกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction) พบสารหอมระเหย 11 ชนิด มีสารสำคัญ 5 ชนิด ได้แก่ undec-10-en-2-one, 2-undecanone, tridec-12-en-2-one, undecanal และ 2-tridecanone นำน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่สกัดด้วยการต้มกลั่นนำมาผสมในน้ำพริก พบว่าน้ำพริกที่มีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากใบทำมังมีรสชาติฝาดขม อาจเนื่องมาจากการมีปริมาณสารฟีนอลิคอยู่สูงซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค มีงานวิจัยลดสารฟีนอลิคที่ให้ความฝาด ดังเช่น การลดความฝาดในไวน์แดงโดยการใช้ เจลาติน เพคติน การใช้เอนไซม์ในกาแฟ การใช้เอทิลแอลกอฮอลล์และคาร์บอนไดออกไซด์ในลูกพลับ (Colonna และคณะ, 2004; Troszynska และคณะ, 2010; Hribal และคณะ, 2000; ณัติฐพล, 2551) แต่วิธีที่ลดความฝาดในผลลูกพลับที่ได้ผลดีและนิยมใช้ได้แก่การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถเปลี่ยน soluble tannins ให้เป็น insoluble tannins ทำให้รสชาติฝาดหายไป (Yamada และคณะ, 2002) แต่ยังไม่มีรายงานวิจัยที่ลดปริมาณสารฟีนิลิคในใบทำมัง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดความฝาดจากใบทำมังด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ผ่านกระบวนการลดความฝาดเปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยที่ไม่ผ่านกระบวนการลดความฝาดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

อุปกรณ์และวิธีการ

นำทำมัง *Listea petiolata* Hook.f. จากจังหวัดนราธิวาส ใช้ส่วนใบตั้งแต่ใบอ่อนจากปลายยอดลงมาประมาณ 60 เซนติเมตร ล้างน้ำให้สะอาดผึ่งลมให้แห้งสนิท ชั่งตัวอย่างใบทำมัง 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกขนาด 28x40 เซนติเมตร เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 นาที ปิดปากถุงให้สนิท บ่มเป็นระยะเวลานาน 4 วัน เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณสารระคายซ่าและปริมาณสารแทนนิน ทุกวันที่ 1 2 3 และ 4 วัน วิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิค วิธี Folin-ciocalteau phenol test ปริมาณสารระคายซ่าวิธี Schwimmer และ Weston (1961) ปริมาณสารแทนนิน วิธี Modified vanillin และทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสขม รสเผ็ด รสฝาด กลิ่นรสใบทำมัง และการยอมรับโดยรวม วิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) ให้คะแนนแบบ 7 point scoring test วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความน่าเชื่อถือ 95% ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

การลดความฝาดใบทำมังโดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เลือกสภาวะการบ่มใบทำมังด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวันที่สามารถลดปริมาณสารฟีนอลิค ปริมาณสารระคายซ่าและปริมาณสารแทนนินได้มากที่สุด นำใบทำมังมาสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการต้มกลั่นเปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ไม่ผ่านการบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ปริมาณร้อยละผลผลิตของน้ำมันหอมระเหย ค่าสีของน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่องวัดสี chromameter (Hunter L a b รุ่น mini scan EZ) ค่าการหักเหของแสง (refractive index; RI) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง hand held refractometer (ATAGO รุ่น R-5000, USA) วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิค ปริมาณสารระคายซ่าและปริมาณสารแทนนิน วิเคราะห์องค์ประกอบของสารหอมระเหยด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) (Agilent GC 7890A, MSD 5975C, USA) จากนั้นฉีดตัวอย่าง 1 ไมโครลิตร แบบ splitless อุณหภูมิ injector เท่ากับ 220 องศาเซลเซียส ชนิดคอลัมน์ DB-5MS แบบ capillary (length 30 m. x ID 0.25 mm. x film thickness 0.25 μm.) มีสภาวะดังนี้ อุณหภูมิคอลัมน์เริ่มต้น 50 องศาเซลเซียสคงไว้นาน 2 นาที เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 90 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 3 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่ง 220 องศาเซลเซียส คงไว้นาน 1 นาที ใช้ helium เป็นแก๊สตัวพา mass range ตั้งแต่ 40-450 m/z แปลผลเทียบกับ Wiley Library และ NIST มีคุณลักษณะใกล้เคียงกันมากกว่าร้อยละ 80 และเทียบกับสารมาตรฐานอัลเคน (C_8-C_{20} alkane)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าการลดความฝาดด้วยการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 บ่มเป็นระยะเวลา 4 วัน สามารถลดปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และสารแทนนินได้ดีที่สุด มีปริมาณเท่ากับ 0.49, 0.25 และ 0.13 mg/100g ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) สำหรับผลการทดสอบประสาทสัมผัสด้านรสขม รสเผ็ด รสฝาด กลิ่นรสใบทำมัง และการยอมรับโดยรวมสอดคล้องกับปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า และแทนนิน (Table 1 และ Figure 1) และเมื่อนำใบทำมังที่บ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 เวลา 4 วัน มาสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีต้มกลั่นเปรียบเทียบกับใบทำมังที่ไม่ผ่านการลด

ความฝาด โดยน้ำมันหอมระเหยจากใบทำมังที่บ่มและไม่บ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีค่าปริมาณร้อยละผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 12.20 และ 11.64 ตามลำดับ มีค่า refractive index เท่ากับ 1.362 และ 1.364 ตามลำดับ แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบทำมังทั้ง 2 ชนิด มีค่าความบริสุทธิ์ ซึ่งน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่บ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่า สารแทนนินและค่าสี L* a* และ b* น้อยกว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบทำมังที่ไม่บ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($p \leq 0.05$) (Table 2) เช่นเดียวกับปริมาณของคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ลดลงในลูกพลับที่บ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Salvador และคณะ, 2007) (Table 2 และ 3) เมื่อนำมาวิเคราะห์สารหอมระเหย พบว่าที่การบ่มใบทำมังด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 เป็นเวลา 4 วัน พบว่าชนิดของสารหอมระเหยลดลง เหลือเพียง 5 ชนิด จาก 9 ชนิด ได้แก่ alpha-phellandrene, 2-nonanone, 2-undecanone, alpha- cubebene, alpha-caryophyllene แต่มีค่า % relative peak area ของสารเพิ่มขึ้น มีค่าเท่ากับ 0.085, 4.166, 95.164, 0.213 และ 0.073 ตามลำดับ โดยการลดลงของชนิดสารหอมระเหย อาจเกิดมาจากสารหอมระเหยบางชนิดเป็นสารในกลุ่มสารฟีนอลิค ดังนั้นการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงมีผลต่อการลดลงของปริมาณสารหอมระเหย เนื่องมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กระตุ้นการสังเคราะห์สารฟีนอลิค (Siriphanich และคณะ, 1985) และลักษณะกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ได้เป็นแบบ fresh green และ woody ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของใบทำมังที่ให้กลิ่นคล้ายแมลงดานา (Table 4) (สาโรจน์ และคณะ, 2537)

สรุปผล

การลดความฝาดในใบทำมังด้วยการบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 เป็นระยะเวลา 4 วัน สามารถลดปริมาณสารฟีนอลิค สารระคายซ่าและสารแทนนินได้มากที่สุด และให้ค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านรสขม รสเผ็ด รสฝาด กลิ่นรสใบทำมัง และการยอมรับโดยรวมดีที่สุด เมื่อนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการต้มกลั่นให้ปริมาณสารหอมระเหยหลักเพิ่มขึ้นได้แก่ กลิ่น fresh green และ woody ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของใบทำมังที่ให้กลิ่นคล้ายแมลงดานาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยที่ได้มีค่าความบริสุทธิ์สูง และมีลักษณะสีเหลืองใส

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

ณัติฐพล ไข่แสงศรี, 2551, การปรับปรุงคุณภาพของพลับโดยการใช้เอทธิฟอนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณภัทร พิมพ์ผะกา, 2551, การศึกษาวิธีการสกัดสารปรุงแต่งกลิ่นรสแมลงดานาจากต้นทำมัง (*Litsea petiolata*), วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 101 หน้า

ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545, การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation), ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 435 หน้า

สาโรจน์ ปัญญามงคล, 2537, การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบและกิ่งต้นทำมัง *Litsea petiolata* Hook.f เพื่อเป็นสารแต่งกลิ่นรสอาหาร, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาคเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Colonna, A.E., Adams, D.O. and Noble, A.C., 2004, Comparison of Procedures for Reducing Astringency Carry-over Effects in Evaluation of Red Wines, Australian Journal Grape and Wine Research, 10: 26–31.

Troszynska, A., Narolewska, O., Robredo, S., Estrella, I., Hernández, T., Lamparski, G., and Amarowicz, R., 2010, The Effect of Polysaccharides on the Astringency Induced by Phenolic Compounds, Journal Food Quality and Preference, 21: 463–469.

Salvador, A. 2007. Physiological and Structural Changes During Ripening and Deastringency Treatment of Persimmon Fruit cv. Rojo brillante, Postharvest Biology and Technology, 46: 181-188.

Siriphanich, J. and Kader, A., 1985, Effects of CO_2 on Total Phenolics, Phenylalanine Ammonia Lyase, and Polyphenol Oxidase in Lettuce Tissue, Journal of American Society for Horticultural Science, 110: 249-253.

Wang, Y.S., Huang, R., and Yang, J.H., 2011, Chemical Constituents of *Litsea semaois*, Chemistry of Natural Compounds, 47: 122-123.

Yamada, M., Taira, S., Ohtsuki, M., Sato, A., Iwanami, H., Yakushiji, H., Wang, R., Yang, Y. and Li, G., 2002, Varietal Differences in the Ease of Astringency Removal by Carbondioxide Gas and Ethanol Vapor Treatment Among Oriental Astrigent Persimmons of Japanese and Chinese Origin, Science Horticulturae, 94: 63-72.

Yoon, W.J., Kang, S.C., Ham, Y.M., Kim, K.N., Yang, W.H., Kim, H.J., Park, S.Y. and Jung, Y.H., 2010, Antioxidative and Anti-Inflammatory Activities of *Litsea japonica* leaves, Journal of Applied Biological Chemistry (Korean Society for Applied Biological Chemistry), 53: 27-32.

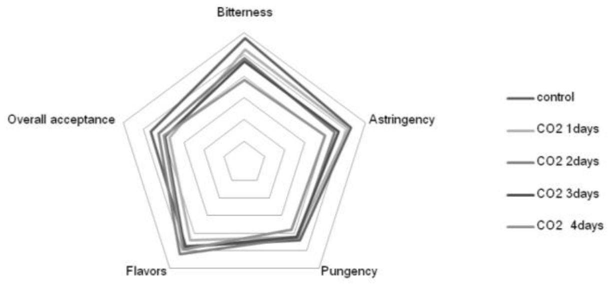


Figure 1 Deastrigency sensory evaluation of *Litsea petiolata* Hook.f.

Table 1 Effect of reduce astringency on phenolic pyruvic acid and tannin content (mg/100g DW) of *Listea petiolata* Hook.f.

Treatments	Astringency substance (mg/100g)		
	Phenolic	pyruvic acid	tannin
Control	6.37[a]	1.48[a]	0.36[a]
CO_2 1 day	3.01[b]	0.94[b]	0.29[b]
CO_2 2 days	1.47[c]	0.57[c]	0.19[c]
CO_2 3 days	0.95[d]	0.50[d]	0.17[d]
CO_2 4 days	0.49[cd]	0.25[cd]	0.13[d]
F-test	*	*	*
c.v.(%)	1.63	0.58	0.21
LSD	1.14	0.46	0.14

* mean the letters in the same column are significant difference ($p \leq 0.05$)

ns mean the letters in the same column are not significant difference ($p \geq 0.05$)

a, b, c,… mean in the same column with different letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

Table 2 Physical properties of essential oil from *Litsea petiolata* Hook.f extracted by hydrodistillation

Samples	% Yield	Refractive index	Color		
			L*	a*	b*
Litsea petiolata	12.20	1.362	67.96[a]	-1.77[a]	7.41[a]
Deastringency *Litsea petiolata*	11.64	1.364	69.71[b]	-0.98[b]	3.51[b]
F-test	ns	ns	*	*	*
c.v.(%)	0.83	0.67	0.85	1.31	1.62
LSD	0.24	0.36	0.30	1.11	1.18

* mean the letters in the same column are significant difference ($p \leq 0.05$)

ns mean the letters in the same column are not significant difference ($p \geq 0.05$)

a, b, c,… mean in the same column with different letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

Table 3 Effect of reduce astringency on phenolic pyruvic acid and tannin content (mg/100g DW) in essential oil of *Listea petiolata* Hook.f

Treatments	Astringency substance (mg/100g)		
	Phenolic	pyruvic acid	tannin
Litsea petiolata	13.45[a]	5.63[a]	14.11[a]
Deastringency *Litsea petiolata*	12.19[b]	4.71[b]	11.05[b]
F-test	*	*	*
c.v.(%)	1.18	1.31	1.83
LSD	0.76	0.80	1.23

* mean the letters in the same column are significant difference ($p \leq 0.05$)

ns mean the letters in the same column are not significant difference ($p \geq 0.05$)

a, b, c,… mean in the same column with different letters are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT.

Table 4 Volatile compounds of essential oil from *Litsea petiolata* extracted by hydrodistillation

Compounds	RI*	% Relative peak area		Odor description**
		Litsea petiolata	Deastringency *Litsea petiolata*	
alpha-phellandrene	1010	3.07	0.085	spice
undecane	1091	0.64	-	green
2-nonanone	1093	0.34	4.166	green
2-nonanol	1102	1.35	-	cucumber
2-undecanone	1300	58.39	95.164	fresh green
alpha-cubebene	1353	3.25	0.213	herb
beta-elemene	1393	0.21	-	woody
caryophyllene	1430	28.78	-	spice
alpha-caryophyllene	1454	3.97	0.073	sweet

*Retention time calculated, **http://flavournet.org

สภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร ตำบลจำปา อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Status of Rice Production of Farmers in Champa Sub-district, Tharuea District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

สุพัตรา ศรีสุวรรณ[1] **และ สุทัตตา ชุมพร**[1]
Srisuwan, S.[1] and Chumporn, S.[1]

Abstract

The objectives of this research were: 1) to study individual factor, economic and social factor: 2) to study on status of rice production of the farmers. The population of this research were 136 farmers. The data were collected by using interview schedule. The statistical analysis used for interpretation were: frequency distribution, percentage, mean and standard deviation. The results showed that most of the farmers were male. The average age of 52 years old, graduated at primary school level, average experience in farming 30 years. The average family size was 4 persons. Family labor was 2 person. Most farmers were member of water irrigation users commodity. The average rice cultivation area 36.85 rais. Most of them rented on rice cultivation area. Average yield 730.48 kg/rai with an average income generated from rice cultivation was at 6,378.51 bath/rai. The average costs of rice production was 4,495.53 bath/rai. Rice production of the farmers burned rice straw after harvested. Not applied soil fertility improvement before land preparation. Majority rice cultivar was Suphanburi 1. The farmers were broadcasting by machinery. Average seed rate of 27.55 kg/rai. Herbicides application sprayed before weed seed germination and after weed seed germination. There was not to get rid of weeds, leaving the rice paddy field weed maturity. Problems were outbreak of weedy rice and water management practice for rice.

Keywords: rice production, farmers, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคม 2) สภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร ประชากรจำนวน 136 ราย ใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลของการวิจัย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 52ปี การศึกษาระดับประถมศึกษาตอนต้น มีประสบการณ์ในการทำนาเฉลี่ย 30 ปี จำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4 คน แรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2 คน ใช้น้ำชลประทานมากที่สุด มีพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 36.85 ไร่ ลักษณะการถือครองที่ดินเป็นพื้นที่เช่ามากที่สุด ผลผลิตข้าวโดยเฉลี่ย 730.48 กก./ไร่ มีรายได้จากการปลูกข้าวเฉลี่ย 6,378.51 บาท/ไร่ มีรายจ่ายในการปลูกข้าวเฉลี่ย 4,495.53 บาท/ไร่ เกษตรกรเผาตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยว ไม่มีการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและปรับโครงสร้างดินก่อนการปลูกข้าว ส่วนใหญ่ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1โดยวิธีหว่านน้ำตมและ ใช้อัตราเมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 27.55 กก./ไร่ ไม่มีวิธีการกำจัดข้าววัชพืช ปล่อยให้ข้าววัชพืชสุกแก่ในแปลง ปัญหาที่พบ คือ เกษตรกรพบปัญหาการระบาดของข้าววัชพืช และปัญหาด้านการจัดการน้ำ

คำสำคัญ: การปลูกข้าว เกษตรกร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

คำนำ

จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นแหล่งผลิตข้าวใหญ่อีกแห่งหนึ่งของภาคกลาง มีพื้นที่ปลูกข้าวรวม 682,459 ไร่ (ฤดูเพาะปลูก 2550/2551) สามารถให้ผลผลิตรวม 263,260 ตัน และผลผลิตเฉลี่ย 752 กิโลกรัมต่อไร่ (ศูนย์วิจัยข้าวพระนครศรีอยุธยา, 2554) ตำบลจำปา อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีพื้นที่ประมาณ 5,625 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในการทำนามากถึงร้อยละ 70 ของพื้นที่ทั้งหมดของตำบล สามารถทำนาได้ตลอดทั้งปี การใช้อัตราเมล็ดพันธุ์และ

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agricultural, Kasetsart University, Thailand. 10900

ปุ๋ยเคมีค่อนข้างสูง เน้นให้ได้ผลผลิตสูง (สำนักงานเกษตรอำเภอท่าเรือ, 2552) ผู้วิจัยจึงเห็นสมควรที่จะทำการศึกษาสภาพการปลูกข้าวในเขตพื้นที่ตำบลจำปา อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อที่จะได้รับทราบ ข้อมูลพื้นฐาน สภาพการปลูกข้าว และปัญหาของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ผลของการศึกษาจะได้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและส่งเสริมการปลูกข้าวให้ตรงตามสภาพการปลูกข้าวของเกษตรกรมากที่สุด และใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพในการปลูกข้าวและเป็นประโยชน์ต่อสำนักงานเกษตรอำเภอท่าเรือและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นำไปใช้เป็นแนวทางการวางแผนส่งเสริมการปลูกข้าวให้กับเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ใช้แบบสัมภาษณ์ (Interviewing Schedule) ประกอบด้วย คำถามแบบปลายปิด (Closed Question) และคำถามแบบปลายเปิด (Open-ended Question) โดยแบ่งเป็น 5 ตอน คือ ตอนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคลของเกษตรกร ตอนที่ 2 ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร ตอนที่ 3 การเปิดรับข้อมูลข่าวสารของเกษตรกร ตอนที่ 4 สภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร ตอนที่ 5 ปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกร ทำการเก็บข้อมูลโดยไปสัมภาษณ์เกษตรกรในเดือนมกราคม ถึงเดือนมีนาคม 2555 จำนวน 136 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ประกอบด้วยค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 50.74) มีอายุโดยเฉลี่ย 52.21 ปี จบการศึกษาในระดับประถมศึกษาตอนต้น (ป.4) (ร้อยละ 65.44)มีประสบการณ์ในการทำนาเฉลี่ย 20 ปี ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคม พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่ม สถาบันเกษตรกร (ร้อยละ 95.59) มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนโดยเฉลี่ย 4 คน มีแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2 คน มีพื้นที่ปลูกข้าวเฉลี่ย 36.85 ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่ถือครองที่ดินโดยการเช่าพื้นที่มากที่สุด (ร้อยละ 73.53) ได้ผลผลิตข้าวโดยเฉลี่ย 730.48 กก./ไร่ มีรายได้จากการปลูกข้าวต่อไร่เฉลี่ย 6,378.51 บาท/ไร่ การเปิดรับข้อมูลข่าวสาร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีการเปิดรับข้อมูลข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อบุคคล ได้แก่ เจ้าหน้าที่ของรัฐหรือเกษตรตำบล (ร้อยละ 43.38)จากสื่อมวลชน ได้แก่ โทรทัศน์มากที่สุด (ร้อยละ 48.53) เปิดรับข่าวสารจากสื่อกิจกรรม ได้แก่ การศึกษาดูงาน (ร้อยละ 31.62) สภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (ร้อยละ 70.59) เกษตรกรเผาตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยว(ร้อยละ 63.24) เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและปรับโครงสร้างดินก่อนการปลูกข้าว (ร้อยละ 88.24)ปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมและใช้เครื่องพ่นเมล็ดเป็นเครื่องทุ่นแรงในการหว่าน (ร้อยละ 70.59)ใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 27.55 กก./ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่เคยเก็บตัวอย่างดินไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน (ร้อยละ 60.29) ใส่ปุ๋ยตามความรู้ความต้องการและประสบการณ์ในการทำนาของตนเอง (ร้อยละ 84.55) เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี (ร้อยละ 83.82) เกษตรกรส่วนใหญ่พบปัญหาการระบาดของข้าววัชพืช (ร้อยละ 83.09) เกษตรกรที่พบปัญหาการระบาดของข้าววัชพืชในนาข้าว ไม่มีวิธีการกำจัดข้าววัชพืชโดยปล่อยให้ข้าววัชพืชสุกแก่ในแปลง(ร้อยละ 73.45) มีการแก้ไขปัญหาข้าววัชพืชโดยการควบคุมด้วยสารเคมีลูบใบและรวงข้าว (ร้อยละ 29.20) การถอนและตัดทิ้ง (ร้อยละ 29.20)และใช้วิธีล่อให้งอกแล้วไถกลบก่อนปลูกข้าว (ร้อยละ 27.43) การควบคุมวัชพืชในนาข้าว พบว่า เกษตรกรใช้สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชฉีดพ่นหลังหว่านข้าว พบการระบาดของโรคข้าว ได้แก่ โรคกาบใบแห้ง โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง และโรคเมล็ดด่าง แมลงศัตรูข้าวที่พบการระบาด ได้แก่ หนอนห่อใบข้าว นกพิราบ หนู และหอยเชอรี่ เกษตรกรนำผลผลิตข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยวจำหน่ายผลผลิตข้าวเปลือกทันทีหลังเก็บเกี่ยวโดยไม่มีการลดความชื้นก่อนจำหน่าย โดยนำข้าวเปลือกที่ได้จากการเก็บเกี่ยวไปจำหน่ายที่โรงสีข้าว ช.บุญชู ตำบลบ้านร่อม รองลงมา ได้แก่ จำหน่ายที่สหกรณ์การเกษตรบ้านร่อม และจำหน่ายที่โรงสีข้าว จ.อ่างทอง เกษตรกรตากลดความชื้นผลผลิตข้าวเพื่อเก็บไว้ทำพันธุ์ (ร้อยละ 27.21) และตากลดความชื้นผลผลิตข้าวเพื่อเก็บไว้บริโภค (ร้อยละ 13.97) จากการศึกษาสภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ค่อนข้างต้านทานโรค และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพธรรมชาติ ทนต่ออากาศหนาวเย็นในภาคกลางและภาคเหนือตอนล่าง ต้านทานโรคไหม้ โรคใบหงิก โรคขอบใบแห้ง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเพลี้ยกระโดดหลังขาว ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 120 – 125 วัน (กรมการข้าว, 2553) เกษตรกรส่วนใหญ่มีการจัดการตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยวโดยการเผาตอซังและฟางข้าว อาจเป็นเพราะเป็นวิธีการที่สะดวกและ

รวดเร็วในการเตรียมแปลง ไม่ต้องใช้เวลานาน เกษตรกรไม่สามารถหมักตอซังและฟางข้าวได้ อาจเป็นเพราะการใช้น้ำชลประทานที่ปล่อยน้ำให้เกษตรกรทำนาตามช่วงเวลาที่กำหนด ทำให้ไม่สามารถหมักตอซังและฟางข้าวตามคำแนะนำของทางราชการได้ เพราะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 2-3 สัปดาห์ในการย่อยสลายฟาง ไม่สามารถทำนาต่อเนื่องได้ทันที แต่เกษตรกรที่มีน้ำขังอยู่ในแปลงนาหลังการเก็บเกี่ยวจะปล่อยให้ตอซังและฟางข้าวย่อยสลายไปเอง การใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 27.55 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าอัตราที่ทางราชการแนะนำ (15 – 20 กก./ไร่) ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตสูง อาจเป็นเพราะเกษตรกรต้องการลดความเสี่ยงในการสูญเสียจำนวนต้นต่อพื้นที่ จากปัญหาถูกรบกวนจากนก หนู หอยเชอรี่ หรือการระบายน้ำไม่สมบูรณ์ ตลอดจนเพิ่มการแข่งขันกับวัชพืช และเกษตรกรมีความเข้าใจว่าการหว่านข้าวในอัตราที่สูงจะทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและปรับโครงสร้างดินก่อนการปลูกข้าว อาจเป็นเพราะแหล่งตรวจวิเคราะห์ดินอยู่ห่างไกล ขาดความรู้ความเข้าใจในวิธีการเก็บตัวอย่างดินไปตรวจวิเคราะห์ และไม่เข้าใจถึงความสำคัญของการตรวจวิเคราะห์ดิน ส่วนเกษตรกรที่นำดินไปตรวจวิเคราะห์ก็ไม่ทราบวิธีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินตามผลการตรวจวิเคราะห์ดินที่ทางหน่วยงานส่งมาให้ ปัญหาการระบาดของข้าววัชพืชอาจเนื่องมาจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีการจัดการข้าววัชพืชแบบผสมผสาน เกษตรกรทำนาต่อเนื่องทำให้ไม่มีเวลาพักดินเพื่อให้เมล็ดข้าววัชพืชพ้นระยะพักตัว แล้วทำการล่อให้งอกแล้วไถกลบ เกษตรกรยังไม่รู้จักการใช้สารเคมีหมักขณะทำเทือกเพื่อกำจัดข้าววัชพืช มีแนวโน้มว่าการระบาดของข้าววัชพืชจะเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการใช้เมล็ดพันธุ์ไม่บริสุทธิ์ รวมทั้งมีเมล็ดข้าววัชพืชติดไปกับเครื่องจักรกลการเกษตรไปตกค้างอยู่ในนา ซึ่งสำนักส่งเสริมการผลิตข้าว กรมการข้าว (2550) กล่าวว่า การปลูกพืชและดูแลให้แข็งแรงสมบูรณ์ ซึ่งได้แก่ การใช้เมล็ดพันธุ์ดีต้านทานโรคและแมลง ปราศจากเมล็ดวัชพืชปะปน การเตรียมดินและกำจัดวัชพืชอย่างถูกต้อง ใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับชนิดดินและพันธุ์ข้าว และรักษาน้ำในนาให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม จะสามารถป้องกันกำจัดศัตรูข้าวของเกษตรกร นอกจากการใช้สารเคมีเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กนกทิพย์ (2554) พบว่า เกษตรกรมีความต้องการเทคโนโลยีในการผลิตข้าวในระดับมาก ด้านเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีความต้านทานโรคและแมลง ด้านการป้องกันกำจัดโรคและการป้องกันแมลงศัตรูพืช เกษตรไม่มีการลดความชื้นของข้าวก่อนจำหน่าย เป็นเพราะเกษตรกรไม่มีลานตากข้าวเพื่อลดความชื้นผลผลิต ไม่มียุ้งฉางในการจัดเก็บผลผลิต และเกษตรกรมีความจำเป็นต้องใช้เงินมาชำระหนี้สินหรือใช้จ่ายในครัวเรือนจึงต้องจำหน่ายทันทีหลังเก็บเกี่ยว มีเกษตรกรเพียงส่วนน้อยที่เก็บผลผลิตบางส่วนไว้ทำพันธุ์และบางส่วนเก็บไว้บริโภค เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวมาเพาะปลูกทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น และซื้อข้าวสารสำหรับบริโภคในครัวเรือน ส่งผลให้รายจ่ายในครัวเรือนเพิ่มขึ้นเช่นกัน แหล่งจำหน่ายผลผลิตข้าวของเกษตรกรส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตอำเภอท่าเรือ เนื่องจากอยู่ใกล้แหล่งปลูกข้าวทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งข้าวไปจำหน่าย ต่ำกว่าการนำไปจำหน่ายนอกเขตพื้นที่อำเภอท่าเรือ ซึ่งได้ราคาจำหน่ายไม่แตกต่างกันมา

สรุปผล

สภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร ตำบลจำปา อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคม การเปิดรับข้อมูลข่าวสารของเกษตรกร สภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร ปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปลูกข้าวของเกษตรกร ประชากรที่ทำการศึกษาคือ เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ปี 2553/54 รอบที่ 2 ตำบลจำปา อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 136 ราย เครื่องมือที่ใช้วิจัยเป็นแบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ประกอบด้วยค่าความถี่ (Frequency) ค่าสถิติร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) สภาพการปลูกข้าวของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เกษตรกรมีการจัดการตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยวโดยการเผาตอซังและฟางข้าว ไม่มีการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและปรับโครงสร้างดินก่อนการปลูกข้าว ปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมและใช้เครื่องพ่นเมล็ดเป็นเครื่องทุ่นแรงในการหว่าน เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่เคยเก็บตัวอย่างดินไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน ใส่ปุ๋ยตามความรู้ความต้องการและประสบการณ์ในการทำนาของตนเอง เกษตรกรส่วนใหญ่พบปัญหาการระบาดของข้าววัชพืช ปัญหาการระบาดของข้าววัชพืชในนาข้าว ไม่มีวิธีการกำจัดข้าววัชพืชโดยปล่อยให้ข้าววัชพืชสุกแก่ในแปลง เกษตรกรที่พบการระบาดของโรคข้าว ได้แก่ โรคกาบใบแห้ง โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง และโรคเมล็ดด่าง เกษตรกรส่วนใหญ่พบการระบาดของแมลงศัตรูข้าวในแปลง แมลงศัตรูข้าวที่พบการระบาด ได้แก่ หนอนห่อใบข้าว พบการระบาดของนกพิราบ หนู และหอยเชอรี่ หลังเก็บเกี่ยวไม่มีการลดความชื้นก่อนจำหน่าย

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว, 2550, เอกสารคำแนะนำที่ 1 การปลูกข้าวให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี, กรุงเทพฯ, กรมการข้าว.

กรมการข้าว, 2553, องค์ความรู้ข้าว [สืบค้น], http://www.ricethailand.go.th/rkb/index.html [1/ August /11].

กนกทิพย์ กันธาม, 2554, ความต้องการเทคโนโลยีการผลิตข้าวนาปรังของเกษตรตำบลนาคู อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์วิจัยข้าวพระนครศรีอยุธยา, 2554, การจัดเขตศักยภาพการผลิตข้าวจังหวัดพระนครศรีอยุธยา, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานเกษตรอำเภอท่าเรือ, 2552, แผนพัฒนาการเกษตรประจำตำบลจำปา ปี 2553-2555.

สำนักส่งเสริมการผลิตข้าว กรมการข้าว, 2550, การผลิตข้าวขาวคุณภาพดี โครงการพัฒนาการผลิตข้าวขาว เพื่อการส่งออก ปี 2550, กรุงเทพฯ, กรมการข้าว.

การคัดเลือกพันธุ์ทนแล้งในข้าว 15 พันธุ์

Selection for Drought Tolerance in Fifteen Rice Varieties

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] **และ กิตติภูมิ งามสมทบ**[1]
Sawatdikarn, S.[1] and Kansomtob, K.[1]

Abstract

The objective of this study was to evaluated of selection for drought tolerance in fifteen rice varieties namely; Pin Kaew, Poung, Ded, Hom Thung, Dang, Hang, Pathumthani 80, Suphunburi 1, Suphunburi 2 Suphunburi 3, Hom Suphunburi, Ayutthaya 1, Chainat 1, Pathumthani 1 and Khaw Malet Lek to water stress condition. The rice varieties were planted in plastic pot (32 cm. of diameter) and watered divided into two treatment; normal condition (control treatment) and water stress for 3 days. Stem height at 11 12 and 13 weeks after planting, seed fresh weight, seed dry weight, stem fresh weight and stem dry weight were measured. The results showed that the each rice varieties showed the adaptability to water stress condition at different levels of drought tolerance index (DI). The Hom Thung and Chainat 1 rice varieties had the drought tolerance index of growth characteristics in term of stem height in water stress which higher than mean of drought tolerance index. For yield components characteristics in term of seed fresh weight, seed dry weight, stem fresh weight and stem dry weight, Only Suphunburi 3 rice variety showed the drought tolerance index in water stress higher than mean of drought tolerance index.

Keywords: drought tolerant, drought tolerance index (DI), rice, selection

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวทนแล้งในข้าว 15 พันธุ์ โดยทำการปลูกข้าว 15 พันธุ์ คือ ปิ่นแก้ว พวง ดีด หอมทุ่ง แดง หาง ปทุมธานี 80 สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 หอมสุพรรณบุรี อยุธยา 1 ชัยนาท 1 ปทุมธานี 1 และขาวเมล็ดเล็ก ในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 ซม. แล้วแบ่งกลุ่มให้น้ำเป็น 2 พวก คือ ข้าวที่ให้น้ำปกติ (สภาพควบคุม) และข้าวที่ขาดน้ำนาน 3 วัน วัดการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว 5 ลักษณะ คือ ความสูงต้นที่อายุ 11 12 และ 13 สัปดาห์หลังปลูก น้ำหนักสดของเมล็ด น้ำหนักแห้งของเมล็ด น้ำหนักสดของต้น และน้ำหนักแห้งของต้น แล้วคำนวณเป็นดัชนีทนแล้ง (Drought Tolerance Index) ของข้าวทั้ง 15 พันธุ์ พบว่า ข้าวแต่ละพันธุ์มีดัชนีทนแล้งของลักษณะการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตต่างกัน โดยข้าว 2 พันธุ์ คือ พันธุ์หอมทุ่งและชัยนาท 1 มีดัชนีทนแล้งของลักษณะความสูงกอมากกว่าดัชนีทนแล้งเฉลี่ยในทุกอายุการเจริญเติบโต ส่วนข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 3 มีดัชนีทนแล้งของลักษณะน้ำหนักสดของเมล็ด น้ำหนักแห้งของเมล็ด น้ำหนักสดของต้น และน้ำหนักแห้งของต้นมากกว่าดัชนีทนแล้งเฉลี่ย

คำสำคัญ: การทนแล้ง ดัชนีทนแล้ง ข้าว การคัดเลือกพันธุ์

คำนำ

ปัญหาขาดน้ำในระหว่างการเจริญเติบโตเป็นปัญหาหลักของการปลูกพืชเศรษฐกิจหลายชนิด การมีข้อมูลเกี่ยวกับพันธุ์พืชที่มีคุณสมบัติในการทนทานต่อสภาพขาดน้ำมีประโยชน์ในการเลือกใช้พันธุ์พืชให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูก พืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อสภาพขาดน้ำได้ต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์พืชที่ใช้ปลูก Dhopate และคณะ (1992) พบว่า ถั่วลิสงพันธุ์ JL-24 สามารถทนทานต่อการขาดน้ำได้ดีกว่าพันธุ์ TAG-24 โดยถั่วลิสงพันธุ์ JL-24 มีผลผลิตลดลงเท่ากับ 32.1% เมื่อปลูกในสภาพขาดน้ำ ในขณะที่ถั่วลิสงพันธุ์ TAG-24 มีผลผลิตลดลง 46.7% เมื่อปลูกในสภาพขาดน้ำ Koti และคณะ (1994) พบว่า ถั่วลิสงพันธุ์ Dh-3-30 มีความสามารถในการทนทานต่อสภาพขาดน้ำได้ดีกว่าถั่วลิสงพันธุ์ TMV 2 โดยถั่วลิสงพันธุ์ Dh-3-30 มีอัตราการหายใจต่ำและมีความสามารถในการเจริญเติบโตในสภาพที่ขาดน้ำเป็นเวลา 7 วันได้ดีกว่า

---

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

ถั่วลิสงพันธุ์ TMV 2 นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าว (พีระยศ และ อนันต์, 2539; Wopereis และคณะ, 1996) และข้าวสาลี (Pireivatlou และคณะ, 2010) แต่ละพันธุ์เมื่อปลูกในสภาพขาดน้ำมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงกว่าการปลูกในสภาพที่ให้น้ำปกติ โดยพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาพขาดน้ำมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีกว่าพันธุ์ที่อ่อนแอต่อการขาดน้ำ พันธุ์พืชที่มีคุณสมบัติในการทนทานต่อสภาพขาดน้ำได้ดีสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้มากกว่าพันธุ์พืชที่อ่อนแอต่อสภาพขาดน้ำ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าว 15 พันธุ์ที่มีคุณสมบัติในการทนทานต่อสภาพแล้งได้ดีเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกปลูกข้าวให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูก

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดยทำการปลูกข้าวจำนวน 15 พันธุ์ คือ ปิ่นแก้ว พวง ดีด หอมทุ่ง แดง หาง ปทุมธานี 80 สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 หอมสุพรรณบุรี อยุธยา 1 ชัยนาท 1 ปทุมธานี 1 และขาวเมล็ดเล็ก โดยใช้พันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้ว แล้วแบ่งกลุ่มให้น้ำเป็น 2 พวก คือ ข้าวที่ให้น้ำปกติ (สภาพควบคุม) และข้าวที่ขาดน้ำ นาน 3 วันโดยให้น้ำครั้งแรกแล้วไม่ให้น้ำจนกว่าข้าวแสดงอาการเริ่มเหี่ยวแล้วให้น้ำอีกครั้งจนข้าวเข้าสู่สภาวะปกติ โดยทำการให้น้ำสลับกับขาดน้ำจนถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 4 ซ้ำ วัดการเจริญเติบโตของข้าว 5 ลักษณะ คือ ความสูงกอที่อายุ 11 12 และ 13 สัปดาห์ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเมล็ดที่ระยะเก็บเกี่ยว และน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว แล้วคำนวณเป็นดัชนีทนแล้ง (Drought Tolerance Index; DI) ของความสูงกอตามสูตรที่ได้จากการคำนวณดัชนีทนแล้งของ อาวุธ (2530) ดังนี้

$$\text{ดัชนีทนแล้ง (Drought Tolerance Index; DI)} = \frac{\text{ความสูงกอในสภาพแล้ง}}{\text{ความสูงกอในสภาพควบคุม}}$$

สำหรับดัชนีทนแล้งของลักษณะอื่น คือ น้ำหนักสดของเมล็ด น้ำหนักแห้งของเมล็ด น้ำหนักสดของลำต้น และน้ำหนักแห้งของลำต้นให้คำนวณโดยใช้วิธีเดียวกับความสูงกอ แล้วทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีทนแล้งของลักษณะต่าง ๆ ที่ได้กับค่าเฉลี่ยของพันธุ์เปรียบเทียบ คือ พันธุ์ปทุมธานี 1 สำหรับค่าดัชนีทนแล้งของข้าวแต่ละพันธุ์ที่คำนวณได้ให้พิจารณาดังนี้ 1) มีค่าดัชนีทนแล้งมากกว่า 1.0 หรือมีค่าไม่ต่างจาก 1.0 จัดเป็นพันธุ์ที่มีคุณสมบัติในการทนแล้งได้ดี และ 2) มีค่าดัชนีทนแล้งต่ำกว่า 1.0 จัดเป็นพันธุ์ที่มีคุณสมบัติไม่ทนแล้ง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การใช้ดัชนีทนแล้งของลักษณะความสูงกอของข้าว 15 พันธุ์ที่วัดเมื่อข้าวมีอายุการเจริญเติบโตต่างกัน 3 ระยะ คือ 11 12 และ 13 สัปดาห์ พบว่า ดัชนีทนแล้งของความสูงกอของข้าวแต่ละอายุต่างกัน เมื่อพิจารณาดัชนีทนแล้งของความสูงกอที่อายุ 11 สัปดาห์ พบว่า ดัชนีทนแล้งของข้าว 15 พันธุ์มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.81 มีข้าว 8 พันธุ์ที่มีดัชนีทนแล้งสูงกว่าค่าเฉลี่ย คือ พันธุ์พวง หอมทุ่ง ข้าวแดง ข้าวหาง สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 3 ชัยนาท 1 และปทุมธานี 1 ที่มีดัชนีทนแล้งตั้งแต่ 0.89 ไปจนถึง 1.13 (Table 1) สำหรับข้าวดีดมีดัชนีทนแล้งเท่ากับ 0.81 ซึ่งมีค่าเท่ากับดัชนีทนแล้งเฉลี่ย ข้าวพันธุ์หอมทุ่งมีดัชนีทนแล้งของสูงสุด เท่ากับ 1.18 รองลงมา คือ ข้าวแดงและพันธุ์พวง ที่มีดัชนีทนแล้ง เท่ากับ 1.13 และ 1.06 ตามลำดับ สำหรับข้าวที่มีดัชนีทนแล้งมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 มีจำนวน 4 พันธุ์ คือ พันธุ์พวง หอมทุ่ง ข้าวแดง และชัยนาท 1 ที่มีดัชนีทนแล้ง ตั้งแต่ 0.97 ไปจนถึง 1.18 สำหรับการวัดดัชนีทนแล้งของลักษณะความสูงกอของข้าวที่นำมาทดสอบที่อายุ 12 สัปดาห์ พบว่า ข้าวแต่ละพันธุ์มีดัชนีทนแล้งต่างกัน ข้าวที่นำมาทดสอบมีดัชนีทนแล้งเฉลี่ยของความสูงกอที่อายุ 12 สัปดาห์ เท่ากับ 0.79 มีข้าวจำนวน 9 พันธุ์ที่มีดัชนีทนแล้งสูงกว่าค่าเฉลี่ย คือ พันธุ์พวง ข้าวดีด หอมทุ่ง ข้าวแดง ข้าวหาง สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 3 ชัยนาท 1 และปทุมธานี 1 ที่มีดัชนีทนแล้งอยู่ระหว่าง 0.80-1.16 (Table 1) ข้าวพันธุ์หอมทุ่งมีดัชนีทนแล้งสูงสุด เท่ากับ 1.16 รองลงมา คือ ข้าวแดงและพันธุ์พวง ที่มีดัชนีทนแล้ง เท่ากับ 1.11 และ 1.02 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบข้าวทุกพันธุ์ที่นำมาทดสอบกับพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่า พันธุ์ปทุมธานี 1 มีดัชนีทนแล้ง เท่ากับ 0.70 มีข้าวจำนวน 10 พันธุ์ที่มีดัชนีทนแล้งมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 ในขณะที่ข้าว จำนวน 4 พันธุ์ คือ พันธุ์ปิ่นแก้ว อยุธยา 1 หอมสุพรรณบุรี และขาวเมล็ดเล็ก ที่มีดัชนีทนแล้งอยู่ระหว่าง 0.30-0.65 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 จะเห็นได้ว่าการใช้ดัชนีทนแล้งสามารถแยกพันธุ์ข้าวที่มีการทนแล้งต่างกันออกจากกันได้ซึ่งให้ผลในทำนอง

เดียวกันกับการใช้ดัชนีทนแล้งในการคัดเลือกพันธุ์พืชเพื่อปลูกในสภาพแห้งแล้ง เช่น ถั่วเหลือง (อาวุธ, 2530) และข้าวสาลี (Thomson และคณะ, 1992)

ดัชนีทนแล้งของความสูงกอที่อายุ 11 12 และ 13 สัปดาห์สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ทนแล้งได้ สำหรับข้อมูลพันธุ์ข้าวที่มีดัชนีทนแล้งสูงกว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งมีรายละเอียด (Table 1) ดังนี้ 1) การใช้ดัชนีทนแล้งของความสูงกอที่อายุ 11 สัปดาห์ พบว่า ข้าว 4 พันธุ์ คือ พันธุ์พวง หอมทุ่ง ข้าวแดง และชัยนาท 1 มีดัชนีทนแล้งสูงกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 2) การใช้ดัชนีทนแล้งของความสูงกอที่อายุ 12 สัปดาห์ พบว่า ข้าวจำนวน 3 พันธุ์ คือ พันธุ์พวง หอมทุ่ง และข้าวแดง มีดัชนีทนแล้งสูงกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 และ 3) การใช้ดัชนีทนแล้งของความสูงกอที่อายุ 13 สัปดาห์ พบว่า ข้าวจำนวน 10 พันธุ์ คือ พันธุ์หอมทุ่ง ข้าวแดง ข้าวหาง สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 ชัยนาท 1 พวง ข้าวดีด และปทุมธานี 80 มีดัชนีทนแล้งสูงกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1

เมื่อใช้ดัชนีทนแล้งเฉลี่ยของลักษณะองค์ประกอบผลผลผลิต 4 ลักษณะ คือ น้ำหนักสดเมล็ด น้ำหนักแห้งเมล็ด น้ำหนักสดลำต้น และน้ำหนักแห้งลำต้นที่มีดัชนีทนแล้งเฉลี่ย เท่ากับ 1.01 1.00 0.57 และ 0.58 ตามลำดับ เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีคุณสมบัติในการทนแล้ง พบว่า ข้าวจำนวน 2 พันธุ์ คือ สุพรรณบุรี 3 และขาวเมล็ดเล็ก มีดัชนีทนแล้งสูงกว่าดัชนีทนแล้งเฉลี่ยขององค์ประกอบผลผลิตทั้ง 4 ลักษณะ (Table 1) และพบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์นี้มีดัชนีทนแล้งสูงกว่าดัชนีทนแล้งของพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใช้เปรียบเทียบของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตทั้ง 4 ลักษณะด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อแยกพิจารณาดัชนีทนแล้งของลักษณะน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเมล็ดที่มีดัชนีทนแล้งเฉลี่ย เท่ากับ 1.01 และ 1.00 ตามลำดับ เป็นเกณฑ์ในคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ทนแล้ง พบว่า มีข้าวจำนวน 5 พันธุ์ คือ พันธุ์หอมทุ่ง ปทุมธานี 80 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 และขาวเมล็ดเล็ก มีดัชนีทนแล้งสูงกว่าดัชนีทนแล้งเฉลี่ยขององค์ประกอบผลผลิตน้ำหนักเมล็ดทั้ง 2 ลักษณะ (Table 1)

การใช้ลักษณะน้ำหนักเมล็ดและน้ำหนักลำต้นสามารถใช้ในการแยกพันธุ์พืชที่มีความสามารถในการทนทานต่อสภาพแล้งได้เช่นเดียวกันกับการทดสอบความสามารถในการทนทานต่อสภาพแล้งในพืชบางชนิด เช่น พันธุ์ถั่วลิสงที่ต่างกันเมื่อปลูกในสภาพที่มีการขาดน้ำ พบว่า ถั่วลิสงแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อสภาพขาดน้ำได้ต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากถั่วลิสงแต่ละพันธุ์มีพันธุกรรมต่างกัน ในการศึกษาการตอบสนองต่อสภาพขาดน้ำโดยวัดดัชนีทนแล้งของถั่วลิสง 4 พันธุ์ คือ TAG - 24 West-44 West-20 และ TG-26 ให้ได้รับน้ำในปริมาณที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ การให้น้ำ 100% ซึ่งเป็นสภาพควบคุม การให้น้ำ 80% การให้น้ำ 60% และการให้น้ำ 40% พบว่า ถั่วลิสงทั้ง 4 พันธุ์มีดัชนีทนแล้งลดลงเป็นลำดับเมื่อให้ขาดน้ำในปริมาณที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่า ถั่วลิสงพันธุ์ TAG-24 มีความทนทานต่อสภาพขาดน้ำได้ดีที่สุด โดยมีดัชนีทนแล้งที่สภาพการให้น้ำ 40% เท่ากับ 0.54 รองลงมาคือ พันธุ์ West-44 West-20 และ TG-26 ที่มีดัชนีทนแล้ง เท่ากับ 0.43 0.27 และ 0.27 ตามลำดับ (Shinde และคณะ, 2010) รวมทั้งให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบในพืชบางชนิดในสภาพแล้ง เช่น ถั่วเหลือง (อาวุธ, 2530) และ ข้าวสาลี (Pireivatlou และคณะ, 2010)

ในการใช้ดัชนีทนแล้งขององค์ประกอบผลผลิต 4 ลักษณะ คือ น้ำหนักสดเมล็ด น้ำหนักแห้งเมล็ด น้ำหนักสดลำต้น และน้ำหนักแห้งลำต้นในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีดัชนีทนแล้งมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใช้เปรียบเทียบ มีรายละเอียดดังนี้ 1) การใช้ลักษณะน้ำหนักสดเมล็ดเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก พบว่า ข้าวจำนวน 5 พันธุ์ คือ พันธุ์หอมทุ่ง ปทุมธานี 80 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 และขาวเมล็ดเล็ก มีดัชนีทนแล้งมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 2) การใช้ลักษณะน้ำหนักแห้งเมล็ดเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก พบว่า ข้าว 5 พันธุ์ คือ พันธุ์หอมทุ่ง ปทุมธานี 80 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 และ ขาวเมล็ดเล็ก มีดัชนีทนแล้งมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 3) การใช้ลักษณะน้ำหนักสดลำต้นเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก พบว่า มีข้าว 3 พันธุ์ คือ ข้าวแดงและข้าวหาง มีดัชนีทนแล้งมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี และ 4) การใช้ลักษณะน้ำหนักแห้งลำต้นเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก พบว่า มีข้าว 11 พันธุ์ ยกเว้นข้าว 3 พันธุ์ คือ ข้าวดีด หอมสุพรรณบุรี และอยุธยา 1 มีดัชนีทนแล้งมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี

สรุปผล

ข้าวแต่ละพันธุ์มีดัชนีทนแล้งของลักษณะการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตต่างกัน โดยข้าว 2 พันธุ์ คือ พันธุ์หอมทุ่งและชัยนาท 1 มีดัชนีทนแล้งของลักษณะความสูงกอมากกว่าดัชนีทนแล้งเฉลี่ยในทุกอายุการเจริญเติบโต ส่วนข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 3 มีดัชนีทนแล้งของลักษณะน้ำหนักสดของเมล็ด น้ำหนักแห้งของเมล็ด น้ำหนักสดของต้น และน้ำหนักแห้งของต้นมากกว่าดัชนีทนแล้งเฉลี่ย

เอกสารอ้างอิง

พีระยศ แข็งขัน และ อนันต์ พลธานี, 2539, ผลของการขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105, วารสารเกษตร, 12: 256-262.

อาวุธ ณ ลำปาง, 2530, การใช้ดัชนีทนแล้งคัดพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, วารสารวิชาการเกษตร, 5: 3-8.

Dhopate, A.M., Ramtake, S.D. and Thote, S.G., 1992, Effect of Soil Moisture Deficit on Root Growth and Respiration, Nodulation and Yield Stability of Field Grown Peanut Genotyoes Ann, Plant Physiology, 6: 188-197.

Koti, R.V., Chetti, M.B.S., Manjunath, T.V. and Amaregowda, A., 1994. Effect of Water Stress at Different Growth Stages on Biophysical Characteristics and Yield in Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) Genotypes. Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 7: 158-162.

Pireivatlou, A.M., Masjedlou, B.D. and Aliyev, R.T., 2010, Evaluation of Yield Potential and Stress Adaptative Trait in Wheat Genotypes Under Post Anthesis Drought Stress Conditions, African Journal of Agricultural Research, 5: 2829-2836.

Shinde, B.M., Limaye, A.S., Deore, G.B. and Laware, S.L., 2010, Physiological Responses of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) Varieties to Drought Stress, Asian Journal of Experimental Biological Science (Suppl.)(5): 65-68.

Thomson, C.J., Colmer, T.D., Watkin, E.L.J. and Greenway, H., 1992, Tolerance of Wheat (*Triticum aestivum* cv. Gamenya and Kite) and Triticale (Triticosecale cv. Muir) to Waterlogging, New Phytologist, 120: 335-344.

Wopereis, M.C.S., Kropff, M.J., Maligaya, A.R. and Tuong, T.P., 1996, Drought-stress Responses of Two Lowland Rice Cultivars to Soil Water Status, Field Crops Research, 46: 21-39.

Table 1 Drought tolerance Index (DI) of stem height at 11 12 and 13 weeks after planting, seed fresh weight, seed dry weight, stem fresh weight and stem dry weight in fifteen rice varieties.

Rice Varieties	Stem height at 11 weeks	Stem height at 12 weeks	Stem height at 13 weeks	Seed fresh weight	Seed dry weight	Stem fresh weight	Stem dry weight
Pinkaew	0.63	0.63	0.65	0.85	0.76	0.28	0.38
Poung	1.06	1.02	0.78	0.90	0.84	0.73	1.02
Ded	0.81	0.80	0.71	0.92	0.98	0.17	0.10
Hom Thung	1.18	1.16	1.40	2.71	2.86	0.36	0.51
Dang	1.13	1.11	1.22	0.56	0.46	1.46	1.28
Hang	0.94	0.92	0.90	0.14	0.14	1.13	0.97
Pathumthani 80	0.68	0.67	0.72	1.62	1.80	0.42	0.39
Suphunburi 1	0.89	0.89	0.98	0.39	0.37	0.75	0.75
Suphunburi 2	0.61	0.60	0.81	1.75	1.80	0.28	0.29
Suphunburi 3	0.95	0.94	0.90	1.18	1.20	0.79	0.76
Hom Suphunburi	0.23	0.23	0.32	0.84	0.87	0.17	0.18
Ayutthaya 1	0.80	0.78	0.62	0.78	0.94	0.20	0.21
Chainat 1	0.97	0.96	1.03	0.61	0.13	0.80	0.79
Pathumthani 1	0.96	0.97	0.70	0.94	0.95	0.26	0.26
Khaw Malet Lek	0.28	0.24	0.30	1.01	1.08	0.86	0.94
Mean	0.81	0.79	0.80	1.01	1.00	0.57	0.59

ศักยภาพของถั่วเขตร้อนเพื่อเป็นอาหารสัตว์คุณภาพดีและการปรับปรุงบำรุงดินลูกรัง

The Potential of Tropical Legumes for Provide Good Quality Forage and Lateritic Soil Improvement

ชื่นจิต แก้วกัญญา[1] **ปนัดดา ประสาทชัย**[1] **และ อมรรัตน์ อุปพงศ์**[1]

Kaewkunya, C.[1], Pasartchai, P.[1] and Oupaphong, A.[1]

Abstract

The experiment was conducted on lateritic soil area of Phon Phisai soil series under the environment of Sakhon Nakhon province in Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus during May 2009 to Febuary 2010. The influence potential of six legume species were pigeon pea, cowpea, jack bean, lablab bean, thornless mimosa and sunn hemp. The main objective to identify legume species suitable for use as feed quality and can improve laterlitic soil productivity The result showed that thornless mimosa had highest dry weight yield, dry matter better.content, crude protein content and protein yield (469 kg /rai, 90.71%, 18.93% and 87.7 kg/rai) respectively. The second was the pigeon pea which total dry weight yield and protein yield were 378 and 65.1 kg/rai respectively. In addition, thornless mimosa and pigeon pea were impact on improved soil fertility of lateritic soil by the amount of soil organic matter increased from 1.34 % to 1.78% and 1.54% respectively.

Keywords: tropical legumes, quality forage, soil improvement, lateritic soil

บทคัดย่อ

ทดลองบนพื้นที่ดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ภายใต้สภาพแวดล้อมจังหวัดสกลนคร ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2552 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ศึกษาศักยภาพพืชตระกูลถั่วจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ถั่วมะแฮะ ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า ถั่วแลบแลบ ไมยราบไร้หนาม และปอเทือง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อคัดเลือกชนิดพืชตระกูลถั่วที่มีความเหมาะสมในการใช้เป็นอาหารสัตว์คุณภาพดี และสามารถปรับปรุง บำรุงดินลูกรังให้ดีขึ้น ผลการศึกษาพบว่า ไมยราบไร้หนามสามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม ปริมาณวัตถุแห้ง ปริมาณโปรตีนหยาบ และผลผลิตโปรตีนรวมสูงสุด (469 กก./ไร่ 90.71% 18.93% และ 87.7 กก./ไร่) ตามลำดับ รองลงมาคือถั่วมะแฮะซึ่งให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตโปรตีน คือ 378 และ 65.1 กก./ไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ไมยราบไร้หนามและถั่วมะแฮะยังส่งผลดีต่อการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินลูกรัง โดยทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจาก 1.34% เป็น 1.78 และ 1.54% ตามลำดับ

คำสำคัญ: พืชตระกูลถั่วเขตร้อน คุณภาพอาหารสัตว์ การปรับปรุงบำรุงดิน ดินลูกรัง

คำนำ

ดินลูกรัง (lateritic soil) จัดว่าเป็นดินที่มีปัญหาชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีไม่เหมาะสมสำหรับการเกษตร ดินดังกล่าวเป็นดินตื้น มีกรวด ลูกรัง หรือเศษหินปะปน มีความเป็นพิษของธาตุเหล็ก อลูมินั่ม และแมงกานีส มีความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสต่ำเพราะเกิดการตรึงฟอสฟอรัสในดิน (บุญมา, 2536) ทำให้การปลูกพืชในพื้นที่ดินลูกรังมีผลผลิตค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับดินชนิดอื่นๆ แต่ในสถานการณ์ปัจจุบันที่มีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ทำการเกษตรลดลง จึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้ประโยชน์พื้นที่ดินที่มีปัญหาดังกล่าวได้ เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่าพืชตระกูลถั่ว (legumes) เป็นพืชบำรุงดินที่สามารถผลิตอินทรียวัตถุที่มี C/N ratio ต่ำได้ครั้งละมาก ๆ ด้วยการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และเมื่อส่วนต่างๆ ของพืชรวมถึงปมของรากหลุดร่วงเกิดการย่อยสลายแล้วจะปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ลงในดิน โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน (People และคณะ, 1995) เป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้น และยังทำให้ความหนาแน่นของดินลดลง และเพิ่มช่องว่างในดินได้ ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินทำให้ดินร่วนซุยและอุ้มน้ำได้ดี

[1] สาขาทรัพยากรเกษตรชีวภาพ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกนคร 47000

[1] Program in Agro-Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-industry, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakhon Nakhon Province Campus, Muang, Sakhon Nakhon 47000

ขึ้นส่งผลให้พืชปลูกสามารถดูดใช้ธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในสารละลายดินได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ (Mandal และคณะ, 2003) นอกจากนี้พืชตระกูลถั่วยังถือว่าเป็นแหล่งอาหารหยาบคุณภาพดีที่เป็นแหล่งของโปรตีนสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้นจึงได้ศึกษาศักยภาพในการผลิตถั่วเขตร้อนบางชนิดในสภาพดินลูกรัง เพื่อคัดเลือกชนิดที่มีคุณสมบัติในการเป็นแหล่งอาหารหยาบคุณภาพดีสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องและสามารถปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินลูกรังให้ดีขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดลองบนพื้นที่ดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ภายใต้สภาพแวดล้อมจังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือน พ.ค. 2552 ถึงเดือน ก.พ. 2553 ศึกษาศักยภาพพืชตระกูลถั่วจำนวน 6 ชนิด ประกอบด้วย ถั่วมะแฮะ ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า ถั่วแลบแลบ ไมยราบไร้หนาม และปอเทือง วางแผนแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ หลังการเตรียมแปลงปลูกปรับ pH ดินด้วยปูนโดโลไมท์ อัตรา 200 กก./ไร่ ปลูกพืชด้วยเมล็ดอัตราตามคำแนะนำกรมพัฒนาที่ดิน (2541) การให้น้ำอาศัยน้ำฝน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่ หลังพืชงอก 30 วัน พร้อมกำจัดวัชพืช บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตชีวมวล (ส่วนเหนือดิน) ครั้งแรกที่อายุ 60 วัน หลักปลูก และ 30 วัน หลังตัดครั้งแรก นำตัวอย่างพืชที่เก็บครั้งแรกวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพืช คือ ปริมาณวัตถุแห้ง (DM) เยื่อใยหยาบ (CF) ไขมัน (EE) และโปรตีนหยาบ (CP) ตามวิธีของ AOAC (1985) และวิเคราะห์หาเยื่อใย NDF และ ADF ตามวิธี Goering และ Van Soest (1970) คำนวณผลผลิตโปรตีน จากสมการ (ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่) x เปอร์เซ็นต์โปรตีน) % 100) วิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของดินก่อนและหลังการทดลอง คือ pH ความเค็ม (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P.) ตามวิธีของทัศนีย์ และจงรักษ์ (2542) นำข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลผลิตชีวมวล

จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชตระกูลถั่วชนิดต่างๆ ที่ปลูกทดสอบบนดินลูกรัง 2 ครั้ง (Table 1) เมื่อพิจารณาผลผลิตน้ำหนักสดรวมเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ไมยราบไร้หนามมีการเจริญเติบโตดีมากจึงสามารถให้ผลผลิตน้ำหนักสดรวมสูงถึง 2,991 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วชนิดอื่น ๆ ยกเว้นถั่วแลบแลบ ซึ่งให้ผลผลิตรองลงมา คือ 2,244 กก./ไร่ ส่งผลให้ไมยราบไร้หนามมีน้ำหนักแห้งรวมสูงสุดคือ 469 กก./ไร่ เนื่องจากไมยราบไร้หนามเป็นถั่วที่ปรับตัวได้ดี สามารถเจริญเติบโตเร็วและเป็นถั่วประเภทกึ่งข้ามปีที่มีลักษณะการเจริญเป็นแบบขนานไปกับพื้น (สุขุม, ม.ป.ป.) โดยผลผลิตใกล้เคียงกับการรายงานของ ชนวน (ม.ป.ป.) ซึ่งไมยราบไร้หนาม ปลูกที่อำเภทหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ให้ผลผลิตต้นสด 2,200 กก./ไร่

2. คุณภาพพืชตระกูลถั่ว

จากการศึกษาคุณภาพของพืชตระกูลถั่วทั้ง 6 ชนิด เพื่อประเมินคุณค่าทางอาหารซึ่งจะใช้ประกอบการพิจารณาความเหมาะสมในด้านการเป็นอาหารหยาบคุณภาพดีสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง Table 2 พบว่า พืชตระกูลถั่วทั้งหมดมี DM อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันคือระหว่าง 89.41-90.71% ซึ่งถือว่าเหมาะสมสำหรับการใช้เลี้ยงสัตว์ และใกล้เคียงกับเศกสรรค์ และ จเร (2549) ที่รายงานว่า ถั่วมะแฮะแห้งมี DM เท่ากับ 86.01% ในส่วนของ CF ถั่วมะแฮะ และปอเทืองมีปริมาณสูงสุด คือ 38.76 และ 32.25% ตามลำดับ เนื่องจากพืชทั้ง 2 ชนิด มีส่วนของลำต้นมากกว่าใบจึงทำให้มีเยื่อใยสูงกว่า และเมื่อพิจารณาถึงเยื่อใย NDF และ ADF ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกินได้และการย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (สุรศักดิ์, 2546) เห็นได้ว่าปอเทืองมีปริมาณ NDF และ ADF สูงสุด (64.55 และ 52.45%) ตามลำดับ รองลงมาคือถั่วมะแฮะ เนื่องจากปอเทือง และถั่วมะแฮะมีส่วนของลำต้นมากกว่าใบจึงเป็นพืชที่มีเยื่อใยซึ่งเป็นส่วนของผนังเซลล์มากที่สุด ส่วนปริมาณไขมันที่สกัดได้ (EE) พบว่าถั่วพุ่มมีค่าสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับพืชชนิดอื่นๆ (4.22%) เนื่องจากส่วนที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วยดอก และฝักที่มีเมล็ดจึงมีปริมาณไขมันสูงกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ สำหรับปริมาณ CP พบว่า ไมยราบไร้หนาม ถั่วพร้า และถั่วมะแฮะ มีปริมาณสูงใกล้เคียงกันคือ 18.93,18.25 และ 17.24% ตามลำดับ ส่วนถั่วพุ่มมีค่าต่ำสุด (13.84%) แต่อย่างไรก็ตาม ถือว่าเป็นปริมาณที่เพียงพอต่อการดำรงชีพของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งขั้นต่ำควรมี CP อย่างน้อย 8-10% (Walton, 1984) และเมื่อคำนวณเป็นผลผลิตโปรตีนเห็นได้ว่าไมยราบไร้หนามให้ค่าสูงสุด คือ 87.7 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เพราะสามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมสูงสุดตลอดจนมีปริมาณโปรตีนสูงสุด

3. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีบางประการของดิน

ภายหลังปลูกพืชตระกูลถั่วทั้ง 6 ชนิด บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย เป็นเวลา 90 วัน หลังการสุ่มเก็บผลผลิตพืชครั้งที่ 2 ตัดพืชคลุมดิน ซึ่งจะพบการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีบางประการของดิน (Table 3) คือ ค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (5.2 เป็น 5.41)

แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างสิ่งทดลอง (P>0.05) เนื่องจากก่อนปลูกมีการปรับค่า pH ของดินด้วยปูนขาว ซึ่งเป็นการยกระดับค่าความเป็นกรดของดินให้เพิ่มขึ้น ส่วนค่า EC ซึ่งแสดงถึงความเค็มของดินมีค่าเพิ่มขึ้น จาก 0.36 เป็น 0.94 dS m^{-1} และแปลงที่ปลูกพืชตระกูลถั่วมีค่าสูงกว่าแปลงควบคุม เนื่องจากมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตรเพื่อช่วยให้พืชเจริญเติบโตเมื่อพืช ทำให้มีการสะสมธาตุอาหารในดิน แต่อย่างไรก็ตามถือว่าไม่เค็ม ในส่วนของปริมาณ OM จะเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน คือการปลูกพืชตระกูลถั่วทั้ง 6 ชนิด ทำให้ดินมี OM สูงกว่าแปลงควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสูงกว่าก่อนการทดลองเล็กน้อย โดยมีค่าระหว่าง 1.5-1.78% ซึ่งเป็นข้อดีของพืชตระกูลถั่วที่มีความสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินได้ (Mandal, 2003) ปริมาณ Total N ในดินจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ เพราะเป็นการทดลองในช่วงเวลาที่สั้นจึงยังไม่เห็นผลชัดเจนเท่าที่ควร แต่ในระยะยาวการปลูกพืชตระกูลถั่วจะทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนได้ (People และคณะ, 1995) และสำหรับ Avail. P. ภายหลังการปลูกพืชตระกูลถั่วมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าแปลงควบคุม เนื่องจากการทดลองมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 ดังนั้นจึงมีธาตุฟอสฟอรัสหลงเหลือในสารละลายดินได้

Table 1 Biomass yield of legumes under sowing on lateritic soil condition

Species	Fresh weight yield (kg/rai)			Dry weight yield (kg/rai)		
	1^{st} cut (60 DAP)	2^{nd} cut (30 DAC)	Total	1^{st} cut (60 DAP)	2^{nd} cut (30 DAC)	Total
Pigeon pea	901 b	616 b	1,517 bc	263 ab	115 b	378 ab
Cowpea	1,991a	0 c	1,991 bc	397 a	0 c	397 ab
Jack bean	760 b	575 b	1,335 c	137 b	92 b	265 bc
Lablab bean	1,760 a	484 b	2,244 ab	284 ab	88 b	372 abc
Thornless mimosa	1,309 ab	1,682 a	2,991 a	198 b	271 a	469 a
Sunn hemp	753 b	458 b	1,211 c	146 b	74 bc	219 c
Mean	1,246	636	1,545	244	107	350
F-test	*	*	*	*	*	*
CV. (%)	31.1	26.1	25.2	34.4	39.7	27.0

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by LSD

Table 2 Chemical composition of legumes under sowing on lateritic soil condition

Species	Forage quality (%)						Protein yield (kg/rai)
	DM	CF	NDF	ADF	EE	CP	
Pigeon pea	90.52	32.25 a	62.96 a	44.91 b	3.18 b	17.24 abc	65.1 b
Cowpea	89.41	21.22 b	43.60 b	34.63 c	4.22 a	13.84 c	54.9 b
Jack bean	89.75	19.91 b	45.30 b	33.69 c	2.44 c	18.25 ab	48.4 bc
Lablab bean	89.63	23.85 b	46.61 b	37.84 c	2.96 bc	15.00 bc	55.6 b
Thornless mimosa	90.71	24.10 b	47.44 b	37.88 c	2.83 bc	18.93 a	87.7 a
Sunn hemp	90.46	38.76 a	64.55 a	52.45 a	1.41 d	14.00 c	30.1 c
Mean	90.08	27.18	51.74	51.74	2.84	16.21	56.9
F-test	ns	*	*	*	*	*	*
CV. (%)	9.6	10.9	7.4	9.2	13.3	11.6	19.9

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by

สรุปผล

1. พืชตระกูลถั่วที่ปลูกทดสอบบนดินลูกรังที่มีคุณสมบัติในด้านการเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี และมีผลผลิตน้ำหนักแห้ง ตลอดจนผลผลิตโปรตีนสูงสุด ได้แก่ ไมยราบไร้หนาม รองลงมาคือ ถั่วมะแฮะ อย่างไรก็ตามการใช้ไมยราบไร้หนามเป็นอาหารสัตว์ควรมีการศึกษาถึงพิษที่จะเกิดต่อสัตว์ก่อนนำไปให้สัตว์กิน สำหรับถั่วมะแฮะ นั้น ได้มีการใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายเพื่อเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยเฉพาะในโค (โคนม และโคเนื้อ) ซึ่งนิยมในรูปสด (Soilage) และแห้ง (Hay)

2. พืชตระกูลถั่วที่มีศักยภาพในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือ ไมยราบไร้หนามซึ่งสามารถเจริญเติบโตดีมีผลผลิตชีวมวลและมีปริมาณไนโตรเจนสูง สามารถผลิตเมล็ดได้ดีจึงมีความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยพืชสดบำรุงดินก่อนปลูกพืชหลัก แต่อย่างไรก็ตามต้องมีการจัดการที่ดีเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหากลายเป็นวัชพืชได้ในอนาคต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร (สวพ.ฉกส.) ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัยในครั้งนี้ และคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตรที่อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด

Table 3 Some chemical properties of lateritic soil before and after different treatment

Treatment	Soil pH	EC (ds/m.)	OM (%)	Total N (%)	Avail. P (ppm)
Before treatment	5.21	0.36	1.34	0.058	4.89
After treatment					
Bare soil	5.29	0.80 c	1.21 c	0.06	4.2 c
Pigeon pea	5.32	0.86 bc	1.54 ab	0.07	7.4 b
Cowpea	5.71	0.86 bc	1.48 ab	0.06	7.8 b
Jack bean	5.56	1.03 a	1.50 ab	0.08	9.0 b
Lablab bean	5.24	1.06 a	1.51 ab	0.09	12.4 a
Thornless mimosa	5.36	0.99 ab	1.78 a	0.09	5.5 c
Sunn hemp	5.38	1.00 ab	1.51 ab	0.08	4.7 c
Mean	5.41	0.94	1.51	0.08	7.3
F-test	ns	*	*	ns	*
CV. (%)	10.5	8.3	10.34	28.3	12.8

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by LSD

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2541, พืชตระกูลถั่วเพื่อการปรับปรุงดิน, กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ, 109 หน้า.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, 2542, การวิเคราะห์ดินและพืช, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ, 108 หน้า.

บุญมา ดีแสง, 2536, ลักษณะของดินปนกรวดตามลำดับภูมิประเทศในบริเวณแอ่งสกลนคร, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

เศกสรรค์ สวนกูล และ จเร กลิ่นกล่อม, 2549, การใช้ต้นถั่วมะแฮะแห้งเป็นอาหารหยาบหลักเลี้ยงแม่โครีดนม, รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ, หน้า 180-191.

สุขุม โชติช่วงมณีรัตน์, ม.ป.ป., งานวิจัยด้านพืช: การปลูกไมยราบไร้หนามเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน [สืบค้น], http//:www.rdi.ku.ac.th/kufair50 /plant/57-1_plant.htm [12/ March /2012]

สุรศักดิ์ คชภักดี, 2546, ระดับ NDF และ ADF ในพืชอาหารสัตว์ผลกระทบต่อผลผลิตของสัตว์เคี้ยวเอื้องอย่างไร, ข่าวสารพืชอาหารสัตว์, 8(2): 5-7.

A.O.A.C., 1985, Official Methods of Analysis of the AOAC International, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.

Goering, H.K. and Soest, P.J., 1970, Forage Fiber Analysis, Agricaltural, Handbook 379, ARS, USDA, Washington, DC.

Mandal, U.K., Singh, G., Victor, U.S. and Sharma, K.L., 2003, Green Manuring: its Effect on Soil Properties and Crop Growth under Rice-Wheat Cropping System, European Journal of Agronomy, 19: 225-237.

People, M.B., Herridge, D.F. and Ladha, J.K., 1995, Biological Nitrogen Fixation: an Efficient Source of Nitrogen for Sustainable Agriculture, Plant Soil, 174: 3-18.

Walton, P.D., 1984, Production and Management of Cultivated Forage, Reston Publishing company, Inc. Virginia, USA, 335 p.

ปัจจัยที่มีผลต่อการขยายพันธุ์พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) โดยการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนหัวในวุ้นอาหารสังเคราะห์

Factors Affecting the Propagation of Water Onion (*Crinum thaianum*) Using *In Vitro* Bulb Culture

เอฏฐวรรณ ชมชื่น[1] ปกขวัญ หุตางกูร[1] และ อุทร ชิขุนทด[1]
Chomchuen, A.[1], Hutangura, P.[1] and Chikhuntod, U.[1]

Abstract

Water onion (*Crinum thaianum*) is an endemic and endangered species of Thailand. Propagation by using *in vitro* bulb culture has been studied in order to increase the number of this plant. The water onion bulbs were cut lengthwise into 8 parts and then surface-sterilized with 10% Clorox (sodium hypochlorite) for 10 minutes followed by a solution of 0.4% mercuric chloride for 10 minutes. Consequently, the prepared explants were cultured in 4 treatments of agar media including, 1. agar medium without nutrients, 2. ½ MS agar medium, 3. agar medium added with 2 g/L activated charcoal and 4. ½ MS agar medium added with 2 g/L activated charcoal. The explants were grown at 25-28ºC under 1,000 lux light intensity. The result showed that there was no significantly different (P≤0.05) in number of bulblets when the explants were grown in 4 kinds of media for 60 days. However, it has been found that nutrients in MS and activated charcoal affected growth and development of the bulblets.

Keywords: *Crinum thaianum*, propagation, Amaryllidaceae, *in vitro* culture

บทคัดย่อ

พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) เป็นพืชประจำถิ่นของประเทศไทยที่พบเพียงแห่งเดียวในโลก และมีแนวโน้มที่ใกล้จะสูญพันธุ์ การศึกษาวิธีขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อชิ้นส่วนหัวจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยรักษาพืชชนิดนี้ให้เพิ่มจำนวนขึ้นในเวลาอันรวดเร็วได้ ในการทดลองนี้ได้ทำการศึกษาผลของปัจจัย 2 ชนิด คือ สารอาหาร และผงถ่านกัมมันต์ต่อการเลี้ยงชิ้นส่วนหัวพลับพลึงธาร โดยนำชิ้นส่วนหัวที่ถูกผ่าตามยาวออกเป็น 8 ส่วนแล้วฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยคลอรอกซ์ (sodium hypochlorite) 10% นาน 10 นาที ตามด้วย สารละลายเมอร์คิวริกคลอไรด์ 0.4% นาน 10 นาที แล้วนำมาเลี้ยงในวุ้นอาหารสูตรต่างๆ 4 สูตร ได้แก่ 1. วุ้นที่ไม่เติมสารอาหาร 2. วุ้นที่เติมสารอาหารสูตร ½ MS 3. วุ้นที่เติมผงถ่านกัมมันต์ 2 g/L และ 4. วุ้นที่เติมสารอาหารสูตร ½ MS กับผงถ่านกัมมันต์ 2 g/L โดยเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส ภายใต้ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ เป็นเวลา 60 วัน (เก็บผลสัปดาห์ละ 2 วัน) จากการทดลองพบว่า ชิ้นส่วนหัวพลับพลึงธารที่เพาะเลี้ยงในวุ้นอาหารที่ต่างกัน 4 สูตรมีค่าเฉลี่ยของจำนวนหัวย่อยที่สร้างขึ้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) แต่พบว่าสารอาหารและผงถ่านกัมมันต์ส่งผลต่อการเจริญและความสมบูรณ์ของหัวย่อย

คำสำคัญ: พลับพลึงธาร การขยายพันธุ์ การเลี้ยงเนื้อเยื่อ

คำนำ

พลับพลึงธารหรือหอมน้ำ เป็นพืชในวงศ์ Amaryllidaceaeมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Crinum thaianum* ขยายพันธุ์โดยใช้หัวหรือเมล็ด ใช้เวลาในการเติบโตจนออกดอกนานกว่า 9 เดือน เป็นพืชที่ต้องการน้ำที่สะอาดและไหลเบาตลอดช่วงการเจริญเติบโต พืชชนิดนี้มีประโยชน์ในหลายด้านคือ รากช่วยยึดเกาะป้องกันตลิ่งพัง ใบเป็นแหล่งอาหาร ที่หลบภัยและเป็นที่วางไข่ของสัตว์น้ำ รวมถึงความสวยงามของใบและดอกที่ทำให้บริเวณที่พืชนี้ขึ้นอยู่กลายเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ

พลับพลึงธารเป็นพืชที่ควรได้รับการอนุรักษ์เนื่องจากเป็นพืชที่พบได้ถิ่นเดียวของประเทศไทยคือ ในตอนล่างของจังหวัดระนองและตอนบนของจังหวัดพังงา และเป็นพืชที่พบแห่งเดียวในโลกซึ่งกำลังจะสูญพันธุ์ เนื่องจากสภาพของคลอง

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,1518 ถนนพิบูลสงคราม, เขตบางซื่อ, กทม.10800 ประเทศไทย

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.1518 Pibulsongkram Road, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand.

ตามธรรมชาติถูกเปลี่ยนแปลงไปจากการขุดลอกคลอง ทำให้กระแสน้ำไหลแรงขึ้น ทำให้หัวของพลับพลึงธารถูกพัดไหลออกสู่ทะเล ทั้งยังถูกลักลอบขุดไปขายเพื่อใช้เป็นไม้น้ำประดับตู้ปลา จึงควรหาหนทางป้องกันและอนุรักษ์ไว้

การศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนของพลับพลึงธารโดยการเลี้ยงชิ้นส่วนหัวที่ถูกผ่าแบ่งตามยาวออกเป็นส่วนๆ ในวุ้นอาหารสังเคราะห์ (*in vitro* culture) นับเป็นหนทางหนึ่งที่มีศักยภาพในการเพิ่มจำนวนของพลับพลึงธารได้ เนื่องจากการผ่าจะเป็นการกระตุ้นให้มีการสร้างหัวย่อย (bulblet) เพิ่มขึ้นจากชิ้นส่วนหัวนั้น ส่วนการเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อในวุ้นอาหารจะทำให้สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการชักนำและการเจริญของหัวย่อยเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงที่สุด มีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนหัวเพื่อชักนำให้มีการสร้างหัวย่อยได้สำเร็จในพืชหลายชนิด (นภดล, 2527; จิดาภา, 2538; อรดี, 2546; พีระวุฒิ, 2551; Hussey, 1975) รวมทั้งการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการขยายพันธุ์พลับพลึงธารโดยการเลี้ยงชิ้นส่วนหัวในน้ำประปา สารละลายธาตุอาหาร และวุ้นอาหาร (จรัลรัตน์ และวรันลักษณ์, 2553; รุ่งทิวาพร และอรอนงค์, 2553; วรรณดา และรัฐภัทธ์, 2551) และพบว่าผลที่ได้ยังต้องอาศัยการศึกษาเพิ่มเติมอีกมาก ในการทดลองนี้ได้ทำการศึกษาผลของสารละลายธาตุอาหารและผงถ่านกัมมันต์ที่มีต่อการสร้างหัวย่อยของพลับพลึงธารทั้งนี้เนื่องจากเพื่อเป็นแนวทางในการหาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการขยายพันธุ์พืชชนิดนี้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

นำหัวพลับพลึงธารที่มีขนาดใกล้เคียงกัน มาลอกเปลือกออก 1-2 ชั้น แล้วล้างด้วยน้ำประปาให้สะอาด ผ่าแบ่งหัวออกเป็น 8 ส่วนตามยาว จากนั้นนำไปฟอกด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 10% (available chlorine 0.26% (w/w)) นาน 10 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 1 ครั้งจากนั้นฟอกฆ่าเชื้ออีกครั้งด้วยเมอร์คิวริกคลอไรด์ 0.4% นาน 10 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง นำชิ้นส่วนพืชมาตัดส่วนของเนื้อเยื่อด้านนอกออกเล็กน้อยและลอกกลีบด้านนอกออกนำชิ้นส่วนหัวนี้ไปเลี้ยงในอาหารวุ้น 4 สูตร (วุ้น 0.9% ซูโครส 30 g/L ที่ pH 5.7) ได้แก่ ทรีทเมนต์ A อาหารวุ้นที่ไม่เติมสารอาหาร,ทรีทเมนต์ B อาหารวุ้นที่ไม่เติมสารอาหาร แต่เติมผงถ่านกัมมันต์ 2 กรัมต่อลิตร,ทรีทเมนต์ C อาหารวุ้นที่เติมสารอาหารสูตร ½ MS แต่ไม่เติมผงถ่านกัมมันต์และทรีทเมนต์ D อาหารวุ้นที่เติมสารอาหารสูตร ½ MS และเติมผงถ่านกัมมันต์ 2 กรัมต่อลิตรโดยทำการทดลองทรีทเมนต์ละ 6 ซ้ำ ชิ้นส่วนหัวทั้งหมดถูกเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25-28° เซลเซียส ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ ช่วงระยะเวลาที่ให้ 16 ชั่วโมงต่อวัน ทำการบันทึกจำนวนหัวย่อยที่เกิดขึ้นทุกสัปดาห์ๆ ละ 2 วัน (1/1, 1/2, 2/1, 2/2, …, 10/1) เป็นเวลา 60 วัน

ผลการทดลอง

ชิ้นส่วนหัวพลับพลึงธารเริ่มมีการสร้างหัวย่อยขึ้นที่บริเวณฐานหัวระหว่างซอกกลีบหัวในทุกทรีทเมนต์ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2/2 และมีจำนวนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเลี้ยงนานขึ้น โดยจำนวนหัวย่อยเมื่อเลี้ยงได้ 60 วัน เรียงจากมากไปน้อยคือ ทรีทเมนต์ C: 2.17±1.17 หัว ทรีทเมนต์ D: 2.00±0.89 หัว ทรีทเมนต์ A: 1.83±0.75 หัว และทรีทเมนต์ B: 1.33±0.52 หัว แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$ โดยหัวย่อยที่เจริญในทรีทเมนต์ D มีการเจริญเติบโตดีที่สุด

วิจารณ์ผล

หลังจากเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนหัวที่ผ่าแบ่ง 8 ส่วนไปได้ 1 สัปดาห์ กลีบหัวส่วนใหญ่จะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเขียวเนื่องมาจากมีการสร้างคลอโรพลาสต์ขึ้นภายในเซลล์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง เนื่องจากชิ้นส่วนหัวมีแต่เม็ดแป้งที่เป็นอาหารสะสมอยู่ภายในกลีบหัว แสดงว่าพืชมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้สามารถสังเคราะห์แสงได้เมื่ออาหารสะสมถูกใช้ไประยะหนึ่งและเมื่อได้รับแสง จึงมีการสร้างคลอโรพลาสต์ทำให้กลีบหัวมีสีเขียว เพื่อให้ทำหน้าที่แทนใบ โดยในช่วงแรกของการเจริญพืชใช้การสลายอาหารสะสมในกลีบหัวเพื่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนหัว หัวย่อย และรากที่เกิดขึ้นมาใหม่ (วรรณดา และรัฐภัทธ์, 2551; ปรีดี, 2526) ต่อมาเมื่ออาหารสะสมภายในกลีบหัวเริ่มหมดลง หัวย่อยและรากที่เกิดขึ้นมาใหม่จึงมีการใช้สารอาหารสังเคราะห์ที่เติมลงไปในอาหารแต่ละสูตรอย่างเต็มที่และสร้างอาหารขึ้นเองจากกลีบหัวและหัวย่อยที่เกิดขึ้นใหม่ซึ่งมีสีเขียวและมีใบของตัวเองเจริญเพิ่มขึ้นมาดังนั้นจึงพบว่าสารอาหารในวุ้นน่าจะมีบทบาทเพียงเล็กน้อยในการส่งเสริมการสร้างหัวย่อย เนื่องจากชิ้นส่วนพืชที่เลี้ยงในทรีทเมนต์ทั้ง 4 มีการสร้างหัวย่อยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่จะมีผลต่อความสมบูรณ์และการเจริญของหัวย่อยที่สร้างขึ้น เนื่องจากหัวย่อยที่สร้างขึ้นโดยชิ้นส่วนหัวของพลับพลึงธารในทรีทเมนต์ D ซึ่งเติมสารอาหารและผงถ่านกัมมันต์มีลักษณะที่สมบูรณ์และยืดตัวเร็วที่สุด

รองลงมาคือหัวย่อยที่เกิดจากชิ้นส่วนพืชในทรีทเมนต์ C, B และ A ตามลำดับ

สำหรับการเติมผงถ่านกัมมันต์ลงในอาหารเลี้ยงนั้น แม้ในการทดลองนี้พบว่าผงถ่านกัมมันต์ไม่มีผลต่อจำนวนหัวย่อยที่ชิ้นส่วนพืชสร้างขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามหัวย่อยที่เจริญในวุ้นอาหารที่เติมสารอาหาร และ/หรือผงถ่านกัมมันต์มีความสมบูรณ์มากกว่าหัวย่อยในวุ้นที่ไม่เติมปัจจัยทั้งสอง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ วรรณดา และรัฐภัทร์ (2551) ที่พบว่าการเติมผงถ่านกัมมันต์ลงในอาหารเลี้ยงจะทำให้สามารถเพิ่มขนาดหัวย่อยของพลับพลึงธารได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากผงถ่านกัมมันต์สามารถช่วยดูดซับสารต่างๆ เช่น แก๊ส ของเหลว หรือสารที่ละลายน้ำได้ รวมถึงสารสีที่เนื้อเยื่อปล่อยออกมาได้โดยยึดไว้ในผิวรูพรุน ทำให้สารพิษที่อาจถูกสร้างขึ้นมาจากชิ้นส่วนพืชถูกดูดซับไว้ ไม่สะสมในวุ้นอาหารจึงไม่ส่งผลเสียกับพืช (ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง, 2542; Ernst, 1974)

สรุปผล

ชิ้นส่วนหัวพลับพลึงธารที่เพาะเลี้ยงในวุ้นอาหารที่ต่างกัน 4 สูตรมีค่าเฉลี่ยของจำนวนหัวย่อยที่สร้างขึ้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าปัจจัยเรื่องสารอาหารและผงถ่านกัมมันต์ไม่มีผลต่อจำนวนหัวย่อยที่สร้างขึ้น แต่ส่งผลต่อความสมบูรณ์และการเติบโตของหัวย่อยที่เกิดขึ้น

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณสมศักดิ์ สุนทรนวภัทร อดีตผจก. โครงการประเทศไทย องค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติ (IUCN) และชาวบ้านอำเภอคุระบุรี ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และร่วมกันปกป้อง อนุรักษ์พลับพลึงธารให้อยู่คู่โลกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จรัลรัตน์ สราวุธวินัย และ วรันลักษณ์ ฉัตรเจริญพัฒน์, 2553, การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงพลับพลึงธารในระบบไร้ดิน, ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ

จิดาภา รุหะโรจน์, 2538, อัตราการขยายพันธุ์ไม้หัวบางชนิดโดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 57-61.

นภดล ไกรพานนท์, 2527, การขยายพันธุ์ลิลลี่โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 8-19.

ปรีดี เอกะวิภาค, 2526, การผลิตไม้ดอกประเภทหัวเขตร้อน, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 234 หน้า.

ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง, 2542, เอกสารประกอบการฝึกอบรมทางวิชาการเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชขั้นพื้นฐาน, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางแสน, นครปฐม,หน้า 117.

พีระวุฒิวงค์สวัสดิ์, 2551,การชักนำให้เกิดหัวย่อยของลิลลี่ (*Liliumlongiflorum*) ลูกผสมสายพันธุ์ Formolongoในสภาพปลอดเชื้อ,วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, จังหวัดยะลา, หน้า 114-118.

รุ่งทิวาพร มอญฤทธิ์ และอรอนงค์ ฤทธิมาร, 2553,ผลของน้ำตาลซูโครสในการสร้างตาข้างของพลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) ที่เลี้ยงในวุ้นอาหารสูตร MS, ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ

วรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย และ รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์, 2551, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหอมน้ำ*Crinum thaianum* Schulze . สถาบันวิจัยสัตว์น้ำและพรรณไม้น้ำ, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง

อรดี สหวัชรินทร์, 2546,ว่านสี่ทิศ การขยายพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, เอกสารประกอบการฝึกอบรมเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเบื้องต้น, สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

Ernst, R., 1974, The Use of Activated CharcoalinAsymbiotic Seedling Culture of Paphiopedilum, American Orchid Society BULLETIN, 43: 35-38.

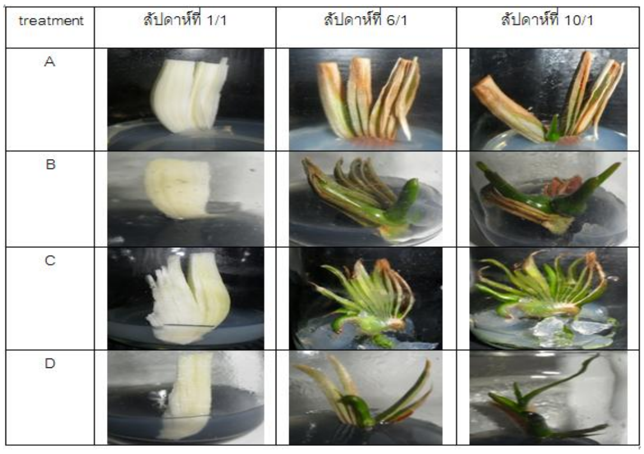
Hussey, G., 1975, Totipotency in Tissue Explants and Callus of Some Members of The Liliaceae, Iridaceae and Amaryllidacea, Journal of Experimental Biology, 26: 253-262.

Figure 1 Number of bulblets in *in vitro* culture of *Crinum thaianum* which were grown in 4 kinds of media.

treatment	เวลา (สัปดาห์)																			
	สัปดาห์ที่ 1/1	สัปดาห์ที่ 1/2	สัปดาห์ที่ 2/1	สัปดาห์ที่ 2/2	สัปดาห์ที่ 3/1	สัปดาห์ที่ 3/2	สัปดาห์ที่ 4/1	สัปดาห์ที่ 4/2	สัปดาห์ที่ 5/1	สัปดาห์ที่ 5/2	สัปดาห์ที่ 6/1	สัปดาห์ที่ 6/2	สัปดาห์ที่ 7/1	สัปดาห์ที่ 7/2	สัปดาห์ที่ 8/1	สัปดาห์ที่ 8/2	สัปดาห์ที่ 9/1	สัปดาห์ที่ 9/2	สัปดาห์ที่ 10/1
A	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.17^{a} ± 0.41	0.67^{a} ± 0.52	0.67^{a} ± 0.52	0.83^{b} ± 0.75	1.00^{a} ± 0.89	1.33^{a} ± 1.21	1.33^{a} ± 1.21	1.83^{ab} ± 1.67	1.67^{a} ± 1.03	1.83^{ab} ± 0.75	1.83^{ab} ± 0.75	1.83^{ab} ± 0.75	1.83^{a} ± 0.75	1.83^{ab} ± 0.75	1.83^{a} ± 0.75	1.83^{a} ± 0.75
B	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.17^{a} ± 0.41	0.67^{a} ± 0.52	0.67^{a} ± 0.52	0.83^{b} ± 0.75	1.00^{a} ± 0.89	1.00^{a} ± 0.89	1.00^{a} ± 0.89	1.00^{b} ± 0.89	1.00^{a} ± 0.89	0.83^{b} ± 0.75	1.00^{b} ± 0.63	1.00^{b} ± 0.63	1.00^{a} ± 0.63	1.00^{b} ± 0.63	1.17^{a} ± 0.41	1.33^{a} ± 0.52
C	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.17^{a} ± 0.41	1.00^{a} ± 1.26	1.17^{a} ±1.17	2.33^{a} ± 1.51	2.67^{a} ± 1.86	2.67^{a} ± 1.86	2.67^{a} ± 1.86	2.50^{a} ± 1.22	2.17^{a} ± 1.33	2.50^{a} ± 1.38	2.50^{a} ± 1.64	2.50^{a} ± 1.38	2.33^{a} ± 1.63	2.50^{a} ± 1.52	2.00^{a} ± 1.67	2.17^{a} ± 1.17
D	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.33^{a} ± 0.52	0.50^{a} ± 0.84	0.50^{a} ± 0.84	1.67^{ab} ± 1.03	2.00^{a} ± 0.89	2.00^{a} ± 0.89	2.00^{a} ± 0.89	2.17^{ab} ± 0.98	2.17^{a} ± 0.98	2.00^{ab} ± 0.89	2.00^{ab} ± 0.89	2.17^{a} ± 0.75	2.00^{a} ± 0.89	2.00^{ab} ± 0.89	2.00^{a} ± 0.89	2.00^{a} ± 0.89

In a column, mean values with different letters are significantly different at P≤0.05.

Figure 2 Character of bulblets of *in vitro* bulb culture which were grown in 4 kinds of media.



Note: treatment A: agar medium without nutrients and activated charcoal

Treatment B : agar medium without nutrientsadded activated charcoal

Treatment C: ½ MS agar mediumwithout activated charcoal

Treatment D : ½ MS agar medium added activated charcoal

การใช้สายพันธุ์ของนกในพื้นที่ทุ่งนาเป็นดัชนีบ่งชี้ความยั่งยืนของการทำเกษตรกรรม

Using Bird Species in Paddy Field as Sustainability Indicator for Agriculture

เพ็ญจา จิตจำรูญโชคไชย[1] **และ พรรณปพร จิตจำรูญโชคไชย**[2]

Jitjumroonchokchai, P.[1] and Jitjumroonchokchai, P.[2]

Abstract

Paddy or rice is the main crop in Thailand and the area of rice culture is extending after rice prize is up. Normally, farmers grow rice in rainy season during May to October but now the farmers try to grow rice two or three times a year. The flat pain of rice culturing became temporary wetlands. The local birds that living in rice fields and the migrant birds from the other areas are increasing. The project of birds monitoring at paddy fields was started in early of May, 2007 until last of March 2010 and aimed to observe species of local birds and migrant birds in two seasons of rice growing (main season in May to October and minor season in December to March) at the boundary of Bangkok named is Nong Chokdistrict. The results found 54 species of bird in main season and in minor season found 33 species of birds in paddy fields. 25 species of bird found in both main and minor seasons and 5 species of migrant birds were be the permanent host in paddy fields as Asian Open Bill stork, Painted stork, Cattle Egret, Javan Pond Heron and Chinese Pond Heron. The amount of birds monitoring in main season of rice growing had more than in minor season (located in 5 species of migrant birds) because in main season of rice growing had more food and enough water than the minor season. The birds come to the abundance areas by the conditions of habitat, food and good environment for living.

Keywords: paddy field, indicator, species, birds

บทคัดย่อ

ประเทศไทยทำการเกษตรกรรมโดยปลูกข้าวเป็นพืชหลักและมีการขยายพื้นที่ออกไปทุกปี หลังจากที่ราคาข้าวเพิ่มสูงขึ้น ตามปกติชาวนาจะปลูกข้าวในฤดูฝนในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม แต่ในปัจจุบันชาวนาทำการปลูกข้าวสองถึงสามครั้งต่อปีทำให้พื้นที่นากลายเป็นบึงน้ำอย่างถาวร ทำให้นกที่อาศัยอยู่ในทุ่งนาและนกอพยพเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย การตรวจดูการเปลี่ยนแปลงของนกสัมพันธ์กับการปลูกข้าวของเกษตรกรเริ่มดำเนินการเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2550 ถึง เดือน มีนาคม ปี พ.ศ. 2553 บริเวณเขตพื้นที่หนองจอก กรุงเทพมหานคร ผลการตรวจสอบพบว่า พบจำนวนนกทั้งหมด 54 สายพันธุ์ และ นกอพยพ 5 สายพันธุ์ที่กลายเป็นนกประจำพื้นที่ทุ่งนาโดยไม่มีการอพยพไปจากพื้นที่ ได้แก่ นกปากห่าง นกกาบบัว นกยางควาย นกยางกรอกพันธุ์ชวา และนกยางกรอกพันธุ์จีน ปริมาณนกทั้งหมดจะพบมากในช่วงการทำนาปีมากกว่าช่วงอื่นๆ เนื่องจากมีอาหารและน้ำปริมาณมากพอ นกชนิดต่างๆจะมาอยู่อาศัยในพื้นที่ที่สมบูรณ์เนื่องจากมีที่อยู่อาศัย อาหารและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการดำรงชีวิต

คำสำคัญ: พื้นที่ทุ่งนา ดัชนี สายพันธุ์ นก

Introduction

Rice is an important economic crop in Thailand with approximately 63 million rai (one rai = 1,600 m^2) in production value is about 22 million ton in 2008 (National Statistical Office of Thailand, 2009). The large area of rice production is in the middle part of Thailand where the crop is planting in floodplain or wetland environment. Fasola and Ruiz (1997) discussed about suitable area for rice growing that may be important ecological areas acting as alternative habitat for wetland wildlife. Many birds are living in rice field because their specific habitat requirements may be most likely to use those newly created habitat which are most similar to their natural habitat (Cody, 1981). The relationship between birds and agriculture production had indicated by IBA: Important Bird Area Program (Birdlife International Program, 2001).

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800.

[1] Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800.

[2] คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10530.

[2] Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10530.

The birds around 70 species were using the paddies mainly as feeding areas and consuming about 40 different food items. The relatively between bird community and rice growing areas may play a key role in the conservation of these species (Mikuska *et al*., 1998). The objective of this project are consisting of: identify bird species in two seasons of rice growing, study the habitat of migrant and local or native birds living in rice fields and study the relationship between the abundance of agriculture area and the population of migrant and native birds.

Materials and Methods

Study area: Nong Chok (13° 51' 20" N, 100° 51' 45"E, sea level) is one of the 50 districts of Bangkok. The name of Nong Chokmeans "water lettuce (*Pistia stratiotes*) swamp. This district is the biggest area and the least population (population: 117,385 in year 2009) of Bangkok. The area of Nong Chok district is 497 km^2 and to be announced to be green zone in year 1990. More than 90% of landuse in this area is used for agriculture such as growing rice, vegetables, fruits and livestocks.

Measuring diversity of birds: This study was started in year 2007 to located just local and migrant birds from October, 2007 to March, 2010. All birds were observed 4 times a month at 4 stations in Nong Chok district as Lumpukchee, Lumtoyting, Kratumrai, Nong Chok. The measuring as species and total local and migrant birds. The identified of species by using Craig Robson (2002), David R. Wells (1999), Boonsong Lekagul and Philip D. Round, Saha Karn Bhaet (1991), World water birds (2006) and Association Birds of Thailand (BCST) (2010). Total migrant birds were counted per each year and after project finished in March, 2010.

Results

After 3 years observation, 54 species of bird found in main season, 33 species found in minor season and 25 species found in both main or minor seasons of rice growing period (Table1).The dominant birds found in main season of rice growing as Spot-billed Piligan (*Pelecanus philippensis*), White-breasted Waterhen (*Amaurornis phoenicurus*), Pacific Swallow (*Hirundo tahitica*), Asian Pied Starling (*Sturnus contra*), White-vented Myna (*Aonide thenares grandis*), Black Dronco (*Dicrurus macrocurcus*), Gray-tailed Tatter (*Actitis hypoleucos*), Blackcrowned Night Heron (*Nycticorax nycticorax*), Asian Open Bill stork (*Anastomas oscitans)*, Painted stork (*Mycteria leucocephala)*, Cattle Egret (*Bulbacus ibis)* ,Javan Pond Heron (*Ardeola speciosa)*, Chinese Pond Heron (*Ardeola bacchus)*, Intermediate Egret (*Mesophoyx intermediate*), Grate Egret (*Casmerodius albus*) and Little Egret (*Egretta garzetta*).The permanent birds found in both seasons of rice growing as Asian Open Bill stork (*Anastomas oscitans)*, Painted stork (*Mycteria leucocephala)*, Cattle Egret (*Bulbacus ibis)*, Javan Pond Heron (*Ardeola speciosa)* and Chinese Pond Heron (*Ardeola bacchus)*.

The native or local birds found in rice field as Eurasian Tree Sparrow (*Passer montanus*), Common Tailorbird (*Orthotomus sutorius*), Plain Prinia (*Prinia inornata*), Scaly-breasted Munia (*Lonchura puntulata*), Grater Coucal (*Centropus sinensis*), Lesser Coual (*Centropus bengalensis*), Oriental Magpine Robin (*Copsychus saularis*), Peaceful Dove (*Geopelia striata*), Spotted Dove *Streptopelia chinensis*), Asian Koel (*Eudynamys scolopacea*), Pied Fantail (*Rhipiduna javanica*), Common Myna (*Acridotheres tristis*), Streak-cared Bubul (*Pychonotus blantordi*) and Yellow-vented Bulbul (*Pychonotus geiavier*).

The migrant birds found in rice field as Spot-billed Pelican (*Pelecanus philippensis*), White Stork (*Ciconia ciconia*), Large-billed Crow (*Corrus macrorhynchos*), Black-winged Stilt (*Himantopus himantopus*), Lesser Whistling Duck (*Dendrocygna javanica*), Little Ringed Plover (*Charadrius dubius*), Asian Open Bill stork (*Anastomas oscitans)*, Painted stork (*Mycteria leucocephala)*, Cattle Egret (*Bulbacus ibis)*, Javan Pond Heron (*Ardeola speciosa)*, Chinese Pond Heron (*Ardeola bacchus)*, Grey-tailed Tatter (*Actitis hypoleucos*), Red-whiskered Bulbul (*Pycnonotus jocosus*) and Brown Shrike (*Lanis cristatus*).

From Table 1 found 25 species of bird in both seasons of rice growing period and 5 species of migrant birds were be the permanent host in paddy field as Asian Open Bill stork (*Anastomas oscitans)*, Painted stork (*Mycteria leucocephala)*, Cattle Egret (*Bulbacus ibis)*, Javan Pond Heron (*Ardeola speciosa)* and Chinese Pond Heron (*Ardeola bacchus)* as shown in Figure1.

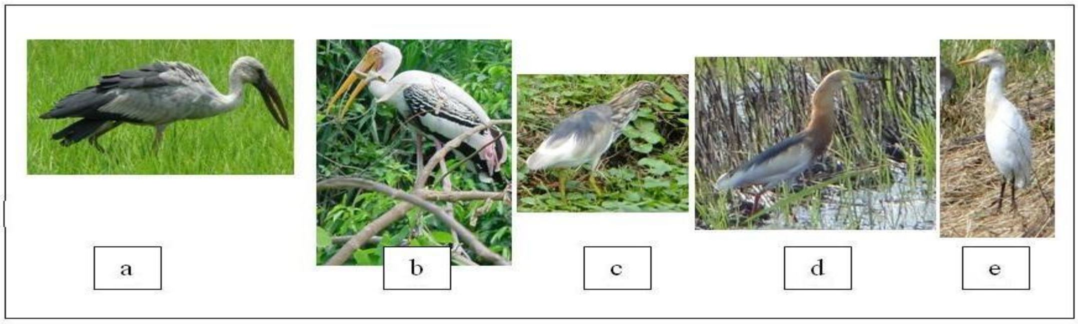


Figure 1 Five species of migrant birds were be the permanent host in paddy field

a: Asian Open Bill stork (*Anastomas oscitans)* b: Painted stork (*Mycteria leucocephala)*, c: Cattle Egret (*Bulbacus ibis)*
d: Javan Pond Heron (*Ardeola speciosa)* e: Chinese Pond Heron (*Ardeola bacchus)*

The density of 5 migrant birds in the fields increased dramatically in main season of rice growing because in this season have more food and the area is became wetland that means it is the good habitat for living.

Discussion

In main season of rice growing period in each year, the birds are increasing because some migrant birds moving from the parched area to an abundance place likes paddy field. In addition, rice fields have more food for feeding and nice place for nesting and caring baby birds. The relationship of birds and the abundance areas is measured by the population of birds living in rice fields. In main season of rice growing, the population of birds have more than in minor season because it have enough food for living. Normally, the community of local or native birds in rice field use the rice field for nesting, relaxing, breeding and feeding but the migrant birds use the rice field just for their nutritional needs. The nest of migrant birds have found more than 30 km. far from the rice field.

Summary

The project started in early of May, 2007 and finished on March, 2010. Time period of an observation is not covered all the seasons of rice growing. In the summer time that is started after March until early in June. Some of migrant birds are moving from the other areas to an abundance area as rice field that brought to be the missing or non recording of many birds. The quantity of birds should be observed and recorded in all seasons of rice growing. The proportion, density and distribution of birds in rice field should be observed and presented in the research also because there are important parameters to locate the abundance areas.

Literature cited

BirdLife International EBCC European, 2000, Important Bird Populations: Estimateds and Trends. Bird Life and

Cody, M.L., 1981, Habitat Selection in Birds: The Role of Vegetation Structure, Competitors and Productivity, Bioscience 31: 107-111.

Craig Robson, 2002. Birds of Thailand. Princeton University Press, USA. 950 pp.

European Bird Censors Council.

Fusola, M. and Ruiz, X., 1997, Rice Farming and Waterbirds: In D.J. Pain and M.W. Pienkowski (eds). Farming and birds in Europe, Academic Press Ltd., London: 210-235.

Lekagul, B., Round, P.D. and Bhaet, S.K., 1991, A Guide to the Birds of Thailand. 458 pp.

Mikuska, T., Kushlan, J.A. and Hartley, S., 1998, Key Areas of Wintering North American Herons Colonial Waterbirds, 2(2): 125-134.

National Statistical Office of Thailand, 2009, Statistical Themes Agriculture & Fishery. [Online].Available: http://web.nso.go.th/en/stat_theme_enven.htm [Accessed on 22 December 2009].

Odum, E.P., 1993, Ecology and our Endangered Life-support Systems. Sinaur. Sunderland. pp. 45-52.

Wells, D.R., 1999, The Birds of The Thai-Malays Peninsula, 1 : Non Passeries. Princeton University Press, USA. 648 pp.

World water birds, 2006, [Online]. Available: www.Jncc.gov.uk/world water birds world water birds.2006. [Accessed on 12 May 2010].

Table 1 Species of migrant and local birds found in main and minor seasons of rice growing period

No.	Species	2007		2008		2009		2010	
		Ma	Mi	Ma	Mi	Ma	Mi	Ma	Mi
1.	*Passer montanus*	+	+	+	+	+	+	+	
2.	*Ploceus hypoxanthus*	-	-	-	+	+	+	-	
3.	*Orthotomus sutorious*	-	+	-	+	-	+	+	
4.	*Prinia inornata*	+	+	+	+	+	+	+	
5.	*Vanellus indicus*	-	-	-	+	-	+	-	
6.*	*Vanellus cinereus*	-	-	+	-	+	+	+	
7.	*Pelecanus Philipensis*	-	-	+	-	+	+	+	
8.*	*Ciconia ciconia*	-	-	+	-	+	-	+	
9.	*Amanrornis phoenicurus*	-	-	-		+	-	+	
10.	*Lonchura punctulata*	-	+	-	+	+	+	+	
11.*	*Halcyon smyrnensis*	-	-	+	-	+	-	+	
12.	*Centropus sinensis*	+	+	+	+	+	+	+	
13.	*Centropus bengalensis*	+	-	+	-	+	+	+	
14.*	*Corvus macrorhynchos*	-	-	+	-	+	-	-	
15.	*Copsycus saularis*	+	+	+	+	+	+	+	
16.*	*Phalacorex niger*	+	-	+	-	+	+	+	
17.*	***Mycteria leucocephala***	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	
18.	*Oriolus chinensis*	-	-	+	-	+	+	+	
19.	*Geopelia striata*	+	-	+	+	+	+	+	
20.	*Streptopelia chinensis*	+	+	+	+	+	+	+	
21.	*Eudynamys scolopacae*	+	-	+	-	+	+	+	
22.*	*Motacilla flava*	+	+	+	+	+	+	+	
23.	*Coracias benghalensis*	-	-	+	+	-	+	-	
24.*	*Himantopus himantopus*	-	-	-	-	+	-	-	
25.*	*Hirundo tahitica*	-	-	-	+	-	+	-	
26.*	***Anastomas oscitans***	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	
27.*	*Dendrocygna javanica*	-	-	-	-	-	+	-	
28.	*Treron vernans*	-	-	-	+	+	+	-	
29.	*Columba livia*	+	+	+	+	+	+	+	
30.*	*Charadrius dubius*	-	-	+	-	+	-	-	
31.	*Rhipidura javanica*	+	+	+	+	+	+	+	
32.*	*Gallinula cholropus*	-	-	-	-	+	-	-	
33.	*Sturnus contra*	+	-	+	-	+	-	-	
34.	*Acridotheres tristis*	+	+	+	+	+	+	+	
35.	*Acridetheres grandis*	+	+	+	+	+	+	+	
36.*	*Dicrurus paradiseus*	-	-	-	-	+	-	+	
37.*	*Dicrurus macrocurrcus*	+	-	+	-	+	-	+	
38.*	*Actitis hypoleucos*	-	-	+	-	+	-	+	
39.*	*Anthus rufulus*	-	-	+	-	+	+	-	
40.*	*Anthus richardi*	-	-	+	-	+	+	+	
41.	*P.blanfordi*	+	+	+	+	+	+	+	
42.	*Pycnonotus goiavier*	+	-	+	-	+	+	-	
43.*	*Pycnonotus jocosus*	+	-	+	-	+	+	+	
44.*	*Saxicola torquata*	-	-	+	-	+	-	+	
45.	*Nycticorax nycticorax*	+	-	+	+	+	+	+	
46.*	***Ardeola bacchus***	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	
47.*	***Ardeola speciosa***	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	
48.*	***Bulbacus ibis***	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	
49.	*Mesophoys intermedia*	+	-	+	+	+	+	+	
50.	*Casmerodius albus*	+	-	+	-	+	+	-	
51.	*Egretta grazetta*	+	+	+	+	+	+	-	
52.*	*Lanius cristatus*	-	-	+	-	+	+	-	
53.*	*Lanius tephronotus*	-	-	+	+	+	+	+	
54.	*Lanius schach*	-	-	-	+	+	-	+	

Ma = Main season of rice growing Mi = Minor season of rice growing * = migrant bird + = found - = not found

การประยุกต์ใช้น้ำเหลือทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลสำหรับปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรพอนิกส์

Application of Wastewater from Nile Tilapia Culture for Growing Lettucein Hydroponic System

นราศักดิ์ บุญมี[1] และ ปริยานุช จุลกะ[1]
Boonme, N.[1] and Chulaka, P.[1]

Abstract

The areas of fresh water fish culture in Thailand had more than 961,370 rais, and a large amount of wastewater from fish culture was released to the natural water resources. It was found that the remaining of nutrients in wastewater sufficient for growing plant. Therefore, the effect of wastewater is from Nile tilapia culture on growth of lettuce in nutrient film technique (NFT) system was studied. The experiment was laid out in a CRD design with 10 replications. Four ratios of Enshi nutrient solution and wastewater from Nile tilapia culture were 1:0 (control), 1:1, 1:2 and 0:1. The results showed the different ratio of Enshi nutrient solution and wastewater was significantly different on growth of lettuce. The ratio of 1:2 showed highest growth of lettuce with 26.15 cm height, 23.10 cm width, 27 leaves and 4.04 g shoot dry weight, while lettuce grown in a single wastewater from Nile tilapia culture (the ratio of 0:1) showed the lowest of growth. In addition, the application of organic filters in NFT system for wastewater from Nile tilapia culture did not show significantly different on growth of lettuce.

Keywords: wastewater, lettuce, soilless culture, growth

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีพื้นที่ในการเลี้ยงปลาน้ำจืดมากกว่า 961,370 ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่จะปล่อยน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติในปริมาณมาก ซึ่งน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลามีธาตุอาหารอยู่ในปริมาณที่เพียงพอสามารถใช้เป็นแหล่งของธาตุอาหารสำหรับพืชได้ จึงได้ศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างสารละลายธาตุอาหาร Enshi และน้ำเหลือทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในระบบปลูกแบบ Nutrient Film Technique (NFT) วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 10 ซ้ำ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi และน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลคือ 1:0, 1:1, 1:2 และ 0:1 พบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารอัตราส่วนที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมโดยผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายอัตราส่วน 1:2 มีการเจริญเติบโตสูงสุดโดยมีความสูง 26.15 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่ม 23.10 เซนติเมตร จำนวนใบ 27 ใบ และน้ำหนักแห้งของต้น 4.04 กรัม ส่วนการใช้น้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว (อัตราส่วน 0:1) จะให้การเจริญเติบโตต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้วัสดุกรองอินทรีย์ในระบบ NFT สำหรับกรองน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมแตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: น้ำเหลือทิ้ง ผักสลัด การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน การเจริญเติบโต

คำนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ในการเลี้ยงปลาน้ำจืดมากกว่า 961,370 ไร่ เช่น ปลานิล ปลาดุก และปลาหมอ เกษตรกรส่วนใหญ่จะปล่อยน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาออกสู่ธรรมชาติ ซึ่งน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลามีธาตุอาหารสามารถใช้ในการผลิตพืชได้ อังคณา และคณะ (2553) รายงานว่าการใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับสารละลายธาตุอาหารอัตราส่วน 1:1 สามารถใช้ในการปลูกผักกาดหอมในระบบ NFT ได้ และ Piedrahita (2003) รายงานว่าน้ำเลี้ยงปลามีองค์ประกอบของสารอินทรีย์และธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส รวมทั้งธาตุอื่นๆ หลายชนิด หากมีการปล่อยน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติในปริมาณมากจะส่งเสริมให้สาหร่ายขนาดเล็กเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อสาหร่ายดังกล่าวตายพร้อมกันจะทำให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียและปริมาณออกซิเจนที่

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

ละลายในน้ำลดลงจนเกิดมลพิษทางน้ำได้ นอกจากนี้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาส่วนใหญ่จะมีแอมโนเนียและตะกอนบางชนิดซึ่งเกิดจากอาหารปลาและของเสียจากการขับถ่ายของปลาการนำน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลามาใช้ร่วมกับสารละลายธาตุอาหารพืชและวัสดุกรองอินทรีย์เพื่อลดปริมาณแอมโมเนียและกรองตะกอนออกก่อนนำมาใช้ปลูกผักจึงเป็นสิ่งจำเป็นดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชในการผลิตผักกาดหอม

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ผลของอัตราส่วนระหว่างสารละลายธาตุอาหาร และน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

เลี้ยงปลานิลจำนวน 300 ตัว ในบ่อไฟเบอร์กราสขนาด 1,500 ลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ จากนั้นนำน้ำเหลือทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับสารละลายธาตุอาหาร Enshi มาเป็นแหล่งธาตุอาหารในน้ำและปลูกผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรอลในระบบปลูกแบบ Nutrient Film Technique (NFT) โดยใช้อัตราส่วนของสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi และน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิล4อัตราส่วนได้แก่ 1:0, 1:1, 1:2 และ 0:1 บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกาดหอม ได้แก่ ความสูงของต้น จำนวนใบน้ำหนักสดของส่วนต้นและรากและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นและราก คุณภาพของสารละลาย ได้แก่ pH และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (electrical conductivity; EC)

การทดลองที่ 2 ผลของการใช้วัสดุกรองอินทรีย์สำหรับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

เลี้ยงปลานิลจำนวน 100 ตัว ในบ่อไฟเบอร์กราสขนาด 150 ลิตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ นำน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลมาผ่านการกรองวัสดุอินทรีย์ 2 ชนิด คือ ขุยมะพร้าวและพีทมอส จากนั้นนำน้ำที่ผ่านการกรองมาใช้สำหรับปลูกผักกาดหอมในสารละลาย 4 ชนิด ได้แก่ สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi (control) สารละลายธาตุอาหารต่อน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลที่ไม่ผ่านการกรอง (อัตราส่วน 1:2) สารละลายธาตุอาหารต่อน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลผ่านกรองด้วยขุยมะพร้าว (อัตราส่วน 1:2) และสารละลายธาตุอาหารต่อน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงนิลผ่านการกรองด้วยพีทมอส (อัตราส่วน 1:2) มาใช้ปลูกผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรอล ในระบบ NFT บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของผักกาดหอม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของอัตราส่วนระหว่างสารละลายธาตุอาหาร และน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

1. การเจริญเติบโตของผักกาดหอม

ผลของการใช้น้ำเหลือทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลร่วมกับสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม พบว่าอัตราส่วนของสารละลายธาตุอาหาร Enshi ต่อน้ำเหลือทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลแตกต่างกันมีผลทำให้การเจริญของผักกาดหอมไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้สารละลายธาตุอาหารเพียงอย่างเดียว (อัตราส่วน 1:0) ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายอัตราส่วนของสารละลายธาตุอาหาร Enshi ต่อน้ำเหลือทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงปลานิล1:2 มีการเจริญเติบโตมากที่สุดโดยมีความสูงของต้น 26.15 เซนติเมตร จำนวนใบ 27 ใบ น้ำหนักสดของต้นและราก 92.75 และ 13.24 กรัม ตามลำดับ และน้ำหนักแห้งของต้น 4.04 กรัม ในขณะที่ผักกาดหอมที่ปลูกในน้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว (อัตราส่วน 0:1) มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด (Table 1) ทั้งนี้สอดคล้องกับงานทดลองของ Miao และคณะ (2002) ซึ่งพบว่าการใช้น้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียวปริมาณธาตุอาหารยังไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช จำเป็นต้องมีการให้ธาตุอาหารเพิ่มเติมจึงจะเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชดังนั้นการให้สารละลายสูตร Enshi ร่วมด้วย ในอัตราส่วน 1: 2 จึงทำให้ผักกาดหอมเจริญเติบโตดีที่สุด

2. คุณภาพของสารละลาย

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในน้ำเหลือทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลต่อสารละลายธาตุอาหาร พบว่าน้ำเหลือทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลต่อสารละลายธาตุอาหารอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม มีปริมาณที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของของผักกาดหอมแต่ปริมาณธาตุอาหารในน้ำเหลือทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว (อัตราส่วน 0:1) จะมีปริมาณ โพแทสเซียม แคลเซียม และ

แมกนีเซียม ต่ำที่สุด คือ 23.8, 69.2 และ 8.9 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (Table 2) พบว่าธาตุอาหารที่ได้จากของเสียจากปลาคาร์ฟมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำ เนื่องจากปลามีความต้องการธาตุอาหารดังกล่าวน้อย ทำให้ส่วนผสมของธาตุดังกล่าวในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลามีปริมาณน้อยด้วย

Table 1 Stem length, leaf number, shoot and root fresh weight and shoot and root dry weight of lettuce at harvest.

Solution	Stem length (cm)	Leaf number	Fresh weight (mg)		Dry weight (mg)	
			Shoot	root	shoot	root
Nutrient solution : fish wastewater = 1:0	25.95[a]	27[a]	74.84[a]	13.97[a]	3.17[b]	0.35[b]
Nutrient solution : fish wastewater = 1:1	26.10[a]	26[a]	94.22[a]	9.67[b]	4.00[a]	0.44[ab]
Nutrient solution : fish wastewater = 1:2	26.15[a]	27[a]	95.75[a]	13.24[a]	4.04[ab]	0.51[a]
Nutrient solution : fish wastewater = 0:1	15.20[b]	16[b]	19.15[b]	4.58[c]	1.08[c]	0.22[c]
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	12.31	15.91	21.87	22.63	23.45	24.56

[1/] Mean in the same column followed by the same letter are not significant different at $p\leq 0.05$ by DMRT.

Table 2 Quantity of nutrient in nutrient solutionwithwastewater fromfish at different ratio.

Solution	Macronutrient content (mg/L)				EC mS/cm	pH
	Total-P	Total-K	Total-Ca	Total-Mg		
Nutrient solution : fish wastewater = 1:0	37	452.6	168.5	50.3	2.78	6.35
Nutrient solution : fish wastewater = 1:1	13	239.0	117.1	31.3	2.48	6.90
Nutrient solution : fish wastewater = 1:2	10	176.9	109.5	24.7	1.68	7.23
Nutrient solution : fish wastewater = 0:1	0	23.8	69.2	8.9	0.52	7.14

การทดลองที่ 2 ผลของการใช้วัสดุกรองอินทรีย์สำหรับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

ผลของการใช้วัสดุกรองอินทรีย์กรองน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม พบว่าการกรองน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลด้วยขุยมะพร้าวและพีทมอส ไม่มีผลทำให้น้ำหนักสดของต้นและรากของผักกาดหอมแตกต่างทางสถิติกับการใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลที่ไม่ผ่านการกรองด้วยวัสดุอินทรีย์ ซึ่งการปลูกผักกาดหอมโดยใช้น้ำเลี้ยงปลาที่ไม่ผ่านการกรองมีการเจริญสูงสุด คือ ความสูงของต้น 17.75 เซนติเมตร (Table 3) จากการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทและวิตามินซีในผักกาดหอม พบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายต่าง ๆ มีปริมาณไนเตรทอยู่ในระดับที่ปลอดภัยตามมาตรฐานของ European Commission (European Commission, 1997) อย่างไรก็ตามการปลูกผักกาดหอมในสารละลายธาตุอาหารร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลอัตราส่วน 1:2 มีปริมาณไนเตรทสะสมในพืชประมาณ 1,500-2,400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสดและมีปริมาณวิตามินซีประมาณ 300-500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (Table 3) การใช้วัสดุกรองอินทรีย์ทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทและวิตามินซีในผักกาดหอม

Table 3 Stem length, leaf number, shoot and root fresh weight, nitrate and vitamin C content of lettuce at harvest.

Solution	Stem length (cm)	Shoot width (cm)	Fresh weight (mg)		Nitrate (mg/kg)	Vitamin C (mg/kg)
			shoot	root		
Nutrient solution (Enshi)	17.70[A]	22.95	83.56	10.29	2584[A]	594
Nutrient solution : fish wastewater	17.75[A]	24.05	75.45	10.25	1568[C]	538
Nutrient solution : fish wastewater = 1:2 (fish wastewater filtered by coconut coir)	16.30[B]	23.25	73.08	9.13	1624[BC]	370
Nutrient solution : fish wastewater = 1:2 (fish wastewater filtered by peatmoss)	17.50[A]	22.50	87.57	10.27	2312[AB]	462
F-test	*	ns	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	7.29	6.41	12.12	18.28	26.13	34.7

[1/] Mean in the same column followed by the same letter are not significant different at $p \leq 0.05$ by DMRT.

สรุปผล

การใช้สารละลายธาตุอาหารพืชร่วมกับน้ำเหลือทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงปลานิล อัตราส่วน 1:2 สามารถนำมาใช้ปลูกผักกาดหอมในระบบ NFT ได้ดี โดยผักกาดหอมพันธุ์เรดคอรอลจะมีความสูงของต้น จำนวนใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและราก ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้สารละลายธาตุอาหารพืชเพียงอย่างเดียว (อัตราส่วน 1:0) ส่วนการใช้น้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว (อัตราส่วน 0:1) จะให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด อีกทั้งการใช้วัสดุกรองอินทรีย์สำหรับกรองน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอม

เอกสารอ้างอิง

อังคณา โชติช่วง ปริยานุช จุลกะพิจิตรา แก้วสอนราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์และ ประธาน โพธิสวัสดิ์,2553, ผลของการใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในระบบการปลูกแบบ Nutrient Film Technique, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41: 129-132.

European Commission, 1997, Commission Regulation (EC) No., 194/97 of 31 January 1997, Official Journal of the European Communities, No. L31:4850.

Miao, X., Cui,S.R. and Miao, Z.W., 2002, Utilization of Aquaculture Wastewater in Vegetable Hydroponic Production System, Transaction of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 18(5): 131-133.

Piedrahita, R.H., 2003, Reducing the Potential Environmental Impact of Tank Aquaculture Effluents Through Intensification and Recirculation, Aquaculture, 226: 35-44.

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวไร่พื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรี

Diversity of Local Upland Rice Varieties in Kanchanaburi Province

ธนพร ขจรผล[1] ณรงฤทธิ์ เภาสระคู[2] และ ชลธิรา แสงศิริ[2]
Kajonphol, T.[1], Paowsrakoo, N.[2] and Sangsiri, C.[2]

Abstract

The local upland rice (*Oryza sativa* L.) is an important genetic resource which consists of high genetic variation. This research is to study the genetic diversity of the local upland rice in Kanchanaburi province. Fifty varieties of upland rice were analyzed, which comprised of 30 Mon varieties, 10 Karen varieties and 10 Northern Thailand varieties. Five morphological characters were analyzed. The experimental design was CRD with 3 replications. The data analysis on Principal Component Analysis (PCA) and grouping population by UPGMA based on dissimilarity ratio of the Euclidean distance coefficient. The results revealed the PCA explain 99.37% of total variation which PCA1 was 95.37% and PCA2 was 3.93%. According to the scatter plot, it was found that all Northern Thailand varieties were on the upper part of PCA. Some Mon state varieties were mostly scattered and mixed with the Karen state varieties and Northern Thailand varieties, except for NPR19 which was scattered on the left side of the PCA. In the part of grouping analysis, the dendrogram plot was divided into 3 groups and one distinct NPR19 varieties. As the results, this study can be used for upland rice breeding program in the future.

Keywords: genetic diversity, local upland rice, Kanchanaburi province

บทคัดย่อ

ข้าวไร่พื้นเมือง (*Oryza sativa* L.) เป็นเชื้อพันธุกรรมของข้าวที่สำคัญและมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวไร่พื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรี ศึกษาข้าวไร่ทั้งหมด 50 สายพันธุ์ ประกอบด้วยข้าวไร่มอญ 30 พันธุ์ กะเหรี่ยง 10 พันธุ์ และภาคเหนือ 10 สายพันธุ์ ใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 5 ลักษณะ ทำการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 3 ซ้ำ วิเคราะห์หาองค์ประกอบหลัก (PCA) และทำการจัดกลุ่มประชากรด้วย UPGMA โดยใช้ค่า dissimilarity ของ Euclidean distance coefficient ผลการทดลองพบว่า PCA สามารถอธิบายได้ 99.37% จากความแปรปรวนทั้งหมด โดย PCA1 อธิบายได้ 95.37% และ PCA2 อธิบายได้ 3.93% จากกราฟพบว่ากลุ่มพันธุ์ภาคเหนือมีการกระจายตัวทางพันธุกรรมเป็นแบบเกาะกลุ่มและค่อนไปด้านบนของกราฟ ส่วนข้าวของชาวเผ่ามอญมีการกระจายตัวส่วนใหญ่รวมกับข้าวไร่ของกะเหรี่ยงและบางส่วนของภาคเหนือ แต่มีเพียง 1 สายพันธุ์ที่กระจายตัวแตกต่างออกไปคือ สายพันธุ์นางฟ้า No.19 (NPR19) ส่วนผลการจัดกลุ่มด้วย UPGMA พบว่าสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มและมี 1 สายพันธุ์ที่แตกต่างออกมาคือ NPR19 จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกข้าวไร่สายพันธุ์พ่อแม่สำหรับในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวไร่ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางพันธุกรรม ข้าวไร่พื้นเมือง จังหวัดกาญจนบุรี

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชอาหารที่สำคัญในแถบเอเชีย มีถิ่นกำเนิดของบริเวณคือ ทางตอนใต้ของเทือกเขาฮิมาลายานในบริเวณของประเทศอินเดีย พม่าและไทย อีกบริเวณคือทางตอนใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน (ดำเนิน และศันสนีย์, 2543; Pusadee และคณะ, 2009) ข้าวไร่พื้นเมืองเป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกในบริเวณเทือกเขาสูงและที่ราบเชิงเขา เช่น ทางภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันตกของประเทศไทย (Frankel และคณะ, 1995) ข้าวไร่ปลูกเฉพาะถิ่นซึ่งมีความ

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000
[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, 47000
[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จ. กาญจนบุรี 71150
[2] Agricultural Sciences Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 71150

หลากหลายของสายพันธุ์ แตกต่างกันในแต่ละสภาพพื้นที่ สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เช่นสภาพดิน โรค แมลง ทนแล้งและต้านทานต่อเพลี้ยจักจั่นสีเขียว (กรมการข้าว, 2553; ดำเนิน และศันสนีย์, 2543; ฉวีวรรณ, 2543; Frankel และคณะ, 1995; Harlan, 1992; Oka, 1988) การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมมีความสำคัญในการอนุรักษ์พันธุกรรมข้าว มีการนำลักษณะทางสัณฐานวิทยามาใช้ (ทิพวรรณ, 2547; Bajracharya และคณะ, 2006; Ntanos และ Koutroubas, 2000; Pusadee และคณะ, 2009) และใช้เครื่องหมายโมเลกุลต่างๆ เช่น RAPD, AFLP และ SSR (Bajracharya และคณะ, 2006; Fuentes และคณะ, 1999; Pusadee และคณะ, 2009; Zhang และคณะ, 2004) ประเทศไทยมีพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองจำนวนมากแต่ปัจจุบันเริ่มมีการปลูกพันธุ์ส่งเสริมแทนทำให้มีการสูญหายของความหลากหลายของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง (ดำเนิน และศันสนีย์, 2543) ในการอนุรักษ์พันธุกรรมข้าวและใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวไร่ จึงจำเป็นต้องมีการรวบรวมข้าวไร่ที่มีความหลากหลายไว้ ในปัจจุบันมีการศึกษาการแพร่กระจายของข้าวไร่และความหลากหลายทางด้านพันธุกรรมของข้าวไร่พื้นเมืองในภาคตะวันตกค่อนข้างน้อย ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางด้านพันธุกรรมของสายพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการรวบรวมและคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวไร่ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวไร่ 50 สายพันธุ์ ประกอบด้วย ข้าวไร่ชาวมอญทองผาภูมิ 30 พันธุ์ ข้าวไร่ชาวกระเหรี่ยงบ้องตี้ (ไทรโยค) 1 พันธุ์ (ชลธิรา และคณะ, 2555) และข้าวไร่กระเหรี่ยง อ.ศรีสวัสดิ์ 9 สายพันธุ์ และข้าวไร่ตัวแทนภาคเหนือ 10 พันธุ์ ทำการปลูก ที่แปลงเกษตรของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 3 ซ้ำ แปลงทดลองขนาด 18x20 เมตร หยอดเมล็ดหลุมละ 3-5 เมล็ด ใช้ระยะระหว่างแถว 25 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 25 เซนติเมตร ช่วงเดือน กรกฎาคม – พฤศจิกายน 2554 ที่แปลงเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี เก็บข้อมูลดังนี้ ความสูง (เซนติเมตร) วันดอกแรกบาน (วัน) พื้นที่ใบธง ด้วยเครื่อง CI-203 Area Meter (ตารางเซนติเมตร) และขนาดเมล็ด (เซนติเมตร) นำข้อมูลทางสัณฐานวิทยาทั้ง 5 ลักษณะ มาจัดกลุ่ม 2 วิธีคือ ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis; (PCA) และการจัดกลุ่มโดยการใช้วิธีการวิเคราะห์ Euclidean distance matrix และจัดกลุ่มแบบ unweighted pair-group (UPGMA) โดยใช้โปรแกรม XL-stat 2012

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก โดยวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis; PCA) ของข้าวไร่ 50 สายพันธุ์ โดยแบ่งเป็นกลุ่มข้าวไร่มอญ ข้าวไร่กะเหรี่ยง และข้าวไร่จากภาคเหนือ จาก Figure 1a ประชากรทั้งหมดกระจายตัวเกาะกลุ่มกันอยู่ที่ตรงกลางของกราฟแสดงให้เห็นว่าความหลากหลายทางสายพันธุ์มีความใกล้เคียงกัน ส่วน Figure 1b ข้าวมอญมีการกระจายตัวเกาะกลุ่มบริเวณกลางกราฟและจะเห็นได้ว่ามีหนึ่งสายพันธุ์ที่แยกตัวออกมา คือพันธุ์นางฟ้า (NRP19) Figure 1c ข้าวกะเหรี่ยงกระจายตัวและเกาะกลุ่มกันที่กลางกราฟ และมี 2 สายพันธุ์ที่แยกตัวออกมาอย่างเห็นได้ชัดคือ พันธุ์บือบ่องหน่อง และพันธุ์บือต้นเตี้ยก๊วยนุ ใน Figure 1d ข้าวจากภาคเหนือจากกราฟจะกระจายตัวค่อนไปด้านบนของกราฟ (Figure 1)

ผลการวิเคราะห์กลุ่ม ทำการจัดกลุ่มประชากรโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 5 ลักษณะ คือ ความสูง พื้นที่ใบธง วันดอกแรกบาน ความยาว และความกว้างของเมล็ดด้วย UPGMA โดยใช้ค่า dissimilarity จาก Figure 2 แบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ได้ 28 สายพันธุ์ มอญ 13 สายพันธุ์ กะเหรี่ยง 6 สายพันธุ์ ภาคเหนือ 9 สายพันธุ์ กลุ่มที่ 2 ได้ 5 สายพันธุ์เป็นสายพันธุ์มอญทั้งหมด กลุ่มที่ 3 ได้ 16 สายพันธุ์ มอญ 11 สายพันธุ์ กะเหรี่ยง 4 สายพันธุ์ ภาคเหนือ1 สายพันธุ์ และอีกกลุ่มมี 1 สายพันธุ์ที่แตกต่างออกมาคือ พันธุ์นางฟ้า (NPR19) ดัง Figure 2

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวไร่พื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรี 50 สายพันธุ์ โดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาทั้ง 5 ลักษณะ พบว่าความหลากหลายของสายพันธุ์ข้าวไร่นั้นค่อนข้างต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ Ntanos และ Koutroubas (2000) ที่ใช้ข้าวไร่กรีซจำนวน 334 สายพันธุ์ โดยใช้ลักษณะใบธง รูปร่างของรวง ความยาวรวง และความสูงต้น พบว่าข้าวไร่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำทั้งภายในประชากร และระหว่างกลุ่ม

ประชากร การศึกษาลักษณะต่างๆ ของสายพันธุ์ที่มีชื่อเดียวกันจากแต่ละที่ พบว่า สายพันธุ์นั้นมีความหลากหลายภายในสายพันธุ์เอง รวมทั้งใช้ในการจัดกลุ่มประชากรด้วย UPGMA โดยใช้ค่า dissimilarity นั้นก็ให้ผลสอดคล้องกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Pusadee และคณะ (2009) ที่ทำการศึกษาในข้าวไร่สายพันธุ์ Bue Chomee ของกะเหรี่ยงในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีความหลากหลายภายในสายพันธุ์เดียวกัน ดังนั้นสายพันธุ์ที่มีชื่อเดียวกันจึงไม่สามารถใช้ในการบ่งบอกถึงความหลากหลายและการแบ่งแยกลักษณะได้ สอดคล้องกับงานของ Bajracharya และคณะ (2006) ในการจัดกลุ่มประชากรของการศึกษาครั้งนี้พบว่ามี 1 สายพันธุ์ของประชากรข้าวมอญ ที่ถูกจัดแยกออกมาเพียงสายพันธุ์เดียว จากการรายงานที่ผ่านมาของ ชลธิรา และคณะ (2555) พบว่าในสายพันธุ์ดังกล่าว (NPR19) นั้นเป็นสายพันธุ์เดียวที่เกษตรกรชาวมอญมีการคัดเลือกอย่างต่อเนื่อง อาจเป็นสาเหตุทำให้โครงสร้างทางพันธุกรรมของสายพันธุ์นี้เปลี่ยนแปลงไปและส่งผลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาทำให้มีความแตกต่างจากสายพันธุ์อื่นอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Pusadee และคณะ (2009) รายงานว่าพบความแตกต่างของโครงสร้างทางพันธุกรรมของสายพันธุ์ข้าวไร่ Bue Chomee เนื่องจากเกษตรกรชาวกะเหรี่ยงในแต่ละท้องถิ่นมีการคัดเลือกสายพันธุ์จึงส่งผลต่อลักษณะและโครงสร้างทางพันธุกรรม อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้ใช้เพียงลักษณะทางสัณฐานวิทยา จึงไม่สามารถระบุถึงโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรได้อย่างชัดเจน จึงจำเป็นต้องมีการใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการศึกษาในครั้งต่อไป

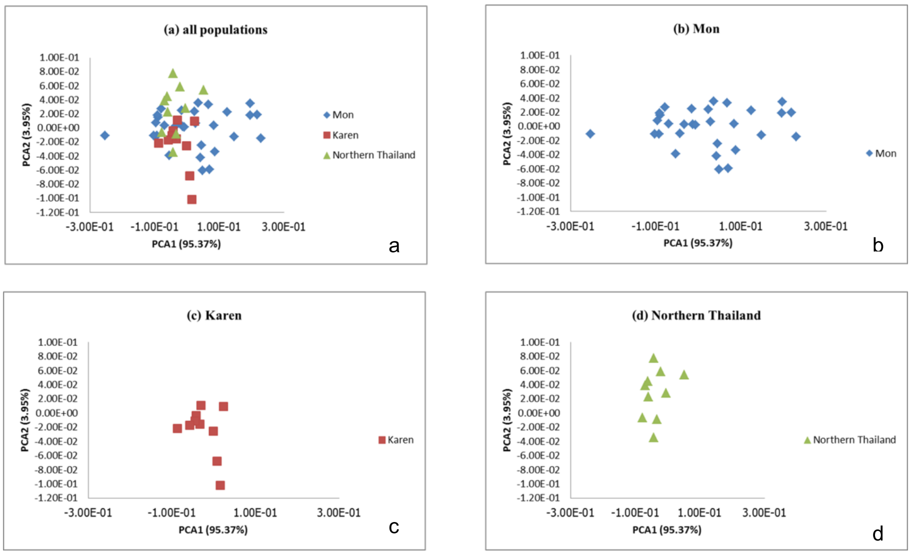


Figure 1 Principal Component Analysis (PCA) for 50 upland rice landraces base on 5 morphological traits: all populations (a); Mon population (b); Karen population (c) and Northern Thailand (d).

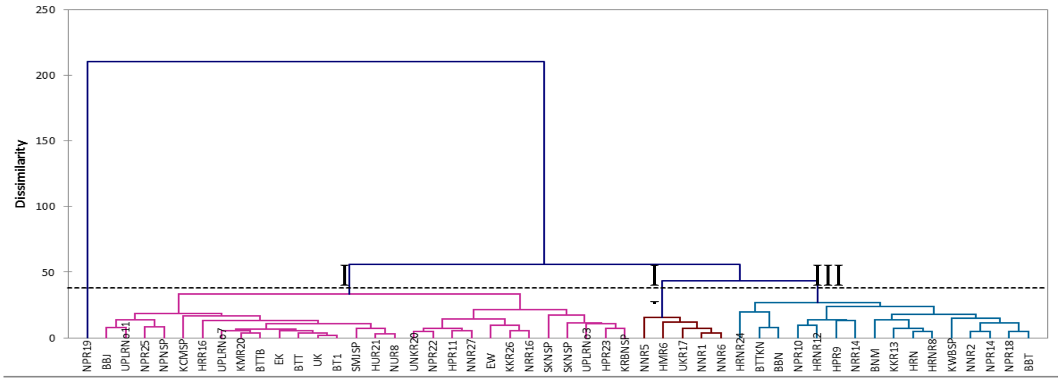


Figure 2 UPGMA dendrogram revealing clusters of 50 upland rice landraces.

สรุปผล

จากการศึกษาความหลากหลายทางด้านพันธุกรรม ซึ่งดูจากลักษณะ 5 ลักษณะที่ศึกษา สามารถแบ่งกลุ่มพันธุ์ได้เป็น 3 กลุ่ม คือจากชนเผ่ามอญ ชนเผ่ากะเหรี่ยง และจากภาคเหนือของประเทศไทย

ความหลากหลายทางพันธุกรรมน้อยและมีการกระจายตัวแบบเกาะกลุ่มเกือบทั้งหมด ยกเว้นบางสายพันธุ์ที่แยกตัวออกมาจากกลุ่มอันเนื่องจากปัจจัยการคัดเลือกสายพันธุ์ของแต่ละพื้นที่

จาก Dendrogram สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มและมี 1 สายพันธุ์ที่แตกต่างออกมาคือ NPR19 โดยกลุ่มที่ 1 ได้ 28 สายพันธุ์ กลุ่มที่ 2 ได้ 5 สายพันธุ์ และกลุ่มที่ 3 ได้ 16 สายพันธุ์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนและวัสดุอุปกรณ์ในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่กะเหรี่ยง ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.จิรวัฒน์ สนิทชน สาขาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองจากภาคเหนือของประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว, 2553, องค์ความรู้เรื่องข้าว, [สืบค้น], http://www.ricethailand.go.th/rice%20web/Index.html [27/ July/ 11]

ฉวีวรรณ วุฒิญาโน, 2543, พันธุ์ข้าวเมืองไทย, เอกสารวิชาการศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

ดำเนิน กาละดี และศันสนีย์ จำจด, 2543, ความหลากหลายลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวก่ำพันธุ์พื้นเมือง, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องพันธุศาสตร์การปรับปรุงพันธุ์และโภชศาสตร์เกษตรของข้าวเหนียวดำ, สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 12-18.

ชลธิรา แสงศิริ พงพัฒน์ สุดนาวา ณรงฤทธิ์ เภาสระคู ธีระพงษ์ เที่ยงสมพงษ์ สุภัทร ประสพศิลป์ และ ธนพร ขจรผล, 2555, ปัจจัยของการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองในหมู่บ้านมอญ ตำบลห้วยเขย่ง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ใน การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 50 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เล่มที่ 2, 31 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2555, กรุงเทพฯ, หน้า 280-290.

ทิพวรรณ ปัญญาสีห์, 2547, ความหลากหลายภายในเชื้อพันธุ์ข้าวของเกษตรกร ปัญหาพิเศษ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 15 หน้า

Bajracharya, J., Steele, K.A., Jarvis, D.I., Sthapit, B.R. and Witcombe, J.R., 2006, Rice landrace Diversity in Nepal: Variability of Agro-morphological Traits and SSR Markers in landraces from a High-altitude Site, Field Crops Research, 95: 327-335

Frankel, O.H., Brown, A.D.H. and Burdon, J.J., 1995, The Conversation of Plant Biodiversity, Cambridge: Cambridge University Press, 299 p.

Fuentes, J.L., Escobar, F., Alvarez, A., Gallego, G., Duque, M.C., Ferer, M., Dues, J.E. and Tohme, J.M., 1999, Analysis of Genetic Diversity in Cuban rice Varieties Using Isozyme RAPD and AFLP markers, Euphytica 109: 107-115.

Harlan, J.R., 1992, Crops & Man.Second Edition.Madision, Wisconsin, USA. 284 p.

Ntanos, D.A. and Koutroubas, S.D., 2000, Agronomic Diversity Among Rice (*Oryza sativa* L.) Line in Germplasm Collection in Greece.CIHEM-Option Mediteraneennes, 58: 1-9.

Oka, H.I., 1988, Origin of Cultivated Rice, Japan Scientific Societies Press, Honorary Fellow, National Institute of Genetics, 254 p.

Pusadee, T., Jamjod, S., Chiang, Y., Rerkasem, B. and Schaal, B.A., 2009, Genetic Structure and Isolation by Distance in a Landrace of Thai rice, PNAS, 106: 13880-13885.

Zhang, H.L., Li, Z.C., Liao, C.Q., Liu, X.L., Zang, Y.W., Shen, S.Q., Mu, P., Yang, Z.Y. and Wang, X.K., 2004, Microsatellite Analysis, Molecular Biology and Biotechnology Center, University of Alberta, Canada.

Agricultural Sci. J. 43(2)(Suppl.): 605-608 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 605-608 (2555)

มันสำปะหลังผลผลิตสูงพันธุ์ MKULB 08-2-45

Cassava Variety High Yield MKULB 08-2-45

สกล ฉายศรี[1] โอภาษ บุญเส็ง[2] พชรดา ฉายศรี[1] ประภาส ช่างเหล็ก[3] กิ่งกานท์ พานิชนอก[4] สุปราณี งามประสิทธิ์[5] และ เอ็จ สโรบล[6]

Chaisri, S.[1], Boonseng, O.[2], Chaisri, P.[1], Changlek, P.[3], Panitnok, K.[4], Ngamprasitthi, S.[5] and Sarobol, E.[6]

Abstract

Planting cassava hybrids (F1) tested yield crossing from Kasetsart 50 X OMR 29-20-118 were selected (MKULB 08-2-45), with four recommend varieties, Kasetsart University, Sriracha 1, Kasetsart 50, Huay Bong 60 and Huay Bong 80. This research was conducted by using the Randomized Complete Block Designs (RCBD) with 3 replications of 16 trials at the Lop-Buri research station, farmer field in Lop-Buri, Phetchabun and Nakhon Sawan province in 2008-12. The results showed that MKULB 08-2-45 gave the highest weighted average fresh root yield 7.1 tons per rai, root starch content 26.20 percentage, height of harvest 209 cm., root per plant 18.82 root, harvest index 0.86 and starch yield 1.86 tons per rai. When compared among four recommended varieties, the result showed that Kasetsart University of MKULB 08-2-45. gave higher that fresh root yield, harvest index and starch yield was higher than Huay Bong 80, Huay Bong 60, Kasetsart 50 and Sriracha 1.

Keywords: cassava, breeding

บทคัดย่อ

ปลูกทดสอบผลผลิตมันสำปะหลังลูกผสม (F_1) ที่เกิดจากการผสมระหว่าง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 กับ พันธุ์ OMR 29-20-118 ที่ผ่านการคัดเลือก (พันธุ์ MKULB 08-2-45) ร่วมกับพันธุ์แนะนำของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ศรีราชา 1, เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และห้วยบง 80 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Designs มี 3 ซ้ำ จำนวน 16 การทดลอง ณ สถานีวิจัยลพบุรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และแปลงเกษตกร ในพื้นที่จังหวัดลพบุรี เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ ในปี พ.ศ. 2551-55 ผลการทดลองพบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ MKULB 08-2-45 ให้น้ำหนักผลผลิตหัวสดสูงสุดเฉลี่ย 7.1 ตันต่อไร่, ปริมาณ แป้งในหัวมันสดเฉลี่ย 26.20 เปอร์เซ็นต์, ความสูงต้นวันเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 209 เซนติเมตร, จำนวนหัวต่อต้นฉลี่ย 18.82 หัว, ดัชนีการเก็บเกี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 0.86 และ ผลผลิตแป้ง 1.86 ตันต่อไร่ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังพันธุ์แนะนำทั้ง 4 พันธุ์ พบว่าพันธุ์ MKULB 08-2-45 ให้ผลผลิตหัวสด, ดัชนีการเก็บเกี่ยว และผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงกว่า พันธุ์ห้วยบง 80, ห้วยบง 60, เกษตรศาสตร์ 50 และ ศรีราชา 1

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง ปรับปรุงพันธุ์

คำนำ

ปัจจุบันปริมาณความต้องการมันสำปะหลังเพื่อใช้ภายในประเทศสูงมากและมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีก มันสำปะหลังนอกจากจะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์แปรรูปเป็นแป้งเพื่อบริโภค และอุตสาหกรรมแล้ว ยังใช้ในอุตสาหกรรมพลังงานเพื่อแปร

[1] **สถานีวิจัยลพบุรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

[1] Lop-Buri research station, Kasetsart University

[2] **ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร**

[2] Rayong Agronomical Research, Department of Agriculture

[3] **สถานีวิจัยเพชรบูรณ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

[3] Phetchabun research station, Kasetsart University

[4] **สถานีวิจัยเขาหินซ้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

[4] Kao-Hin-son research station, Kasetsart University

[5] **สถานีวิจัยพืชไร่สุวรรณวาจกกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

[5] Suwanwajokkasikit Field Crop Research Station, Kasetsart University

[6] **ภาควิชาพืชไร่-นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

[6] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

รูปเป็นเอทานอลอีกด้วย ในฤดูกาลผลิตปี 2554/55 ประเทศไทยใช้พื้นที่ผลิตมันสำปะหลัง 7.37 ล้านไร่ สามารถผลิตได้ 25.1 ล้านตัน มีผลผลิตเฉลี่ย 3.41 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

การผลิตมันสำปะหลังจะได้ผลผลิตสูงหรือต่ำ มีคุณภาพของผลผลิตดีหรือไม่อย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับพันธุ์ และสภาพแวดล้อมที่ปลูก การใช้พันธุ์ดีถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่สะดวก และง่ายสำหรับเกษตรกรในการเพิ่มผลผลิตหรือปรับปรุงคุณภาพของมันสำปะหลัง แทนที่จะเปลี่ยนวิธีการเขตกรรมหรือวิธีการปฏิบัติต่อพืช (มันสำปะหลัง) อย่างไรก็ตาม หากมีการใช้พันธุ์ดีร่วมกับเทคโนโลยีที่เหมาะสมผลผลิตที่ได้ก็จะสูงขึ้น (สกล, 2551)

การจะเพิ่ม หรือยกระดับผลผลิตหัวมันสดของประเทศที่มีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ให้สูงกว่า 3.41 ตันต่อไร่ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยในปัจจุบัน และประเทศไทยจะผลิตมันสำปะหลังให้ได้มากกว่า 25.1 ล้านตันต่อปีนั้น (ฤดูกาลผลิตปี 2554/55) พันธุ์มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตสูงในแต่ละพื้นที่ จะเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรหันมาปลูกมันสำปะหลัง โดยเลือกใช้พันธุ์ที่เฉพาะเจาะจงกับพื้นที่นั้นๆ การปรับปรุงพันธุ์ และคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิต เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสดสูง และมีลักษณะทางการเกษตรที่ดี สามารถปรับตัวได้ดีในเขตที่ปลูก ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิต และช่วยลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง

การวิจัย และพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังต้องดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง จำเป็นต้องมีแผนการดำเนินงาน และการทำงานเป็นทีมจึงจะประสบผลสำเร็จ การได้พันธุ์มันสำปะหลังที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง มีลักษณะต่างๆ ที่ดี ปรับตัวได้ดีในเขตพื้นที่ปลูก ต้านทานต่อโรค และแมลงที่สำคัญ เป็นการลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดินตลอดจนลดการใช้สารเคมีกำจัดโรคและแมลง รวมทั้งลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ทางหนึ่ง โดยเฉพาะการคัดเลือกหาสายพันธุ์/พันธุ์ดี ที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูก เป็นที่ยอมรับในหมู่นักวิชาการโดยเฉพาะนักปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง ว่ายังมีโอกาสที่จะสร้างพันธุ์ให้ดีกว่าปัจจุบัน ทั้งนี้จำเป็นจะต้องมีขั้นตอนทดสอบ ประเมินการแสดงออกของสายพันธุ์ดีเด่น เพื่อดูปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม (G x E) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากความไม่สม่ำเสมอหรือความแตกต่างกันของสภาพแวดล้อม ทั้งในด้านพื้นที่ปลูก ฤดูกาล และ ปีที่ปลูก ซึ่งมีผลอย่างมากต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตของแต่ละพันธุ์แตกต่างกันไป (สกล, 2554) สำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูก โดยเฉพาะพื้นที่ภาคกลางตอนบน

อุปกรณ์และวิธีการ

มันสำปะหลังลูกผสม (F_1) ที่เกิดจากการผสมระหว่าง เกษตรศาสตร์ 50 กับ พันธุ์ OMR 29-20-118 ที่ผ่านการคัดเลือก พันธุ์ MKULB 08-2-45 (***M**anihot esculenta* Crantz, **K**asetsart **U**niversity, **L**op-**B**uri Research Station) และพันธุ์แนะนำของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ศรีราชา 1, เกษตรศาสตร์ 50,ห้วยบง 60 และ ห้วยบง 80 ปลูกทดสอบผลผลิต ตั้งแต่ปี 2551-2555 จำนวน 16 การทดลอง ในเดือนเมษายนของทุกปี ใช้ระยะปลูก 1 X 1 เมตร ณ แปลงทดลอง สถานีวิจัยลพบุรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอโคกเจริญ จังหวัดลพบุรี และแปลงเกษตกร ในพื้นที่จังหวัดลพบุรี เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Designs มี 3 ซ้ำ จำนวน 16 การทดลอง ตัดท่อนพันธุ์ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร ปลูกโดยวิธีปักตรงบนสันร่อง พื้นที่แปลงย่อยขนาด 5 x 10 เมตร หลังปลูก 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีขุดข้างต้นใส่ปุ๋ยแล้วกลบด้วยดิน กำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม ขุดและเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในพื้นที่ 3 X 10 เมตร เมื่ออายุ 12 เดือน เก็บข้อมูลความสูงต้นวันเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร), น้ำหนักต้นสด (กิโลกรัมต่อไร่). จำนวนหัว (ต่อต้น), ผลผลิตหัวสด (กิโลกรัมต่อไร่) ดัชนีการเก็บเกี่ยว , ปริมาณแป้งในหัวสด (เปอร์เซ็นต์), วัดโดยเครื่องวัดแป้งแบบ Raiman Scale และ ผลผลิตแป้ง (กิโลกรัมต่อไร่) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม IRRISTAT และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลผลิตหัวสด

มันสำปะหลังที่ปลูกทดสอบทั้ง 5 พันธุ์ ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) พบว่าพันธุ์ MKULB 08-2-45 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 7.10 ตันต่อไร่ สูงกว่า พันธุ์ห้วยบง 60, เกษตรศาสตร์ 50, ศรีราชา 1 และ ห้วยบง 80 (6.87, 6.65, 6.25 และ 5.96 ตันต่อไร่) ตามลำดับ

จำนวนหัวต่อต้น

มันสำปะหลังที่ปลูกทดสอบทั้ง 5 พันธุ์ ให้จำนวนหัวต่อต้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) พันธุ์ศรีราชา 1 ให้จำนวนหัวเฉลี่ย 20.62 หัวต่อต้น สูงกว่า พันธุ์ MKULB 08-2-45, เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และ ห้วยบง 80 (18.82, 18.50, 15.50 และ 15.43 หัวต่อต้น) ตามลำดับ

ปริมาณแป้งในหัวสด

มันสำปะหลังที่ปลูกทดสอบทั้ง 5 พันธุ์ ให้ปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) พันธุ์ห้วยบง 80 ให้ปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ย 29.20 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าพันธุ์ห้วยบง 60, MKULB 08-2-45, เกษตรศาสตร์ 50 และ ศรีราชา 1 (26.80, 26.20, 26.20 และ 26.00 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ

ความสูงต้นวันเก็บเกี่ยว

มันสำปะหลังที่ปลูกทดสอบทั้ง 5 พันธุ์ ให้ความสูงต้นวันเก็บเกี่ยวเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) พันธุ์ศรีราชา 1 ให้ความสูงวันเก็บเกี่ยว เฉลี่ย 270.00 เซนติเมตร สูงกว่าพันธุ์ ห้วยบง 80, MKULB 08-2-45, เกษตรศาสตร์ 50 และ ห้วยบง 60 (234.40, 209.00, 203.00 และ 195.00 เซนติเมตร) ตามลำดับ

ดัชนีการเก็บเกี่ยว

มันสำปะหลังที่ปลูกทดสอบทั้ง 5 พันธุ์ ให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวเฉลี่ยแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) พันธุ์ MKULB 08-2-45 ให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 0.86 สูงกว่าพันธุ์ ห้วยบง 60, ห้วยบง 80, ศรีราชา 1 และ เกษตรศาสตร์ 50 (0.77, 0.73, 0.71 และ 0.70) ตามลำดับ

ผลผลิตแป้ง

มันสำปะหลังที่ปลูกทดสอบทั้ง 5 พันธุ์ ให้ผลผลิตแป้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) พันธุ์ MKULB 08-2-45 ให้ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 1.86 ตันต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ ห้วยบง 60, ห้วยบง 80, เกษตรศาสตร์ 50 และ ศรีราชา 1 (1.84, 1.74, 1.74 และ 1.63) ตามลำดับ

โครงการวิจัย และพัฒนามันสำปะหลังเฉพาะเขตสภาพแวดล้อม ได้ผสม คัดเลือก และทดสอบผลผลิตมันสำปะหลัง ลูกผสม (F_1) ตั้งแต่ปี 2551-2555 พบว่าพันธุ์ MKULB 08-2-45 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยต่อไร่สูง (7.10 ตันต่อไร่) สูงกว่าพันธุ์แนะนำของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทั้ง 4 พันธุ์ (ศรีราชา 1, เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และ ห้วยบง 80) สามารถปลูก และเจริญเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่ภาคกลางตอนบน โดยเฉพาะพื้นที่ที่เป็นดินเหนียว และดินร่วนเหนียว เก็บเกี่ยวผลผลิตได้คุณภาพหัวมันสดที่ดี ลดการสูญเสียผลผลิตขณะเก็บเกี่ยว สามารถเพิ่มประชากรในพื้นที่ปลูกได้ ซึ่งเหมาะสำหรับแนะนำ และเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคกลางตอนบน โดยเฉพาะจังหวัดลพบุรี เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ ที่นิยมปลูกมันสำปะหลังจำนวนประชากรต่อไร่สูงเพื่อให้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น

สรุปผล

1. มันสำปะหลังพันธุ์ MKULB 08-2-45 ให้ผลผลิตหัวสด ดัชนีการเก็บเกี่ยว และผลผลิตแป้ง เฉลี่ยสูงสุด (7.10 ตันต่อไร่, 0.86 และ1.86 ตันต่อไร่)
2. มันสำปะหลังพันธุ์ ห้วยบง 80 ให้ปริมาณแป้งในหัวมันสดเฉลี่ยสูงที่สุด 29.2 เปอร์เซ็นต์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.โอภาษ บุญเส็ง ที่ให้คำปรึกษา และสนับสนุนเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง ทุนวิจัยสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้โอกาสในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

สกล ฉายศรี, 2551, มันสำปะหลัง. เอกสารประกอบคำบรรยาย ในการฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้ เรื่อง การปลูกมันสำปะหลัง วันที่ 27 มิถุนายน 2551 ณ ศูนย์บริการและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรประจำตำบลชัยนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี.

สกล ฉายศรี, 2554, การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกโดยพิจารณาจากผลผลิต และปริมาณแป้งในหัวมันสด โครงการวิจัย สำนักงานสภาวิจัยแห่งชาติ.

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2555 ,สถิติการเกษตรของประเทศไทย

Table 1 Mean yield and some agronomic characters of 5 cassava varieties form 16 experiments, tested at Lop-Buri Research Station and farmer field Lop-Buri, Phetchabun and Nakhon Sawan province in 2008-12.

Varieties	Fresh root yield[1/]	Root starch content[2/]	Root per plant[3/]	Plant height[4/]	Harvest index	Starch yield[1/]
MKULB 08-2-45	7.10[a]	26.20	18.82[a]	209.00[b]	0.86[a]	1.86
Huay Bong 80	5.96[b]	29.20	15.43[b]	234.40[a]	0.73[b]	1.74
Huay Bong 60	6.87[a]	26.80	15.50[b]	195.00[b]	0.77[b]	1.84
Kasetsart 50	6.65[ab]	26.20	18.50[a]	203.00[b]	0.70[b]	1.74
Srirachar1	6.25[ab]	26.00	20.62[a]	270.00[a]	0.71[b]	1.63
Mean	6.64	26.88	17.77	222.28	0.75	1.77
F-test	*	ns	**	**	**	ns
CV (%)	19.10	7.00	14.80	9.90	10.50	11.90
LSD 0.05	0.89	4.40	2.85	50.31	0.10	0.26

Note: ** = significant at 1% level, * = significant at 5% level and [ns] = not significant

In a column, mean followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

1/. Ton per rai

2/. Percentage

3/ Number per plant

4/. Centimeter

ศักยภาพของโปรตีนไอโซเลตข้าวเป็นสารตั้งต้นของสารให้กลิ่นรสด้วยกระบวนการให้ความร้อน

Potential Use of Isolated Rice Protein as a Precursor of Thermal Process Flavoring Agent

ภัทราวรรณ มหาสิงห์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

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

Abstract

Savory flavoring agent from isolated rice protein (IRP) was conducted. Protein from rice cv KhaoDawk Mali 105 (IRP105) and cv Pathumthani 60 (IRP60) was isolated with 0.1 N NaOH (pH 11.55) for 2 h and precipitated at pH 4.5, which their isolated protein concentrations were 64.94 and 72.44, respectively. The IRP105 and IRP60 were hydrolyzed by 20% bromelain (w/w) for 6 h and 12 h. The results showed that the flavor of hydrolyzed protein for 6 h and 12 h from IRP two rice varieties was sweetness and saltiness similar as soy sauce aroma and the taste was bitter. However, the hydrolyzed protein from IRP105 for 12 h had the highest degree of hydrolysis (48.62%) and obtained a greater sweet taste than that from IRP60. This condition was selected to produce savory flavoring by thermal processed flavor which glucose was varied at 0, 5, 10 and 15% (w/w). Result showed that the hydrolyzed protein from IRP105 for 12 h added 5% glucose received the highest overall acceptance score and chicken soup flavor score. Seventeen major volatiles were found which consisted of four sweet flavor, three sour flavor and seven fatty flavor compounds.

Keywords: isolated protein, rice, flavoring agent, savory flavor, processed flavor

บทคัดย่อ

สารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารคาว (savory flavor) ผลิตจากโปรตีนสกัดจากโปรตีนไอโซเลตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ปทุมธานี 60 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล (pH 11.55) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และตกตะกอนโปรตีนที่ pH 4.5 ได้ปริมาณโปรตีนร้อยละ 64.94 และ 72.44 ตามลำดับ เมื่อนำโปรตีนไอโซเลตข้าวทั้ง 2 พันธุ์ สกัดด้วยโบรมิเลน ร้อยละ 20 (w/w) เป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าโปรตีนสกัดจากโปรตีนไอโซเลตข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ที่ 6 และ 12 ชั่วโมง มีกลิ่นหอมหวาน เค็ม คล้ายซีอิ๊วและมีรสขม แต่โปรตีนสกัดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่สกัดนาน 12 ชั่วโมง พบว่ามีระดับการย่อยสลายสูงที่สุด (ร้อยละ 48.62) และมีกลิ่นหอมหวานมากกว่าและมีรสขมน้อยกว่าโปรตีนสกัดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 60 เมื่อนำโปรตีนสกัดจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยโบรมิเลน สกัดนาน 12 ชั่วโมงมาผ่านกระบวนการ processed flavor โดยการให้ความร้อนแปรความเข้มข้นกลูโคสร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 (w/w) พบว่าโปรตีนสกัดข้าวที่เติมกลูโคสร้อยละ 5 ได้รับคะแนนด้านกลิ่นและรสน้ำซุปไก่รวมถึงคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดและพบสารให้กลิ่นรสหลัก 17 ชนิด ซึ่งจัดเป็นสารให้กลิ่นหอมหวาน 4 ชนิด สารให้กลิ่นเปรี้ยว 3 ชนิด และสารให้กลิ่นไขมัน 7 ชนิด

คำสำคัญ: โปรตีนไอโซเลต ข้าว สารปรุงแต่งกลิ่นรส กลิ่นอาหารคาว กระบวนการให้ความร้อน

คำนำ

ข้าวเป็นแหล่งพลังงานและอาหารหลักที่สำคัญของประชากรในหลายทวีป นอกจากนี้ข้าวมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 9.0–14.7 (Cagampang และคณะ, 1966) ซึ่งโปรตีนข้าวมีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นครบและพบกรดอะมิโนชนิดกรดกลูตามิกในปริมาณสูง ร้อยละ 19.3 (Saldivar และ Othon, 2010) ซึ่งกรดกลูตามิกเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดรสอูมามิ (Yamaguchi และ Ninomiya, 1999) โดยทั่วไปโปรตีนข้าวเป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งหรือเส้นก๋วยเตี๋ยว ซึ่งการผลิตแป้งข้าวสามารถแยกโปรตีนออกมาได้ถึงร้อยละ 60-85 (Zhang และคณะ, 2010) เพื่อเป็นการเป็นใช้ประโยชน์จากทุกส่วนของข้าวอย่างคุ้มค่าทั้งยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่โปรตีนข้าวได้ การผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากโปรตีนจึงเป็นแนวทางในการนำโปรตีนข้าวมาผลิตได้ การผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากโปรตีนโดยการสกัดด้วยเอนไซม์โปรติเอส เช่น โบรมิเลน ปาเปน Flavourzyme®, Alcalase® และ Neutrase® เป็นวิธีการที่ใช้ภาวะการย่อย

---

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

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

ไม่รุนแรง และไม่เกิดสารพิษ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ เพปไทด์ขนาดเล็กและกรดอะมิโนอิสระ ซึ่งมีคุณสมบัติให้กลิ่นรสที่ต่างกัน โปรตีนสกัดสามารถทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะของอาหารได้เด่นชัดขึ้นได้ โดยการนำมาผ่านกระบวนให้ความร้อน (processed flavor) เนื่องจากเกิดปฏิกิริยา maillard และ MSG จากกรดกลูตามิก ซึ่งมีรายงานการใช้โบรมิเลนผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากแหล่งโปรตีนอื่นๆ และผ่านกระบวนการให้ความร้อน ทำให้ได้สารปรุงแต่งกลิ่นรสที่แตกต่างกัน เช่นกลิ่นไก่จากกากถั่วเขียว (ชนิกานต์, 2552) กลิ่นอาหารทะเลจากสาหร่าย (อรพรรณ, 2553) กลิ่นช็อกโกแลตจากกากงา (รัชฎาภรณ์, 2553) เป็นต้น สำหรับข้าวมีการใช้เอนไซม์ย่อยโปรตีนเพื่อศึกษาเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Zhang และคณะ, 2010) แต่ยังไม่มีการศึกษาโปรตีนสกัดจากข้าวมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากโปรตีนข้าวโดยการย่อยด้วยเอนไซม์โบรมิเลนและกระบวนการให้ความร้อน (processed flavor)

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมตัวอย่างข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 60 บดลดขนาดตัวอย่างข้าว และร่อนผ่านตะแกรง 80 เมช สกัดไขมัน (defatted rice flour, DRF) ด้วยเฮกเซน 2 ครั้ง อัตราส่วนข้าวต่อเฮกเซน เท่ากับ 1:3 (w/w) เป็นเวลา 30 นาที เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 นอร์มัล (pH 11.55) ลงในข้าวอัตราส่วนข้าวต่อ NaOH เท่ากับ 1:5 (w/w) คนให้เข้ากันนาน 2 ชั่วโมง จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา15 นาที ตกตะกอนโปรตีนที่ pH 4.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอลิก (HCl) 0.1 นอร์มัล และปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา15นาที เก็บตะกอนโปรตีนข้าว (isolated rice protein, IRP) ล้างIRP ด้วยน้ำกลั่น วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldalh คำนวณ %recovery โปรตีนที่ได้เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนข้าวเริ่มต้น ดังสมการ (Wang และคณะ, 1999)

$$\%recovery = \frac{\text{weight (g) of IRP x protein content (\%) of IRP}}{\text{weight of DRF x protein content (\%) of DRF}} \times 100$$

สกัดโปรตีนข้าวด้วยโบรมิเลนโดยชั่ง IRP 10 กรัม เติมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับ pH เป็น 6.0 เติมโบรมิเลน (activity 98,652 unit/g) ที่ความเข้มข้นเอนไซม์ร้อยละ 20 (w/w) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แปรระยะเวลาการสกัดเป็น 6 และ12 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาการสกัด หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที กรองโปรตีนสกัดด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำส่วนใสไปวัดระดับการย่อยสลาย (degree of hydrolysis, DH) โดยวิธี Trichloroacetic acid (TCA) ตามวิธีของ Netto และ Galeazzi (1998) ทำโปรตีนสกัดเข้มข้นด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 72 มิลลิบาร์ ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหวาน ซีอิ๊ว รสหวาน เค็ม ขม เปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบ Qualitative descriptive test (QDA) ให้คะแนนแบบ 9-point scoring test

การผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสเฉพาะด้วยกระบวนการให้ความร้อน (processed flavor) เลือกโปรตีนสกัดที่มีกลิ่นรสดีที่สุด และได้รับการยอมรับโดยรวมสูงสุด นำโปรตีนสกัดเข้มข้น 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 40 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลกลูโคส แปรความเข้มข้นน้ำตาลร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 (w/w) ให้ความร้อน 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำให้เข้มข้นด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 72 มิลลิบาร์ และทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นรสได้แก่ กลิ่นน้ำซุปไก่ กลิ่นน้ำตาลไหม้ กลิ่นหวาน กลิ่นซีอิ๊ว รสน้ำซุปไก่ รสหวาน รสเค็ม รสขม รสเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบ Qualitative descriptive test (QDA) ให้คะแนนแบบ 9-point scoring test วิเคราะห์องค์ประกอบสารให้กลิ่นรสด้วย dynamic headspace solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry (DHS-SPME-GC-MS) โดยอุ่นตัวอย่างปริมาตร 3 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ดูดซับด้วยไฟเบอร์ 2cm-50/30µm DVB/CarboxenTM /PDMS StableFlexTM เป็นเวลา 20 นาที ใช้คอลัมน์ DB-WAX และก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา ตั้งอุณหภูมิของ oven โดยเริ่มจากอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 180 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และเพิ่มอุณหภูมิจาก 180 เป็น 200 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 8 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที วิเคราะห์สารระเหยด้วย MSD (scan rage 33-350 amu) ที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส แปรผลโดยเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library และเทียบกับสารละลายมาตรฐานอัลเคน (C8-C20alkanes) ที่ % quality match ร้อยละ 80

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

โปรตีนไอโซเลต (IRP) จากข้าวพันธุ์ 105 ขาวดอกมะลิและพันธุ์ปทุมธานี 60 มี %recovery โปรตีนเท่ากับ 48.6 และ 52.44 ตามลำดับ (Table 1) ซึ่ง %recovery โปรตีนจากข้าวทั้ง 2 พันธุ์ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อนำโปรตีนไอโซเลตสกัดด้วยโบรมิเลน ความเข้มข้นเอนไซม์ร้อยละ 20 (w/w) เป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าเมื่อใช้เวลาในการสกัดมากขึ้น ระดับการย่อยสลาย

(%DH) เพิ่มขึ้น (Table 1) แสดงให้เห็นว่าเวลามีผลต่อระดับการย่อยสลาย เนื่องจากเมื่อใช้เวลาการย่อยสลายนานขึ้นเอนไซม์มีโอกาสเกิดการย่อยสลายโปรตีนได้มากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณ soluble protein มากขึ้น ค่า %DH จึงมากขึ้น (Wilkinson, 1961; Jack และ Mona, 1966) อย่างไรก็ตาม %DH ของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ที่เวลาการย่อยสลาย 6 และ 12 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า โปรตีนสกัดจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เวลาการย่อย 12 ชั่วโมง มีกลิ่นรสที่หอมแรงกว่าโปรตีนจากข้าวพันธุ์ปทุมธานี 60 และได้รับคะแนนด้านกลิ่นซีอิ๊วรวมถึงการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด (Figure 1a) จึงเลือกโปรตีนสกัดข้าวขาวดอกมะลิ 105 นาน 12 ชั่วโมง มาผ่านกระบวนให้ความร้อนเพื่อศึกษาศักยภาพในการเป็นสารให้กลิ่นรสเฉพาะ

เมื่อนำโปรตีนสกัดผ่านกระบวนการให้ความร้อน processed flavor ที่ 95 องศาเซลเซียส โดยเติมกลูโคสร้อยละ 5, 10 และ 15 (w/w) พบว่าโปรตีนสกัดทุกความเข้มข้นกลูโคสมีรสขมน้อยลงแต่มีกลิ่นหอมหวานมากขึ้น โดยโปรตีนข้าวสกัดที่เติมกลูโคสร้อยละ 5 (w/w) ให้กลิ่นรสที่ดี ได้รับคะแนนในด้านกลิ่นและรสน้ำซุปไก่ รวมถึงคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด (Figure 1b) เนื่องจากกระบวนให้ความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยา mailard ระหว่างกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซ์ ทำให้เกิดเป็นสารให้กลิ่นรสต่างๆ โดยเฉพาะกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ สามารถให้กลิ่นรสเนื้อสัตว์ (Varavinit และคณะ, 2000) การเติมน้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ จึงช่วยทำให้เกิดเป็นสารประกอบให้กลิ่นรส และปลดปล่อยกลิ่นในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนได้ (Shahidi, 1994) เมื่อวิเคราะห์สารให้กลิ่นรสด้วย GC-MS พบสารประกอบให้กลิ่นรสทั้งหมด 19 ชนิด (Table 2) โดยโปรตีนสกัดเติมกลูโคสร้อยละ 5 พบชนิดสารประกอบให้กลิ่นรสสูงสุด 17 ชนิด ซึ่งจัดเป็นสารให้กลิ่นหอมหวาน 4 ชนิด ให้กลิ่นเปรี้ยว 3 ชนิด และสารให้กลิ่นไขมัน 7 ชนิด (Table 2)

สรุปผล

โปรตีนสกัดจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 สกัดด้วยโบรมิเลนร้อยละ 20 (w/w) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีระดับการย่อยสลายสูงที่สุด และได้รับคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นซีอิ๊วและการยอมรับโดยรวมดีที่สุด เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน โดยเติมน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 5 (w/w) ทำให้ได้สารปรุงแต่งกลิ่นน้ำซุปไก่และพบสารให้กลิ่นรสหลัก 17 ชนิด ซึ่งให้ลักษณะกลิ่นหอมหวานและมัน

คำขอบคุณ

โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ภายใต้โครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากรเพื่อการวิจัยและพัฒนาสำหรับภาคอุตสาหกรรม (NSTDA-University-Industry Research Collaboration: NUI-RC)

เอกสารอ้างอิง

ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น, 2552, การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากถั่วเขียวโดยใช้โปรติเอส, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

รัชฎาภรณ์ คะประสบ, 2553, การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทและสารอาหารจากกากงาใช้เป็นอาหารเสริม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อรพรรณ เสลามาศสกุล, 2553, การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายด้วยเอนไซม์เพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารและสารเสริมสุขภาพ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Cagampang, G.B., Cruz, L.J., Espiritu, S.G., Santiago, R.G. and Juliano, B.O., 1966, Studies on the Extraction and Composition of Rice Proteins, Cereal Chemistry, 43(2): 145-155.

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(4): 683-685.

Jack, F.K. and Mona, I., 1966, The Kinetics of the Papain-catalyzed Hydrolysis of Esters of Carbobenzoxyglycine Evidence for an Acyl-enzyme Intermediate, Biochemistry, 5(2): 783-791.

Netto, F.M. and Galeazzi, M.A.M., 1998, Production and Characterization of Enzymatic Hydrolysate from Soy Protein Isolate, Lebensmittel-Wissenschaft and Techologie, 31(7-8): 624-631.

Panyam, D. and Kilara, A., 1996, Enhancing the Functionality of Food Proteins by Enzymatic Modification, Trends in Food Science and Technology, 71: 120-125.

Saldivar, S. and Othon S.R., 2010, Chemical Composition of Cereal Grains, Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp. 81-107.

Shahidi, F., 1994, Flavor of Meat and Meat Products, Blackie Academic and Professional, London, pp. 298.

Varavinit, S., Shobsngob, S., Bhidyachakorawat, M. and Suphantharika, M., 2000, Production of Meat-like Flavor, Science Asia, 26: 219-224.

Wang, M., Hettiarachchy, N.S., Qi, M., Burks, W. and Siebenmorgen, T., 1999, Preparation and Functional Properties of Rice Bran Protein Isolate, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(2): 411-416.

Wilkinson, G.N., 1961, Statistical Estimations in Enzyme Kinetics, Journal of Biochemical, 80(2): 324-332.

Yamaguchi, S. and Ninomiya, K., 1999, Umami and Food Palatability, Flavor Chemistry : Thirthy Years of Progress, Teranishi, R., Wick, E. L., Hornstein, I.(Ed.), Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp. 423-426.

Zhang, J., Zhang, H., Guo, X., Wang, X. and Yao, H., 2010, Isolation and Identification of Antioxidant Peptides from Rice Endosperm Protein Enzymatic Hydrolysate by Consecutive Chromatography and MALDI-TOF/TOF MS/MS, Food Chemistry, 119: 226-234.

Table 1 Protein content and protein recovery of isolated rice protein. And show the degree of hydrolysis of isolated rice protein.

Rice cv	%Protein (dry weight)		%recovery	%DH	
	Defatted rice	Isolated rice protein		6 h	12 h
KhaoDawk Mali 105	8.44	88.65	48.60^{ns}	44.51^{ns}	48.62^{ns}
Pathumthani 60	8.22	89.71	52.44^{ns}	46.12^{ns}	47.89^{ns}

^{ns}mean in the same column are not significant difference (p > 0.05)

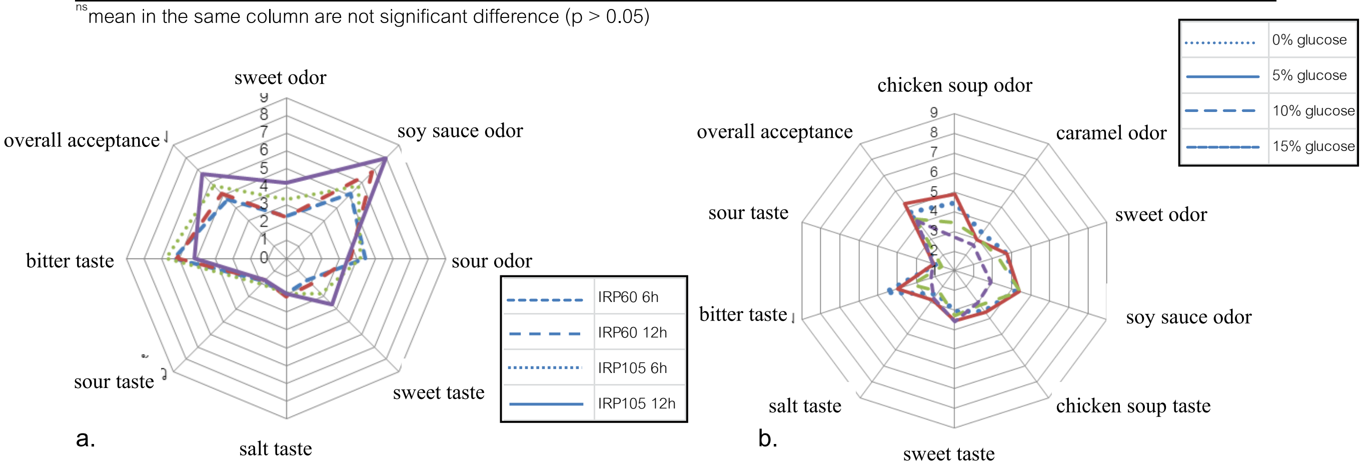


Figure 1 Spider web of sensory profile

a. Protein hydrolysate from isolated rice protein of rice cv Pathumthani 60 (IRP60) and cv KhaoDawk Mali 105 (IRP105) at concentration of bromelain 20% (w/w) and hydrolysis time at 6 and 12 h.

b. Savory flavoring agent by thermal processed flavor from hydrolyzed protein from IRP105 for 12 h added 5% glucose.

Table 2 Volatile compounds in hydrolyzed protein from IRP105 for 12 h added 0, 5, 10 and 15% glucose

Compound	%relative peak area					Odor description*
	before	0% glucose	5% glucose	10% glucose	15% glucose	
D-limonene	5.41	-	7.14	0.58	6.19	citrus
2-pentyl-furan	11.17	6.39	6.00	2.09	0.51	green butter oily
furfural	2.34	3.22	3.79	-	0.43	almond
2-ethyl-1-hexanol	-	-	-	20.88	6.88	citrus fresh floral oily sweet
benzaldehyde	8.89	19.93	12.58	15.53	10.19	sweet
linalool	-	-	0.55	-	0.76	wood
2-undecanone	10.10	2.43	15.95	7.10	19.94	fresh
hexanoic acid	3.59	2.10	1.37	2.53	-	sour fatty sweat cheese
1-tetradecanol	1.89	11.64	1.01	4.71	2.35	weak oily fatty fruity orris coconut
phenol	2.83	1.34	-	-	-	phenolic
isopropyl myristate	-	-	2.15	4.99	2.42	fatty
2-phenoxyethanol	-	-	0.80	-	-	floral mild rose cinnamyl
2-methoxy-4-vinylphenol	6.98	2.81	2.89	-	2.40	woody smoky
n-decanoic acid	5.23	4.25	4.83	2.20	4.41	rancid sour fatty citrus
1-hexadecanol	5.45	25.44	7.95	7.42	-	waxy floral
dodecanoic acid	10.37	10.81	15.44	2.84	22.32	rancid sour fatty citrus
5-(hydroxymethyl)-2-furancarbaldehyde	-	-	4.68	3.64	-	fatty musty waxy caramellic
vanillin	4.80	-	2.98	17.96	-	vanilla
tetradecanoic acid	20.95	9.65	9.92	7.53	21.18	fatty creamy orris

*odor description from http://www.flavornet.org/

การพัฒนาเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน e - Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร

Website Development for Supporting e - Extension in Agricultural Extensions

ณัฐ สมณคุปต์[1] และ ธานินทร์ คงศิลา[1]

Samanakoopt, N.[1] and Kongsila, T.[1]

Abstract

The objectives of this research were: 1) To study website for supporting e-Extension in Agriculture 2) To study obstacles and problems of websites for supporting e-Extension in Agricultural Extension. Samples were 276 agricultural technical officers by purposively selected. Data were collected by Questionnaires. Descriptive statistics included percentage and arithmetic mean. The results showed that The pattern of websites information such as articles, journals, research were rated at high level follow by media documents audio clips, video clips for download with radio and TV online enabling users to comment/ share. Knowledge through the bulletin board at and the site must be able to select more than one language. And the technical creating a website should have a system for collecting data on agriculture. The design should focus on graphics, pictures, colors, or sound effects to the body and the Social Media to Websites such as Facebook, Twitter, Youtube. The obstacles and problems that should be implemented. A content easy to read, illustrated, and can be useful. Update and modernize the content and classified into categories. Should the information required for planning the production of agriculture. And the gist of the information presented.

Keywords: e – Extension, Agricultural extension

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1. ศึกษารูปแบบของเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน e-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร 2. ศึกษาถึงปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะของเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน e-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร กลุ่มตัวอย่างคือนักวิชาการด้านการเกษตร จำนวน 276 คน ด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง และเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม นำข้อมูลมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาและค่าเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่า ความคิดเห็นของนักวิชาการเกษตรต้องการให้รูปแบบของเว็บไซท์มีการนำเสนอข้อมูลทางวิชาการ เช่น บทความ, วารสาร, งานวิจัย อยู่ในระดับมาก รองลงมาควรมีบริการสื่อเอกสาร คลิปเสียง คลิปวิดีโอสำหรับดาวน์โหลด มีรายการวิทยุและโทรทัศน์ออนไลน์ ผู้ใช้บริการสามารถแสดงความคิดเห็น/แลกเปลี่ยนความรู้ผ่านกระดานข่าวสารได้ และเว็บไซท์ต้องสามารถเลือกภาษาได้มากกว่า 1 ภาษา ตามลำดับส่วนด้านเทคนิค การจัดทำเว็บไซท์ควรมีระบบสำหรับเก็บฐานข้อมูลด้านการเกษตร การออกแบบควรเน้นภาพกราฟิก รูปภาพ สีสัน หรือเสียงประกอบต้องสอดคล้องกับเนื้อหา และมีการนำ Social Media มาใช้ในเว็บไซท์ เช่น Facebook, Twitter, Youtube ด้านปัญหาและอุปสรรค พบว่า ควรมีการนำเสนอเนื้อหาที่อ่านง่าย มีภาพประกอบ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ปรับปรุงเนื้อหามีความทันสมัยและจำแนกเนื้อหาออกเป็นหมวดหมู่ ควรเพิ่มข้อมูลข่าวสารด้านการตลาดเพื่อใช้ในการวางแผนการผลิตสินค้าด้านการเกษตร และควรสรุปสาระสำคัญของข้อมูลที่นำเสนอ

คำสำคัญ: เว็บไซท์ในงานส่งเสริมการเกษตร งานส่งเสริมการเกษตร

คำนำ

นักส่งเสริมการเกษตรคือบุคคลสำคัญที่มีส่วนช่วยในการพัฒนางานส่งเสริมการเกษตรให้กับประเทศไทย โดยมีหน้าที่รับผิดชอบในการถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีทางการเกษตรให้แก่เกษตรกรได้อย่างถูกวิธี ช่วยลดผลเสียและเป็นการลดต้นทุนให้กับผลิตผลนั้นๆ ตลอดจนการแนะแนวทางการทำการเกษตรให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ปัจจุบันการทำงานด้านการเกษตรได้รับความสนใจจากทุกภาคส่วนทำให้จำนวนเกษตรกรนั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการพัฒนางาน

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร 50 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[1] Department of Agricultural Extension and Communication Faculty of Agriculture 50 Kasetsart University Gnamwongwan Road, Lat Yao Subdistrict, Jatujak District, Bangkok 10900

ส่งเสริมการเกษตรต้องอาศัยสื่อมาเป็นเครื่องมือที่จะช่วยอำนวยความสะดวกให้กับนักส่งเสริมการเกษตรและเป็นการเพิ่มช่องทางการเรียนรู้แก่เกษตรกรอีกด้วย

แนวทางการพัฒนางานส่งเสริมการเกษตรในปัจจุบันและอนาคตจะมีการนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวนับวันก็จะได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วและมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง การนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้ในการเผยแพร่ข้อมูลและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรด้านต่างๆ รวมทั้งการเรียนรู้ผ่านทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-learning) และการประชุมทางไกล (teleconference) ซึ่งจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานภาคสนาม และแก้ไขปัญหาเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรได้อีกด้วยตลอดจนการจัดตั้งกลุ่มและสร้างเครือข่าย (network) เพื่อช่วยเหลือและสนับสนุนซึ่งกันและกันทั้งการผลิตและการตลาด รวมทั้งเพื่อความสะดวกในการถ่ายทอดความรู้และเชื่อมโยงการตลาดกับภาคเอกชน

แนวโน้มของเทคโนโลยีสารสนเทศจะค่อยๆ กลายมาเป็นระบบรวม โดยให้เครื่องระบบหนึ่งๆ ทำงานพร้อมกันได้หลายๆ อย่าง เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ นอกจากจะเป็นเครื่องประมวลผลข้อมูลด้านบัญชีแล้ว ยังใช้งานจัดเตรียมเอกสารแทนเครื่องพิมพ์ดีด ใช้ในการรับส่งข้อความหรือจดหมายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ห่างไกลภายในเครือข่ายเดียวกัน ซึ่งอาจจะอยู่คนละซีกโลกในลักษณะที่เรียกว่าไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์

ครรชิต (2543) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการใช้ไอทีกับงานข้อมูลว่า เครื่องมือสำคัญสำหรับการใช้งานกับข้อมูลก็คือคอมพิวเตอร์ และระบบอินเตอร์เน็ต ซึ่งคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดเก็บ บันทึก ประมวลผลข้อมูล และจัดทำรายงานต่างๆ ตามที่ผู้ใช้ต้องการ ส่วนระบบอินเทอร์เน็ตช่วยในการเผยแพร่ข้อมูลที่จัดเก็บให้ผู้ใช้ในประเทศหรือทั่วโลกนำไปใช้งานได้ ดังนั้นการพัฒนาเว็บไซท์เพื่อสนับสนุนการส่งเสริมการเกษตรในรูปแบบ E-Extension เป็นทางเลือกหนึ่งในการส่งเสริมการเกษตรยุคปัจจุบันและเป็นเครื่องมือในการสืบค้นข้อมูลและถ่ายทอดเทคโนโลยีทางการเกษตรให้กับเกษตรกรหรือนักส่งเสริมการเกษตร ตลอดจนบุคคลทั่วไป สามารถนำข้อมูลจากเว็บไซท์ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับอาชีพของตน อีกทั้งเป็นการเพิ่มเครือข่ายให้กับเกษตรกรจากหมู่บ้านเป็นชุมชนหรือจากจังหวัดขยายออกไปเป็นภาคต่างๆ สามารถแลกเปลี่ยนข่าวสารและนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาหรือเผยแพร่อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษารูปแบบของเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน E-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร และศึกษาถึงปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะของเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน E-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร

การตรวจเอกสาร

การศึกษาเรื่อง รูปแบบเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน E-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยไว้ดังนี้

1. งานส่งเสริมการเกษตร
2. สื่อเพื่องานส่งเสริมการเกษตร
3. ความหมายและความเป็นมาของอินเทอร์เน็ต
4. เว็บไซท์

งานส่งเสริมการเกษตร (Agricultural Extension Work) หมายถึงระบบการศึกษานอกโรงเรียนซึ่งผู้ใหญ่และเด็กเรียนรู้เกี่ยวกับการเกษตรโดยการปฏิบัติด้วยตนเองและช่วยตนเอง การส่งเสริมจะใช้การศึกษาและบริการแก่บุคคลที่เป็นเป้าหมายเพื่อให้บรรลุถึงความต้องการที่แท้จริงของบุคคลเหล่านั้นโดยมีพื้นฐานที่ตั้งอยู่บนการพัฒนาประชาชนในสังคม (ดิเรก, 2518)

สื่อเพื่องานส่งเสริมการเกษตร

จากการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบสารและสื่อเกษตรทฤษฎีใหม่ ภายใต้การสื่อสารการเกษตรในประเทศไทย พบว่าควรมีลักษณะเป็นสื่อประสม และกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องสำหรับสื่อที่เหมาะสมกับการสื่อสารเรื่องเกษตรทฤษีใหม่นั้น ได้แก่ สื่อบุคคล สื่อคู่มือประกอบการอบรม การสาธิต สื่อภาพชุด สื่อ VDO สื่อเทปวิทยุ และสื่อแบบจำลอง แต่ยังพบจุดอ่อนอยู่หลายประเด็น จึงได้มีการให้แนวคิดการแพร่กระจายการสื่อสารการเกษตร (Agricultural Communication Process)

ความหมายและความเป็นมาของอินเทอร์เน็ต

กิดานันท์ (2539) กล่าวว่า อินเทอร์เน็ตหมายถึงระบบการเชื่อมโยงข่ายงานคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ซึ่งครอบคลุมทั่วโลก เพื่ออำนวยความสะดวกในการบริการการสื่อสารข้อมูล เช่น การบันทึกเข้าระยะไกล (remote login) การถ่ายโอนแฟ้มไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์และกลุ่มอภิปรายอินเทอร์เน็ตเป็นวิธีในการเชื่อมโยงข่ายงานคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ซึ่งขยายออกไปอย่างกว้างขวางเพื่อการเข้าถึงของแต่ละระบบที่ มีส่วนร่วมอยู่ ดังนั้น อินเทอร์เน็ตนับเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่งในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งหากจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลข่าวสารในการทำงานประจำวัน อินเทอร์เน็ตก็เป็นช่องทางที่ทำให้เราสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว ได้รับข่าวสารหรือเหตุการณ์ความเป็นไปต่างๆ ทั่วโลกหรือความต้องการในการสืบค้นข้อมูลเพื่อการศึกษาหรือปฏิบัติงานในชีวิตประจำวัน นอกจากนั้นอินเทอร์เน็ตเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญสำหรับคนในทุกสาขาอาชีพที่จะช่วยให้รับรู้ข่าวสารที่เกิดขึ้นในมุมอื่นของโลกได้อย่างรวดเร็วกว่าสื่ออื่น

และหากเราจำเป็นต้องติดต่อกับบุคคลอื่นเป็นประจำไม่ว่าจะอยู่ภายในหรือภายนอกประเทศ อินเทอร์เน็ตก็จะช่วยให้สื่อสารกับบุคคลอื่นได้ทั้งการสนทนาแบบออนไลน์หรือฝากข้อความอิเล็กทรอนิกส์ไว้กับคอมพิวเตอร์เพื่อรอให้ผู้รับมาเปิดอ่านในเวลาที่สะดวกได้ ทำให้เปิดโอกาสในการสื่อสารถึงกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เว็บไซท์ (website)

เว็บไซท์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์หลักที่ให้บริการเวิลด์ไวด์เว็บหรือที่เรียกกันว่า “เว็บเซิร์ฟเวอร์” ซึ่งองค์กรนั้นๆ จะทำการพัฒนาเว็บเพจขององค์กรแล้วนำไปเก็บไว้ในเว็บเซิร์ฟเวอร์นี้เรียกชุดของเว็บเซิร์ฟเวอร์หนึ่งตัวจะมีเว็บไซต์ได้เพื่อหนึ่งที่แต่ในปัจจุบันเว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถกำหนดเว็บไซต์จำนวนมากไว้ในเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อตัวเดียว (พาธระพี, 2540)

ปิยวิท (2540) ได้กล่าวว่า เว็บไซต์ถูกเรียกเป็นตำแหน่งที่อยู่ของผู้ที่มีเว็บเพจเป็นของตัวเองบนระบบอินเทอร์เน็ตซึ่งจะได้จากการลงทะเบียนกับผู้ให้บริการเช่าพื้นที่บนระบบอินเทอร์เน็ต เมื่อลงทะเบียนในชื่อที่ต้องการแล้วสามารถจัดทำเว็บเพจและส่งให้ศูนย์บริการนำขึ้นสู่ระบบอินเทอร์เน็ต จึงถือว่ามีเว็บไซต์เป็นของตนเองแล้ว นอกจากนั้น เว็บไซต์ยังเป็นแหล่งรวบรวมเว็บเพจจำนวนมากมายหลายหน้าในเรื่องเดียวกันให้มารวมอยู่ด้วยกัน แต่สิ่งหนึ่งในการเสนอเรื่องราวบนเว็บไซต์ที่แตกต่างไปจากโปรแกรมโทรทัศน์ เนื้อหาในนิตยสารหรือหนังสือพิมพ์ คือการทำงานบนเว็บจะไม่มีวันสิ้นสุด ทั้งนี้เนื่องจากเราสามารถเปลี่ยนแปลงและเพิ่มสารสนเทศบนเว็บไซต์ได้ตลอดเวลา และในแต่ละเว็บจะมีการเชื่อมโยงกันภายในเว็บหรือเชื่อมโยงไปยังเว็บไซต์อื่นๆ เพื่อให้ผู้อ่านสามารถอ่านได้ในเวลาอันรวดเร็ว

อุปกรณ์และวิธีการ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถาม “รูปแบบเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน E-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร” และทำการส่งแบบสอบถามไปยังสำนักงานเกษตรจังหวัด จำนวน 76 จังหวัดๆ ละ 5 ฉบับ รวมทั้งสิ้น 380 ฉบับ และได้คืนกลับมาจำนวน 276 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 72.63 กลุ่มตัวอย่างคือนักวิชาการด้านการเกษตร ใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง และเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม นำข้อมูลมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาและค่าเฉลี่ย

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นต่อรูปแบบเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน E-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร

ผลการวิจัย พบว่า ความคิดเห็นต่อรูปแบบเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน E-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร โดยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =3.60) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นมากที่สุดอยู่ในระดับมาก คือ ด้านเนื้อหา ($\overline{X}$ =3.67) ซึ่งมากกว่าด้านเทคนิค ($\overline{X}$ =3.50) ที่อยู่ในระดับปานกลาง

ส่วนความคิดเห็นต่อรูปแบบเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน E-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร ในแต่ละด้านเป็นดังนี้

1. ด้านเนื้อหา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นโดยรวมในระดับมาก ($\overline{X}$ =3.76) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในระดับมากทุกข้อ โดยมากที่สุด คือ เว็บไซท์มีเนื้อหาทางวิชาการทางการส่งเสริมการเกษตร เช่น บทความ วารสาร งานวิจัย ($\overline{X}$ =4.24) รองลงมา คือ บริการสื่อสำหรับดาวน์โหลด เช่น เอกสาร คลิปเสียง คลิปวิดีโอ ($\overline{X}$ =3.97) และสามารถแสดงความคิดเห็น/แลกเปลี่ยนความรู้ผ่านกระดานข่าวสารได้ ($\overline{X}$ =3.87)
2. ด้านเทคนิค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นโดยรวมในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ =3.50) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในระดับมาก 3 ข้อ และในระดับปานกลาง 2 ข้อ โดยมากที่สุด คือ มีระบบสำหรับเก็บฐานข้อมูล ($\overline{X}$ =4.14) รองลงมา คือ กราฟิก รูปภาพ เสียง สีสัน ต้องสอดคล้องกับการส่งเสริมการเกษตร ($\overline{X}$ =3.93) และมีการนำ Social Media มาใช้ในเว็บไซท์ในงานส่งเสริมการเกษตร เช่น Facebook, Twitter, Youtube, Flickr เป็นต้น ($\overline{X}$ =3.55)

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัย พบว่า สิ่งที่เว็บไซท์เพื่อสนับสนุน e-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตรควรจะมีมากที่สุดคือด้านเนื้อหาบนเว็บไซท์โดยที่เนื้อหาดังกล่าวต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ การทดสอบหรือการทดลองที่มีผลที่ชัดเจนจนได้รับการยอมรับและเผยแพร่ เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถที่จะนำไปใช้ได้ทันที เช่น บทความ วารสาร และงานวิจัยต่างๆ และสิ่งสำคัญในการเพิ่มช่องทางการรับรู้ข่าวสาร คือ เว็บไซท์ควรมีบริการสื่อที่มีความหลากหลาย เช่น เอกสาร คลิปเสียง และคลิปวิดีโอ แก่ผู้ที่สนใจสามารถดาวน์โหลดนำไปเผยแพร่ต่อไปได้และสามารถแสดงความคิดเห็นหรือมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านกระดานข่าวสารทำให้ผู้ที่ให้ข้อมูลกับผู้รับข้อมูลสามารถติดต่อสอบถามได้ทันที ส่วนด้านเทคนิคของการจัดทำเว็บไซท์นั้นควรที่จะมีการสร้างฐานข้อมูลของงานด้านส่งเสริมการเกษตร ส่วนการออกแบบก็ควรใช้รูปภาพหรือการนำเสียงประกอบถ้ามีความสอดคล้องกับเนื้อหาก็จะช่วยให้เว็บไซท์เกิดความน่าสนใจยิ่งขึ้น จากการ

ส่งเสริมการเกษตรที่ต้องอาศัยคนมากกว่าเครื่องมือต่างๆ จนเข้าสู่ยุคปัจจุบันในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาอำนวยความสะดวก ในอนาคตงานส่งเสริมการเกษตรก็จะเข้าสู่รูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Extension) มากขึ้นการนำสื่อเครือข่ายสังคม (social media) เช่น Facebook, Youtube, Twitter เป็นต้น จะมีส่วนช่วยในการเปิดโอกาสให้แก่ผู้ที่สนใจไม่ว่าจะเป็นสาขาอื่นๆ ที่นอกเหนือจากสาขาการเกษตร เข้ามามีส่วนร่วมจนเกิดการบูรณาการงานด้านการเกษตรให้สามารถพัฒนาไปสู่ความยั่งยืนต่อไป

สรุปผล

งานวิจัย การพัฒนาเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน e - Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร สามารถบอกถึงรูปแบบของเว็บไซท์ที่จะเป็นสื่อกลางเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานโดยที่รูปแบบของเว็บไซท์ดังกล่าวสามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคซึ่งสามารถสรุปผลได้ ดังนี้ ด้านเนื้อหาเว็บไซท์ต้องมีเนื้อหาทางวิชาการทางการส่งเสริมการเกษตร เช่น บทความ วารสาร งานวิจัย ($\overline{X}$ =4.24) รองลงมา คือ บริการสื่อสำหรับดาวน์โหลด เช่น เอกสาร คลิปเสียง คลิปวิดีโอ ($\overline{X}$ =3.97) และสามารถแสดงความคิดเห็น/แลกเปลี่ยนความรู้ผ่านกระดานข่าวสารได้ ($\overline{X}$ =3.87) และด้านเทคนิคในการจัดทำเว็บไซท์ ด้านเทคนิค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นโดยรวมในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ =3.50) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า เว็บไซท์ต้องมีระบบฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลด้านการส่งเสริมการเกษตรในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.14) รองลงมา คือ กราฟิก รูปภาพ เสียง สีสัน ต้องสอดคล้องกับการส่งเสริมการเกษตร ($\overline{X}$ =3.93) และมีการนำ Social Media มาใช้ในเว็บไซท์ในงานส่งเสริมการเกษตร เช่น Facebook, Twitter, Youtube, Flickr เป็นต้น ($\overline{X}$ =3.55)

คำขอบคุณ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือและการดูแลอย่างดียิ่งจาก รศ.ดร.พิชัย ทองดีเลิศ หัวหน้าภาควิชาฯ รศ.ดร.สาวิตรี รังสิภัทร ประธานคณะกรรมการวิจัยและบริการวิชาการ และ ผศ.สุภาภรณ์ เลิศศิริ อาจารย์ประจำภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำคำปรึกษาและข้อคิดเห็นที่มีคุณค่าต่องานวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้บริหาร นักวิชาการ และบุคลากรทุกท่าน ที่สังกัดสำนักงานเกษตรจังหวัด ทั้ง 76 จังหวัด ที่ให้ความอนุเคราะห์และสละเวลาในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

กิดานันท์ มลิทอง, 2539, อธิบายศัพท์คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต มัลติมีเดีย, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ครรชิต มาลัยวงศ์, 2543, แนวคิดเกี่ยวกับการใช้ไอทีกับสารสนเทศทางการเกษตร, เอกสารการสัมมนา ทางวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเกษตร 6-7 กรกฎาคม 2543.

ณรงค์ สมพงษ์, 2543, สื่อสารมวลชนเพื่องานส่งเสริม, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดิเรก ฤกษ์หร่าย, 2527, การส่งเสริมการเกษตร: หลักการและวิธีการ, (พิมพ์ครั้งที่ 6) กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

ปิยวิท เจนกิจจาไพบูลย์, 2540, เรียนรู้การสร้างโฮมเพจด้วย HTML, กรุงเทพมหานคร: วิศาสตร์

พาธระพี เตชพาหพงษ์, 2540, คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตเข้าใจง่ายสไตล์ 3 มิติ, กรุงเทพมหานคร: บริษัทเอ็ดยูเคชั่นจำกัด.

ยืน ภู่วรวรรณ, 2543, แนวโน้มเทคโนโลยีไอทีกับงานทางด้านการเกษตร, เอกสารการสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเกษตร 6-7 กรกฎาคม 2543.

วิจิตร อาวะกุล, 2527, หลักการส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ : O.S.PRINTING HOUSE co,ltd.

เส้นทางพัฒนางานส่งเสริมการเกษตรไทย, 2553, เอกสารประกอบการสัมมนาครบรอบ 25 ปี ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2552.

Table 1 The mean and standard deviation All of the opinions on the website for supporting e-Extension in agricultural extensions

Opinion	$\overline{X}$	S.D.	Level
1. Contents	3.76	0.78	High
2. Techniques	3.50	0.71	Moderate
รวม	3.60	0.66	High

จาก Table 1 พบว่า ความคิดเห็นต่อรูปแบบเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน E-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร โดยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =3.60) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นมากที่สุดอยู่ในระดับมาก คือ ด้านเนื้อหา ($\overline{X}$ =3.76) ซึ่งมากกว่าด้านเทคนิค ($\overline{X}$ =3.50) ที่อยู่ในระดับปานกลาง

Table 2 The mean and standard deviation of the opinions on the website for supporting e-Extension in agricultural extensions

The opinions on the website for supporting e-Extension in agricultural extensions.	$\overline{X}$	S.D.	Level
1. Contents			
1) The Website contains technical information such as promotion articles, journals, research	4.24	0.81	High
1) Service for the media to download such as document, audio clip and video clip.	3.97	0.90	High
2) Comment / Share knowledge through a bulletin board.	3.87	0.89	High
3) The online media on the websites such as radio broadcasting and television broadcasting	3.76	0.94	High
4) Choose a website can have more than 1 language.	3.55	0.96	High
Total	**3.76**	**0.78**	High
2. Techniques			
1) A system for storing data base.	4.14	0.85	High
2) Graphics, pictures, sounds, colors must be consistent with the agriculture.	3.93	0.89	High
3) The use of Social Media websites in the agricultural extension such as Facebook, Twitter, Youtube, Flickr	3.55	1.01	High
4) A URL should be in Thai. Such as “http://www.ส่งเสริมการเกษตร.com”	3.24	1.18	Moderate
5) The Pop-up ads or products on the Web site	2.64	1.19	Moderate
Total	**3.50**	**0.71**	**Moderate**

จาก Table 2 พบว่า ความคิดเห็นต่อรูปแบบเว็บไซท์เพื่อสนับสนุน E-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร ในแต่ละด้านเป็นดังนี้

ด้านเนื้อหา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นโดยรวมในระดับมาก ($\overline{X}$ =3.76) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในระดับมากทุกข้อ โดยมากที่สุด คือ เว็บไซท์มีเนื้อหาทางวิชาการทางการส่งเสริมการเกษตร เช่น บทความ, วารสาร, งานวิจัย ($\overline{X}$ =4.24) รองลงมา คือ บริการสื่อสำหรับดาวน์โหลด เช่น เอกสาร คลิปเสียง คลิปวิดีโอ ($\overline{X}$ =3.97)

ด้านเทคนิค พบว่า พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นโดยรวมในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ =3.50) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในระดับมาก 3 ข้อ และในระดับปานกลาง 2 ข้อ โดยมากที่สุด คือ มีระบบสำหรับเก็บฐานข้อมูล ($\overline{X}$ =4.14) รองลงมา คือ กราฟิก รูปภาพ เสียง สีสัน ต้องสอดคล้องกับการส่งเสริมการเกษตร ($\overline{X}$ =3.93)

การศึกษาปัจจัยพื้นฐานของผู้ประกอบการธุรกิจไม้ดอกไม้ประดับในหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง 15 จังหวัดนครนายก

Study on Basic of Ornamental Plant Entrepreneur in Ornamental Plant Village, Khlong 15, Nakhornnayok Province

สุภาภรณ์ เลิศศิริ[1] **และ พิชัย ทองดีเลิศ**[1]
Lertsiri, S.[1] and Tongdeelert, P.[1]

Abstract

The objectives of this research were: 1) to examine the socio-economic background of entrepreneur, and 2) to study how they operate their business. Data was collected from 201 ornamental plant entrepreneurs in Ornamental Plant Village Khlong 15 by questionnaires and in-depth interviews. Descriptive statistics, percentages and means were used to analyze data. The results of this research showed that the majority of entrepreneurs were females, were between 36-45 years old and had an elementary school education level. The total number of workers were 2-3 and the holding area was less than 1 rai and held a rental. Most foliage plants and flowers were produced by the entrepreneur. According to the market factors (4P), the highlights of plants induced that the product was available in many varieties and had good, early vigor. The location also offered convenient transportation, beautiful decoration, and the price was cheaper than the market price. Promotion was also a free service to the garden. Demand for assistance from the government induced reduced expenses, such as rental space, reduced tax rates for herbicides, fertilizers, raw materials and low-interest loans.

Keywords: Ornamental Plant, entrepreneur

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาสภาพเศรษฐกิจและสังคม 2) เพื่อศึกษาวิธีการประกอบการธุรกิจไม้ดอกไม้ประดับ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์เชิงลึก จากผู้ประกอบการไม้ดอกไม้ประดับ หมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง 15 ทั้งหมด 201 คน ส่วนใหญ่ผู้ประกอบการเป็นเพศหญิง และมีการศึกษาในระดับประถมศึกษา ส่วนวิธีการประกอบธุรกิจนั้น ใช้แรงงานรวมทั้งหมด จำนวน 2-3 คน และมีพื้นที่ถือครองน้อยกว่า 1 ไร่ และเป็นในลักษณะการเช่า พันธุ์ไม้ ส่วนใหญ่เป็นไม้ใบ และไม้ดอก ซึ่งทำการผลิตเอง จุดเด่นของการประกอบการไม้ดอกไม้ประดับตามปัจจัยทางการตลาด พบว่า ด้านผลิตภัณฑ์ (Product) คือ มีให้เลือกหลายพันธุ์ มีคุณภาพดี ต้นโตแข็งแรง ด้านสถานที่ (Place) คือ การคมนาคมสะดวก ตกแต่งร้านสวยงาม สถานที่กว้างขวาง ด้านราคา (Price) คือ ราคาเหมาะสม ราคาถูกกว่าท้องตลาด และด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion) คือ มีบริการการจัดสวนให้ฟรี สำหรับความต้องการความช่วยเหลือจากภาครัฐ คือ การลดรายจ่าย เช่น ค่าเช่าพื้นที่ ค่าภาษีโรงเรือน ราคาวัตถุดิบ ราคาปุ๋ย ราคาสารเคมีกำจัดวัชพืช และการจัดหาแหล่งเงินทุนดอกเบี้ยต่ำ

คำสำคัญ: ไม้ดอกไม้ประดับ ผู้ประกอบการธุรกิจไม้ดอกไม้ประดับ

คำนำ

ในปัจจุบันการบริโภคไม้ดอกไม้ประดับมีความนิยมเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำรงชีวิต จากการอยู่ที่พักอาศัยที่มีพื้นที่ในการปลูกต้นใหญ่เป็นพื้นที่หมู่บ้านจัดสรร หรือคอนโดมิเนียม ที่มีพื้นที่น้อยลง ทำให้นิยมปลูกไม้ดอกไม้กระถางทดแทนต้นไม้ใหญ่เป็นจำนวนมาก ประกอบกับวัฒนธรรมการใช้ชีวิตที่มีไม้ดอกไม้ประดับเข้ามาเกี่ยวข้องมากขึ้น เช่น รับประทานอาหาร การนิยมให้ดอกไม้เป็นของขวัญของกำนัล หรือ การใช้ไม้ดอกไม้ประดับใน

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agricultural Extension and Communication Faculty of Agriculture Kasetsart University 50 Ngamvongwan Rd. Chatuchak Bangkok 10900

โอกาสสำคัญต่าง รวมทั้งกิจกรรมด้านพุทธศาสนาอีกด้วย ประกอบกับพื้นที่ที่เป็นแหล่งผลิตไม้ดอกไม้ประดับมีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับพื้นการทำการเกษตรอื่น แต่เมื่อเปรียบเทียบรายได้แล้ว พบว่าไม้ดอกไม้ประดับสามารถทำรายได้ได้ดีไม่น้อยกว่าพืชอื่นๆ หมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง 15 เป็นชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้เมืองกรุงเทพฯ จากเดิมประกอบอาชีพทำนาเป็นอาชีพหลัก แต่การทำนาไม่ค่อยได้ผลดี จึงทำให้มีการประกอบอาชีพเสริม คือ การเพาะชำกล้าไม้ดอกไม้ประดับ และได้ปรับเปลี่ยนอาชีพเสริมสู่อาชีพหลัก จนปัจจุบันได้พัฒนาปรับเปลี่ยนท้องทุ่งนาให้เป็นแปลงปลูกไม้ดอกไม้ประดับ (ธีระ และคณะ, 2550) และขยับขยายพื้นที่ปลูกจนพื้นที่สองฟากฝั่งถนนคลอง 15 หนาแน่นด้วยพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับนานาชนิด จนกลายเป็นอาชีพหลักสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรคลอง 15 จุดเด่นของหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ คลอง15 คือ เป็นที่รวบรวมพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับหลากชนิดนานาพรรณ ซึ่งนับว่าเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย มีให้คัดสรรทั้งไม้ดอกไม้ประดับ บอนไซ ไม้ถัก ไม้ล้อม และอุปกรณ์ในการจัดสวนในราคาขายส่ง มีร้านจำหน่ายพันธุ์ไม้ทั่วทุกภาคในประเทศมาซื้อจากที่นี่ไปขายต่อ รวมทั้งผู้ที่ต้องการมาท่องเที่ยวอีกด้วย ทำให้ปัจจุบันหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 เป็นที่รู้จักของคนทั่วไป (วิไล และคณะ, 2550) หมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 เป็นหมู่บ้านที่มีเกษตรกรทำอาชีพปลูกไม้ดอกไม้ประดับอยู่เป็นจำนวนมาก และเป็นเกษตรกรที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการปลูกไม้ดอกไม้ประดับประวัติศาสตร์ยาวนาน หากได้มีการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงความต้องการการความช่วยเหลือหรือการพัฒนาของเกษตรกรผู้ปลูกไม้ดอกไม้ประดับก็จะสามารถเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตรได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากร คือ ผู้ประกอบการไม้ดอกไม้ประดับในหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ โดยได้เก็บข้อมูลประชากรทั้งหมดของหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับ จำนวน 201 ราย นำข้อมูลมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาเพื่อหาค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยการใช้แบบสอบถามจากประชากรและการสัมภาษณ์เชิงลึก แบบสอบถามที่ใช้ในการสอบถามผู้ประกอบการไม้ดอกไม้ประดับของหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะการประกอบการ จุดเด่นของธุรกิจ ปัญหา และความต้องการความช่วยเหลือจากภาครัฐ

ผลการทดลอง

ลักษณะทั่วไปของผู้ประกอบการไม้ดอกไม้ประดับของหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 พบว่า เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 52.1 และเป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 44.8 มีอายุระหว่าง 36-45 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.3 รองลงมาคือมีอายุมากกว่า 45 ปี คิดเป็นร้อยละ 37.8 ส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 49.8 รองลงมาคือ การศึกษาระดับมัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 28.9 ส่วนวิธีการประกอบธุรกิจนั้น ใช้แรงงานรวมทั้งหมด จำนวน 2-3 คน ส่วนใหญ่มีพื้นที่ถือครองน้อยกว่า 1 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 42.8 รองลงมาคือ มีพื้นที่ถือครอง 1.0 - 4.9 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 35.3 ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีลักษณะถือครองพื้นที่ เป็นแบบเช่า คิดเป็นร้อยละ 87.1 พันธุ์ไม้ ส่วนใหญ่เป็นไม้ใบ และไม้ดอก ส่วนใหญ่พันธุ์ไม้ที่นำมาจำหน่ายในร้านจะผลิตเอง คิดเป็นร้อยละ 86.6 รองลงมาคือ ซื้อมา คิดเป็นร้อยละ 34.3 โดยซื้อจาก จ.ปราจีนบุรีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 7.9 จ.ปทุมธานี คิดเป็นร้อยละ 3.5 และ จ.สุพรรณบุรี คิดเป็นร้อยละ 2.5 ตามลำดับ จุดเด่นของการประกอบการตามปัจจัยทางการตลาด พบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) เช่น มีให้เลือกหลายพันธุ์ มีคุณภาพดี ต้นโต แข็งแรง คิดเป็นร้อยละ 76.6 รองลงมา คือปัจจัยด้านสถานที่ (Place) เช่น การคมนาคาสะดวก ตกแต่งร้านสวยงาม สถานที่กว้างขวาง คิดเป็นร้อยละ 17.1 ปัจจัยด้านราคา (Price) เช่น ราคาเหมาะสม ราคาถูกกว่าท้องตลาด คิดเป็นร้อยละ 5.1 และปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion) เช่น มีบริการการจัดสวนให้ฟรี คิดเป็นร้อยละ 1.3 ตามลำดับ ปัญหาในการจำหน่ายพันธุ์ไม้ ส่วนใหญ่จะเป็นโรคและแมลงศัตรูพืช คิดเป็นร้อยละ 23.7 รองลงมา ได้แก่ ปัญหาพันธุ์ไม้ขาดความสวยงาม ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด คิดเป็นร้อยละ 20.2 ด้านความต้องการความช่วยเหลือจากภาครัฐ พบว่า ส่วนใหญ่ต้องการความช่วยเหลือจากภาครัฐเกี่ยวกับ การลดรายจ่าย เช่น ค่าเช่าพื้นที่ ค่าภาษีโรงเรือน ราคาวัตถุดิบ ราคาปุ๋ย ราคาสารเคมีกำจัดวัชพืช เป็นต้น คิดเป็นร้อยละ 26.0 รองลงมา ได้แก่ การจัดหาแหล่งเงินทุนดอกเบี้ยต่ำ คิดเป็นร้อยละ 19.2

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัยพบว่าในการประกอบธุรกิจไม้ดอกไม้ประดับในหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 พบว่าพืชที่ขายจะเป็นไม้ดอกและไม้ใบขนาดเล็ก อาจมีสาเหตุเนื่องจากผู้ประกอบการไม่มีที่ดินเป็นของตนเอง โดยส่วนใหญ่เช่าที่ดิน อีก

ทั้งขาดแคลนเงินทุนในการประกอบการ การเพาะปลูกพืชขนาดเล็กโตไวเพื่อเน้นการขายได้เร็ว และขายจำนวนมาก เพื่อให้ได้เงินหมุนเวียนเร็วขึ้น หากลูกค้าต้องการไม้ใหญ่ผู้ประกอบการก็จะสั่งไปยังแหล่งไม้ใหญ่ให้ต่อไป และควรจะต้องมีโครงการรณรงค์ช่วยกันรักษาความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนใหญ่จะเช่าที่ดินเพื่อประกอบการอาจทำให้ละเลยการดูแลรักษาความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ได้ในอนาคต ด้านพื้นที่ถือครองเฉลี่ยของผู้ประกอบการก็มีขนาดเล็กคือ ประมาณ 1 ไร่ แสดงการมีผู้ประกอบการรายย่อยจำนวนมาก อาจจะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนค่าวัตถุดิบสูง หากมีการรวมกลุ่มกันซื้อวัตถุดิบก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายโดยไม่ต้องรอความช่วยเหลือจากภาครัฐได้อีกด้วย ด้านจุดเด่นของการประกอบการตามปัจจัยการตลาดพบว่า มีความโดดเด่นในเรื่องของผลิตภัณฑ์หรือไม้ดอกไม้ประดับ ที่มีให้เลือกหลายพันธุ์ มีคุณภาพดี ต้นโต แข็งแรง แสดงถึงผู้ประกอบการมีความชำนาญในการเพาะปลูกไม้ดอกไม้ประดับเป็นอย่างดี อีกทั้งยังมีจุดเด่นด้านสถานที่ที่สวยงาม ทำให้ผู้ที่เข้ามาซื้อได้พักผ่อนหย่อนใจ และราคายังเป็นราคาที่ถูกกว่าที่อื่นอีกด้วย รวมทั้งด้านโปรโมชั่นที่มีการจัดสวนฟรีหากซื้อไม้ดอกไม้ประดับจำนวนมากก็เป็นอีกแรงจูงใจหนึ่งที่ทำให้มีผู้เข้าไปซื้อไม้ดอกไม้ประดับที่หมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15

สรุปผล

ผู้ประกอบการไม้ดอกไม้ประดับของหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 พบว่า เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย มีอายุระหว่าง 36-45 ปี ส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับประถมศึกษา วิธีการประกอบธุรกิจนั้น ใช้แรงงานรวมทั้งหมด จำนวน 2-3 คน ส่วนใหญ่มีพื้นที่ถือครองน้อยกว่า 1 ไร่ ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีลักษณะถือครองพื้นที่เป็นแบบเช่า พันธุ์ไม้ ส่วนใหญ่เป็นไม้ใบ และไม้ดอก ส่วนใหญ่พันธุ์ไม้ที่นำมาจำหน่ายในร้านจะผลิตเอง หากซื้อมาเพื่อจำหน่ายจะมีซื้อมาจากจังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดปทุมธานี และจังหวัดสุพรรณบุรี จุดเด่นของการประกอบการตามปัจจัยทางการตลาด พบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) เช่น มีให้เลือกหลายพันธุ์ มีคุณภาพดี ต้นโต แข็งแรง คิดเป็นร้อยละ 76.6 รองลงมา คือ ปัจจัยด้านสถานที่ (Place) เช่น การคมนาคาสะดวก ตกแต่งร้านสวยงาม สถานที่กว้างขวาง คิดเป็นร้อยละ 17.1 ปัจจัยด้านราคา (Price) เช่น ราคาเหมาะสม ราคาถูกกว่าท้องตลาด คิดเป็นร้อยละ 5.1 และปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion) เช่น มีบริการการจัดสวนให้ฟรี คิดเป็นร้อยละ 1.3 ตามลำดับ ปัญหาในการจำหน่ายพันธุ์ไม้ ส่วนใหญ่จะเป็นโรคและแมลงศัตรูพืช และปัญหาพันธุ์ไม้ขาดความสวยงาม ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด คิดเป็นร้อยละ 20.2 ด้านความต้องการความช่วยเหลือจากภาครัฐ ส่วนใหญ่ต้องการความช่วยเหลือจากภาครัฐเกี่ยวกับ การลดต้นทุน เช่น ค่าเช่าพื้นที่ ค่าภาษีโรงเรือน ราคาวัตถุดิบ ราคาปุ๋ย ราคาสารเคมีกำจัดวัชพืช เป็นต้น และการจัดหาแหล่งเงินทุนดอกเบี้ยต่ำ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร สำนักงานเกษตรอำเภอองครักษ์ คุณผาด หน่องพงษ์ คุณกิต สามเตี้ย และคุณวารุณี ผลประเสริฐ

เอกสารอ้างอิง

ธีระ นวสิงห์ และคณะ, 2550, รายงานการวิจัยการจัดการเพื่อการท่องเที่ยวหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 จังหวัดนครนายก, วิทยาลัยการอาชีพนครนายก, 107 หน้า

วิไล ตั้งจิตสมคิด และคณะ, 2550, รายงานการวิจัยรูปแบบการพัฒนาอุตสาหกรรมหมู่บ้านไม้ดอกไม้ประดับคลอง 15 จังหวัดนครนายก โดยใช้กระบวนการวิจัยแบบมีส่วนร่วม, มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 101 หน้า

สมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของพอลิแซคคาไรด์จากสาหร่ายไส้ไก่

Antioxidant Activity of Fractionated Polysaccharide Extracted from *Ulva intestinalis*

นภัสสร เพียสุระ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Peasura, N.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Crude polysaccharide from *Ulva intestinalis* was successfully extracted into 4 extracts; water extract at 12 and 24 h (sugar content = 61.31, 62.51%) and 1 and 10N NaOH (sugar content = 39.68, 37.72%).The crude extracts were fractionated, yielding 20 fractions per extract. It was found that W4 and W10 of water extracts extract at 12 and 24 h obtained the highest total sugar at 60.31 and 80.50 g/100g, and also the highest sulfate content at 49.50 and 60.51%. The fraction A6 and A12 from crude extracted with 1 and 10N NaOH gave the highest total sugar at 80.57 and 70.34 g/100g, and sulfate content at 66.51 and 53.41%. Polysaccharide fraction W10 and A6 had higher antioxidant activity evaluated by 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$), azino-bis (3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid) ($ABTS^{\bullet+}$) and hydroxyl radical scavenging activity than their activities from fraction W4 and A12.

Keywords: *Ulva intestinalis*, hydroxyl radical scavenging activity, antioxidant activity

บทคัดย่อ

สารสกัดหยาบพอลิแซคคาไรด์จากสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis)* จำนวน 4 สารสกัดคือ สารสกัดด้วยน้ำที่ 80ºC นาน 12 และ 24 ชั่วโมง (มีน้ำตาล 61.31, 62.51%) และสารสกัดด้วย 1N และ 10N NaOH นาน 2 ชั่วโมง (มีน้ำตาล 39.68, 37.72%) นำมาแยกส่วน (fractionation) ได้ 20 fraction ต่อสารสกัด โดยพบว่า fraction ที่ 4 (W4)และ10 (W10) ของพอลิแซคคาไรด์สกัดด้วยน้ำ 12 และ 24 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลสูงสุด เท่ากับ 60.21และ 80.50 g/100g และปริมาณซัลเฟตสูงสุด เท่ากับ 49.50 และ 60.51% และพบว่า fraction ที่ 6 (A6) และ 12 (A12) จากสารสกัดหยาบสกัดด้วย 1N และ 10N NaOH มีปริมาณน้ำตาลสูงสุด เท่ากับ 80.57 และ 70.34 g/100g และปริมาณซัลเฟตสูงสุด เท่ากับ 66.51 และ 53.41% และสารสกัดพอลิแซคคาไรด์ fraction W10 และ fraction A6 มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์ด้วย 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$), azino-bis (3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid) ($ABTS^{\bullet+}$) และ hydroxyl radical scavenging activity(OH^{-}) สูงกว่า fraction W4 และ A12

คำสำคัญ: *Ulva intestinalis* ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลไฮดรอกซิล ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

Introduction

Oxidative stress, induced by oxygen radicals is a common reactive and an essential biological process to many organisms for the production of energy. The uncontrolled production of oxygen derived free radicals is caused of many diseases. Recently, algal polysaccharides have been demonstrated to play an important role as free radical scavengers in vitro and antioxidants for prevention of oxidative damage in living organisms. Their activity of polysaccharide depends on several structural parameters such as the sulfate content, molecular weight and monosaccharide composition (Hu *et al*., 2009). The marine green seaweed *U. intestinalis* is poorly utilized and only a small part of its biomass is used as edible seaweed. One particularly interesting feature of *Ulva* is their richness in cell-wall polysaccharides, which can be used for their functional and biological properties (Ray and Lahaye, 1995). Qi *et al*. (2005) reported that oversulfated polysaccharide from green algae were more effective antioxidant agents than native sulfated polysaccharide. The polysaccharide extracted from *U. intestinalis* is a group of sulfated polysaccharides. Sulfated polysaccharide from green algae also has been found to exhibit various biological and pharmacological activities. For example, sulfated polysaccharides from *Monostroma nitidum* were potent thrombin inhibitors mediated by heparin cofactor II that showed strong anticoagulant activity (Mao *et al*., 2011). In addition, *U. lactuca* inhibited the cancer cell growth. Additionally, it possesses antiviral activity against human and avian

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1]School of Bioresources and Technology King Mongkut's University of Technology Thonburi,83 Moo 8 Thakham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

influenza viruses (Ivanova *et al*., 1994). However, little information is available on the relationships between the sulfated polysaccharide and antioxidant activity of *U. intestinalis*. Hence, the objectives of this study were to determine the antioxidant activities of water and alkaline extract and its various fractions from *Ulva intestinalis* including DPPH$^{\bullet}$, ABTS$^{\bullet+}$ and hydroxyl radical-scavenging effects. Their chemical characteristics and antioxidant properties were analyzed.

Materials and Methods

Extraction: Dried algae were extracted with distilled water at 25ºC and 80ºC for 6, 12 and 24 h. The supernatant was separated from algae residues by successive filtration through nylon cloth, and the residues were carried out twice more with water. All extracts were combined, and then the mixture was centrifuged and filtered through whatman No.1 to separate supernatant. The supernatant was evaporated at 60ºC for concentration and precipitated with 95% ethanol for 3 times. Then, it was centrifuged to recover the precipitate for analysis. A 2X3 factorial completely randomized design (CRD) was used with three replications.

For alkaline extraction, dried samples (20g) were extracted with sodium hydroxide (NaOH) varied at concentrations 1N NaOH and 10N NaOH for 2, 4 and 6 h. The algae were extracted in three times continuously. Temperature for alkaline extraction was 80ºC and ratio between algae and solvent was at 1:20 (w/v). After extraction, the mixture was centrifuged and filtrated through whatman No.1 to separate supernatant and neutralized by concentrated HCL. The supernatant was evaporated at 60ºC, for decreasing volume and precipitated with 95% ethanol for 3 times. Then, ethanol was evaporated and received crude polysaccharide for chemical analysis. A 3x3 factorial completely randomized design (CRD) was used in this experiment.

Crude polysaccharide obtained from water and alkaline extraction was calculated yield percentage. Total sugar in crude polysaccharide was determined colorimetrically by the phenol-sulfuric acid method (Dubois *et al*., 1956) using glucose as standard. Sulfate content was analyzed followed the method of AOAC (2000). Crude polysaccharide (100 mg) was dissolved in distilled water and fractionated by a silica-silica column (12 g) eluting with 1M NaCl, flow rate 5 mL/min. The fractions were collected every minute for 50 fractions. Total sugar was investigated by phenol-sulphuric acid method. The fractions were dialyzed and then freeze dried. The further analyzed for antioxidant activity by 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Duan *et al*., 2006), azino-bis (3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid diammonium salt) (ABTS$^{\bullet+}$) (Kim *et al*., 2008) and hydroxyl radical scavenging activity (Siddhuraju, 2007 and Pan *et al*., 2009).

Results and Discussion

The highest yield (30.85%) was extracted with water at 80ºC for 24 h and lowest yield (10.96%) at 25ºC for 6 h. Polysaccharide extracted with water at 25ºC and 80ºC for 6, 12 and 24 h, which had significant differences ($p \leq 0.05$) in the sulfate content. Total sugar increased from 42.97 to 62.51% with increasing temperature and extraction time (Table 1). Algae were extracted with sodium hydroxide at various concentrations 1N and 10N for 2, 4 and 6 h, controlled extraction temperature at 80ºC. The yield of crude polysaccharide showed that exhibited significant differences between extracted with 1N and 10N NaOH. The extracted with 1N for 2 h gave the maximum yield (32.06%). The sugar content of the crude polysaccharide was found to be in range 36.07-39.68% (Table 2). Moreover, yield, sugar content, sulfate content and DPPH$^{\bullet}$ scavenging extracted with water were increased with increasing temperature and extraction time but there were not correlated to ABTS$^{\bullet+}$ and OH^{-} radical scavenging. Alkaline extraction, yield and sugar content were decreased with increasing extraction time. Sulfate content was not correlated to DPPH$^{\bullet}$, ABTS$^{\bullet+}$ and OH^{-} radical scavenging. In addition, the result also showed that sulfated polysaccharides with a greater sulfate content more potent antioxidant activity than low sulfate content. According to Wang *et al*. (2008) who reported other sulfated polysaccharide also increased antioxidant activity in accordance with the degree of sulfation.

Crude polysaccharides extracted with water at 80ºC for 12 and 24 h and alkaline extracted with 1N and 10N of NaOH for 2 h were fractionated (Figure 1a and 1b). After fractionation, fraction W4 and W10 from water extraction

obtained the highest total sugar at 60.31 and 80.50 g/100g, and also the highest sulfate content at 49.50 and 60.51%. For alkaline extracts, fraction A6 and A12 from crude extracted with 1 and 10N gave the highest total sugar at 80.57 and 70.34 g/100g, and sulfate content at 66.51 and 53.64% as shown in Figure 1c and 1d. Antioxidant activity of fractionated polysaccharide was evaluated in different methods, including DPPH, $ABTS^{\bullet+}$ and OH^{-} radical scavenging assays. In the investigation, fractionated polysaccharide extracted with water (W4 and W10) and extracted with alkaline (A6 and A12) obtained not significant antioxidant activity (Table 3). Even though, A6 gave the greatest sulfate content, this might indicated that the position of sulfate groups in the polysaccharide affected their antioxidant activity (Barahona *et al*., 2011). Compared antioxidant activity between the crude and fractionated polysaccharide was found that fractionated polysaccharide had a greater antioxidant activity than crude polysaccharide. This result was supported by Xi *et al*. (2010) who reported that the radical scavenging activity was enhanced with increased purification. Fractionated polysaccharide (W 10) obtained high sulfate content which correlated to $ABTS^{\bullet+}$ and OH^{-} radical scavenging. The mechanism might be the presence of the sulfate group which substituted on hydroxyl group at carbon 2 and 3 decreases the bond energy of the C-H of the glycosidic bond, then increases the hydrogen atom donating capability and scavenging hydroxyl radical. In addition, the different in the result of $DPPH^{\bullet}$, $ABTS^{\bullet+}$ and OH^{-} radical scavenging assay because this assays acts by different mechanism. $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$ radical scavenging assays are based on electron transfer (Prior *et al*., 2005). Hence, similar antioxidants present in polysaccharide extracts might be reacted differently in different antioxidant assays.

Summary

The crude polysaccharide from water extraction at 80°C for 24 h has highest yield, sugar, sulfate content and also $DPPH^{\bullet}$ radical scavenging. For alkaline extraction, the highest yield, sugar and sulfate content were obtained at 1 N for 2 h. In addition, $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$ radical scavenging had not different. After fractionation, four polysaccharide fractions (W4, W10, A6 and A12) gave the greater yield, sugar, sulfate content and antioxidant activity than crude polysaccharide. Fractionated polysaccharide (W 10) significant antioxidant activity which evaluated by $DPPH^{\bullet}$, $ABTS^{\bullet+}$ and OH^{-} radical scavenging activity.

Acknowledgments

This work was supported by the Higher education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission.

Literature cited

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC International 17th Ed.

Barahona, T., Chandia, P.N., Encinas, M.V., Matsuhiro, B. and Zuniga, E.A., 2011, Antioxidant capacity of sulfated polysaccharides from seaweeds. A kinetic approach, Journal of Food Hydrocolloids, 25: 529-535.

Duan, X.J., Zhang, W.W., Li, X.M. and Wang, B.G., 2006, Evaluation of Antioxidant property of Extract and Fractions Obtained from Red Algae, *Polysiphonia urceolata*, Journal of Food Chemistry, 95: 37-43.

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

Ivanova, V., Rouseva,R., Kolarova,M., Serkedjieva, J., Rachev, R. and Manolova, N., 1994, Isolation of a Polysaccharide with Antiviral Effect from *Ulva lactuca*, Preparative Biochemistry, 24: 83–97.

Karnjanapratum, S. and SangGuan, Y., 2011, Molecular Characteristics of Sulfated Polysaccharides from Monostroma Nitidum and their In Vitro Anticancer and Immunomodulatory Activities, Journal of Biological Macromolecules, 48: 311–318.

Kim, N.Y., Song, E.J., Kwon, D.Y., Kim, H.P. and Heo, M.Y., 2008, Antioxidant and Antigenotoxic Activities of Korean Fermented Soybean, Food and Chemical Toxicology, 46: 1184-1189.

Mao, G., Meng, X., Liu, Y., Zheng, Z., Chen, Z. and Zhang, S., 2011, Phosphorylation of a WRKY Transcription Factor by Two Pathogenresponsive MAPKs Drives Phytoalexin Biosynthesis in Arabidopsis, Plant Cell, 23: 1639–1653.

MyoungLae, C., Hyi-Seung L., Il-Jun K., Moo-Ho W. and SangGuan Y., 2011, Antioxidant Properties of Extract and Fractions from *Enteromorpha prolifera*, a Type of Green Seaweed, Carbohydrate Polymers, 86: 917–921.

Pan, M., Jiang, T.S. and Pan, J.L., 2009, Antioxidant Activities of Rapeseed Protein Hydrolysates, Food and Bioprocess Technology, 1-9.

Ray B. and Lahaye M., 1995, Cell-wall polysaccharide from the marine green algae Ulva "rigida" (Ulvales, Chlorophyta) Extraction and chemical composition, Carbohydrate Research, 274: 251-261.

Siddhuraju, P., 2007, Antioxidant Activity of Polyphenolic Compounds Extracted from Defatted Raw and Dry Heated Tamarindus Indica Seed Coat, LWT-Food Science and Technology, 40: 982-990.

Tingtung H., Dan L., Yan C., Jun W. and Shusheng W., 2010, Antioxidant activity of Sulfated Polysaccharide Fractions Extracted from *Undaria pinnitafida* In Vitro, Journal of Biological Macromolecules, 46: 193-198.

Wang, J. Zhang, Q. Zhang, Z. and Li, Z., 2008, Antioxidant Activity of Sulfated Polysaccharide Fractions Extracted from *Laminaria japonica*, International Journal of Biological Macromolecule, 42:127–132.

Table 1 Chemical composition and antioxidant activities of crude polysaccharide from *U.intestinalis* extracted with water at 25°C and 80°C for 6, 12 and 24 h.

Temp	Time	Yield	Sugar	Sulfate	DPPH$^{•}$	ABTS$^{•+}$	OH^{-}
25°C	6	10.96^{d}±0.06	42.97^{f}±0.11	32.65^{f}±0.04	43.32^{e}±0.01	50.76^{f}±0.31	53.55^{e}±0.48
	12	12.92^{c}±0.08	44.36^{e}±0.16	33.19^{e}±0.04	45.90^{d}±0.24	51.55^{e}±0.08	55.91^{cd}±0.55
	24	13.46^{b}±0.00	45.55^{d}±0.08	33.70^{d}±0.04	48.68^{c}±0.05	57.29^{c}±0.14	59.46^{a}±0.59
80°C	6	30.43^{a}±0.05	60.68^{c}±0.12	40.42^{b}±0.03	52.66^{b}±0.09	55.18^{d}±0.06	55.29^{d}±0.16
	12	30.49^{a}±0.65	61.32^{b}±0.05	39.50^{c}±0.11	52.76^{b}±0.02	57.72^{b}±0.33	56.15^{c}±0.19
	24	30.85^{a}±0.01	62.51^{a}±0.11	40.85^{a}±0.38	54.14^{a}±0.03	58.26^{a}±0.27	58.48^{b}±0.40
F-test		**	**	**	**	**	*
C.V.		1.25	0.21	0.44	0.22	0.41	0.76
LSD.		0.48	0.20	0.29	0.19	0.40	0.76

Table 2 Chemical composition and antioxidant activities of crude polysaccharide from *U. intestinalis* extracted with sodium hydroxide at 1N and 10N for 2, 4 and 6 h, extraction temperature 80°C.

Conc.	Time	Yield	Sugar	Sulfate	DPPH$^{•}$	ABTS$^{•+}$	OH^{-}
1	2	32.06^{a}±0.18	39.68^{a}±0.10	46.51^{a}±0.12	54.61^{a}±0.34	56.54^{a}±0.38	59.25^{ab}±0.13
	4	21.06^{d}±0.42	38.72^{b}±0.20	43.62^{b}±0.20	52.52^{d}±0.09	54.68^{c}±0.27	59.74^{a}±0.42
	6	20.39^{e}±0.02	38.11^{c}±0.08	41.84^{d}±0.04	53.28^{c}±0.04	54.24^{c}±0.22	58.31^{c}±0.11
10	2	30.84^{b}±0.24	37.72^{d}±0.06	43.42^{b}±0.39	54.30^{b}±0.14	55.73^{b}±0.05	58.83^{bc}±0.53
	4	21.29^{cd}±0.41	36.07^{f}±0.14	41.31^{e}±0.01	52.41^{d}±0.13	54.48^{c}±0.28	56.52^{d}±0.20
	6	21.59^{c}±0.02	36.39^{e}±0.13	42.71^{c}±0.03	53.28^{c}±0.03	53.47^{d}±0.36	56.07^{d}±0.88
F-test		**	**	**	ns	ns	**
C.V.		1.10	0.34	0.44	0.31	0.51	0.80
LSD.		0.48	0.23	0.34	0.30	0.50	0.83

Table 3 Chemical composition and antioxidant activities of fractionated polysaccharide from *U. intestinalis* extracted with water (W4 and W10) and extracted with sodium hydroxide (A6 and W10)

Fraction no.	Sugar	Sulfate	DPPH$^{•}$	ABTS$^{•+}$	OH^{-}
W4	60.31^{c}±0.08	49.50^{b}±0.11	82.76^{c}±0.02	87.72^{b}±0.33	96.15^{b}±0.19
W10	80.50^{a}±0.25	50.51^{a}±0.36	84.14^{a}±0.03	88.62^{a}±0.27	98.47^{a}±0.40
A6	80.57^{a}±0.15	46.51^{c}±0.12	83.61^{b}±0.34	86.54^{c}±0.38	89.25^{c}±0.13
A12	70.34^{b}±0.15	43.41^{d}±0.39	84.29^{a}±0.14	85.73^{d}±0.05	88.83^{c}±0.53
F-test	**	**	**	**	**
C.V.	0.24	0.53	0.21	0.31	0.40
LSD.	0.33	0.48	0.34	0.52	0.72

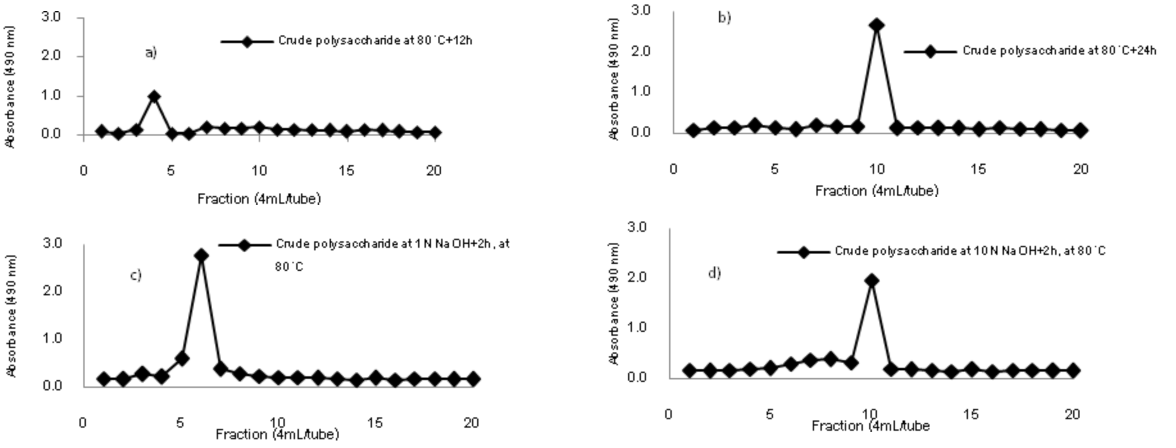


Figure 1 Fractionation of *U. intestinalis* crude polysaccharide by Silica-silica column chromatography extracted with water at 80°C for 12 h (a) extracted with water at 80°C for 12 h (b) extracted with alkaline at 1N NaOH for 2 h, at 80°C (c) and extracted with alkaline at 10N NaOH for 2 h, at 80°C (d).

Agricultural Sci. J. 43(2) (Suppl.): 625-628 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2) (พิเศษ): 625-628 (2555)

ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

Effects of Water Logging Duration on Inhibition Growth in Cassava

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] และ กิตติ การะพิมพ์[1]

Sawatdikarn, S.[1] and Karapim, K.[1]

Abstract

The objective of this study was to evaluate water logging duration on growth inhibition of cassava. Stem cutting of three cassava varieties namely Rayong 1, Rayong 60 and Rayong 72 were planted in plastic pot and water logged for 0 (control) 12, 24, 36 and 48 hours. Stem height, number of leaves, leaf width and leaf length were measured at 28 days after planting. The results showed that the water logged for 48 hours gave the lowest growth in three cassava varieties. The long duration of water logging resulted in the reduction of the growth. The water logging for 48 hours reached the minimum of leaf width and leaf length (40%) in three cassava varieties. For reduction of leaf width, the Rayong 1, Rayong 60 and Rayong 72 cassava varieties showed the reduction growth at 60.29, 65.81 and 40.41%, respectively. For reduction of leaf length, the Rayong 1, Rayong 60 and Rayong 72 cassava varieties showed the reduction of 79.17, 74.53 and 68.76%, respectively. The stem height and leaf amount of three cassava varieties subjected to all water logging treatments reduced ranging 8 to 45%.

Keywords: water logging, cassava, growth reduction

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง โดยนำท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 และ ระยอง 72 ปลูกในกระถางพลาสติก แล้วให้น้ำท่วมขังนานต่างกัน แบ่งเป็น 5 ระยะ คือ 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง วัดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังหลังจากปลูก 28 วัน ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ พบว่า การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง ทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ต่ำที่สุด การให้น้ำท่วมขังในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังลดลง โดยการให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง ความกว้างใบและความยาวใบลดลงมากกว่า 40% โดยพันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 และระยอง 72 มีความกว้างใบลดลง เท่ากับ 60.29 65.81 และ 40.41% และยังลดความยาวใบ 79.17 74.53 และ 68.76% ตามลำดับ ในขณะที่การความสูงต้นและจำนวนใบของมันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ที่ให้น้ำท่วมขังทุกทรีตเมนต์ลดลง มีค่าระหว่าง 8-45%

คำสำคัญ: การให้น้ำท่วมขัง มันสำปะหลัง การยับยั้งการเจริญเติบโต

คำนำ

สภาพน้ำท่วมขังเป็นสภาพแวดล้อมที่มักพบเสมอในแปลงปลูกพืช รวมทั้งมันสำปะหลังที่ปลูกอยู่ในพื้นที่ราบต่ำและในฤดูฝน (Pezeshki, 2001) สภาพน้ำท่วมขังส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืชปลูก (Parent และคณะ, 2008) สำหรับการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง รวมทั้งพืชยืนต้นอื่นเมื่อปลูกในสภาพน้ำท่วมขังขึ้นอยู่กับปัจจัยบางประการ เช่น ระยะเวลาการให้น้ำท่วมขัง และการเจริญเติบโตของพืช สำหรับระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังมีผลกระทบต่อมันสำปะหลังและพืชอื่น มีรายงานว่า การปลูกพืชในสภาพที่มีการให้น้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานาน ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าการถูกน้ำท่วมขังระยะเวลาสั้นๆ เช่น ยางพารา (ศานิต และวิษณุ, 2554) ฝ้าย (Bange และคณะ, 2004) และ ทานตะวัน (Grassini และคณะ, 2007) สำหรับการเจริญเติบโตของพืชที่ได้รับผลกระทบจากการให้น้ำท่วมขัง เช่น น้ำหนักแห้งของต้นกล้าของถั่วเขียว (ศานิต, 2552) ความยาวใบและความกว้างใบของอ้อย (ศานิต และคณะ, 2554) การสะสมน้ำหนักแห้งในฝ้าย (Bange และคณะ, 2004) และการพัฒนาของพื้นที่ใบทานตะวัน

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

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

(Grassini และคณะ, 2007) มีการศึกษาการให้น้ำท่วมขังในพืชปลูกหลายชนิด แต่การทดลองเกี่ยวกับการให้น้ำท่วมขังของมันสำปะหลังในระยะแรกของการเจริญเติบโตยังไม่มีผู้ศึกษา ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการขาดน้ำในมันสำปะหลังที่เจริญเติบโตแล้ว (นพศูล และคณะ, 2550; Alves และ Setter, 2000; Alves และ Setter, 2004) หรือเป็นการศึกษาการให้น้ำท่วมขังในพืชชนิดอื่น เช่น ข้าวสาลี (Malik และคณะ, 2001) และปอแก้ว (Ashraf และ Arfan, 2005) การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะการให้น้ำท่วมขังต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ ระยอง 1 ระยอง 60 และระยอง 72 เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกปลูกมันสำปะหลังในสภาพแปลงปลูกที่เป็นที่ราบต่ำหรือในฤดูฝน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำท่อนพันธุ์ของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ ระยอง 1 ระยอง 60 และระยอง 72 ปลูกในกระถางพลาสติกที่บรรจุดิน 1,000 กรัม จำนวน 1 ท่อน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design จำนวน 4 ซ้ำ แล้วดำเนินการให้น้ำท่วมขังแก่มันสำปะหลังที่ปลูกในกระถางพลาสติก (ศานิต และคณะ, 2554) จำนวน 5 ทรีตเมนต์ คือ 0 (สภาพควบคุม) 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง ประเมินผลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 28 วันหลังปลูก ได้แก่ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น นำข้อมูลที่ได้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความสูงลำต้น ตามสูตรดังนี้

$$\text{การลดลงของความสูงลำต้น (\%)} = \left\{ \frac{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม} - \text{ความสูงลำต้นในสภาพขาดน้ำ}}{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม}} \right\} \times 100$$

ส่วนการลดลงของความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกับการลดลงของความสูงลำต้น และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์โดย Duncan Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การให้น้ำท่วมขังเป็นระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้มันสำปะหลังที่นำมาทดสอบทั้งสามพันธุ์ คือ พันธุ์ ระยอง 1 (Table 1) ระยอง 60 (Table 2) และ ระยอง 72 (Table 3) มีการเจริญเติบโตลดลง ทั้งความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น โดยเฉพาะการให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง มีผลทำให้ความสูงลำต้นของมันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ลดลงมากที่สุด เท่ากับ 44.41 34.40 และ 38.48% ของพันธุ์ระยอง 1 (Table 1) ระยอง 60 (Table 2) และระยอง 72 (Table 3) ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดสอบพืชบางชนิดในสภาพน้ำท่วมขัง คือ ยางพารา (ศานิต และวิษณุ, 2554) winter rape (Zhou และ Lin, 1995) ฝ้าย (Bange และคณะ, 2004) buckwheat (Matsuura และคณะ, 2005) และทานตะวัน (Grassini และคณะ, 2007) พบว่า สภาวะน้ำท่วมขังมีผลทำให้ความสูงของลำต้นลดลง สำหรับความยาวใบและความกว้างใบ พบว่า การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง มีผลทำให้ความยาวใบและความกว้างใบของมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ถูกยับยั้งสูงสุด เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตของทานตะวันในสภาพน้ำท่วมขัง ที่พบว่าพื้นที่ใบของทานตะวันได้ผลกระทบจากน้ำท่วมขังมากที่สุด (Grassini และคณะ, 2007) รวมทั้งให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบพืช 4 ชนิด ในสภาพน้ำท่วมขัง คือ ยางพารา (ศานิต และวิษณุ, 2554) อ้อย (ศานิต และคณะ, 2554) winter rape (Zhou และ Lin, 1995) และ buckwheat (Matsuura และคณะ, 2005) ที่น้ำท่วมขังส่งผลทำให้ความยาวใบ ความกว้างใบ และพื้นที่ใบของพืชทดสอบได้รับผลกระทบมากกว่าการปลูกในสภาพให้น้ำปกติ

ส่วนการยับยั้งน้ำหนักแห้งของลำต้นของมันสำปะหลังที่ทดสอบในการทดลองนี้ พบว่า การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. มีผลทำให้มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ ระยอง 1 (Table 1) ระยอง 60 (Table 2) และ ระยอง 72 (Table 3) ถูกยับยั้งน้ำหนักแห้งของลำต้น เท่ากับ 40.21 40.38 และ 41.61% ตามลำดับ การลดลงของน้ำหนักแห้งของลำต้นของมันสำปะหลังในการทดลองนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบพืช 3 ชนิดในสภาวะน้ำท่วมขัง คือ ยางพารา (ศานิต และวิษณุ, 2554) อ้อย (ศานิต และคณะ, 2554) และฝ้าย (Bange และคณะ, 2004) ที่มีการลดลงของน้ำหนักแห้งของลำต้นเมื่อปลูกในสภาวะน้ำท่วมขัง

จากการทดลองนี้พบว่า สภาพน้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง มีผลทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังต่ำที่สุด รองลงมาคือ การให้น้ำท่วมขังนาน 36 24 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดสอบพืชหลายชนิดในสภาพน้ำ

ท่วมขัง เช่น ถั่วเขียว (ศานิต, 2552) ถั่วเหลือง (ศานิต และคณะ, 2553) ยางพารา (ศานิต และวิษณุ, 2554) ข้าวสาลี (Malik และคณะ, 2001) และปอแก้ว (Ashraf และ Arfan, 2005) พบว่า การให้น้ำท่วมขังเป็นเวลานานมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชทุกชนิดลดลงกว่าการให้น้ำท่วมขังเป็นเวลาที่สั้นกว่า ดังนั้นในการปลูกมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์นี้ควรปลูกในสภาพที่ไม่มีน้ำท่วมขังหรือมีน้ำท่วมขังน้อย และควรหลีกเลี่ยงการปลูกมันสำปะหลังในสภาพแปลงปลูกที่มีน้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง เนื่องจากอาจส่งผลทำให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตน้อยที่สุด

สรุปผล

การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง ทำให้มันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด การให้น้ำท่วมขังในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังลดลงมากขึ้น โดยเฉพาะการให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง โดยความกว้างใบและความยาวใบลดลงมากกว่า 40% โดยพันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 และระยอง 72 สำหรับความกว้างใบลดลง 60.29 65.81 และ 40.41% และความยาวใบ ลดลง 79.17, 74.53 และ 68.76% ตามลำดับ ในขณะที่การลดลงของความสูงต้นและจำนวนใบของมันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ที่ให้น้ำท่วมขังทุกทรีตเมนต์ มีค่าระหว่าง 8-45%

เอกสารอ้างอิง

นพศูล สมุทรทอง เอ็จ สโรบล วิจารณ์ วิชชุกิจ และ สุเทพ ทองแพ, 2550, ผลของปริมาณและอัตรการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 ประจำปี 2550, หน้า 75-82.

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2552, ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในสภาวะน้ำท่วมขัง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(พิเศษ): 313-316.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วิษณุ ทรัพย์กร, 2554, ผลของระเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของยางพารา, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(พิเศษ): 197-200.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ วริสรา ปลื้มฤดี และ สิงหราช โค้วเจริญ, 2554, ผลของระเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อย, วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร, 42(พิเศษ): 165-168.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ วริสรา ปลื้มฤดี และ สุนันทา อินทสุวรรณ์, 2553, ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 501-504.

Alves, A.A.C. and Setter, T.L., 2000, Response of Cassava to Water Deficit: Leaf Area Growth and Abscisic Acid. Crop Science, 40: 131-137.

Alves, A.A.C. and Setter, T.L., 2004, Abscisic Acid Accumulation and Osmotic Adjustment in Cassava under Water Deficit, Environmental and Experimental Botany, 51: 259-271.

Ashraf, M. and Arfan, M., 2005, Gas Exchange Characteristics and Relation in Two Cultivars of *Hibicus esculentus* under Waterlogging, Biologia Plantarum, 49: 459-462.

Bange, M.P., Milroy, S.P. and Thongbai, P., 2004, Growth and Yield of Cotton in Response to Waterlogging, Field Crops Research, 88: 129-142.

Grassini, P., Indaco, G.V., Pereira, M.L., Hall, N. and Trapani, N., 2007, Responses to Short-term Waterlogging during Grain Filling in Sunflower, Field Crops Research, 101: 352-363.

Malik, A.I., Colmer, D.T.D., Lambers, H. and Schortemeyer, M., 2001, Changes in Physiological and Morphological Traits of Roots and Shoots of Wheat in Response to Different Depth of Waterlogging, Australian Journal of Plant Physiology, 28: 1121-1131.

Matsuura, A., Inanage, S., Tetsuka, T. and Murata, K., 2005, Differences in Vegetative Growth Response to Soil Flooding between Common and Tartary Buckwheat, Plant Production Science, 8: 525-532.

Parent, C., Capelli, N., Berger, A., Crevecoeur, M. and Dat, J.F., 2008, An Overview of Plant Responses to Soil Waterlogging, Plant Stress, 2: 20-27.

Pezeshki, S.R., 2001, Wetland Plant Responses to Soil Flooding, Environmental and Experimental Botany, 46: 299-312.

Zhou, M. and Lin, X.Q., 1995, Effects of Waterlogging at Different Growth Stages on Physiological Characteristics and Seed Yield of Winter Rape (*Brassica napus*), Field Crops Research, 44: 103-110.

Table 1 Reduction of stem height, leaf length, leaf width and seedling dry weight of 'Rayong 1' cassava at different water logging duration compared with control treatment.

Water logging duration (hours)	reduction of stem height (%)	reduction of leaf length (%)	reduction of leaf width (%)	reduction of seedling dry weight (%)
12	10.87d	32.60d	19.98d	13.64d
24	16.44c	42.51c	37.13c	20.89c
36	30.89b	60.61b	43.58b	28.56b
48	44.41a	79.17a	60.29a	40.21a
C.V. (%)	16.18	10.92	12.19	11.34

In the same column, means followed by a common letter are not significantly different at the 95% by DMRT

Table 2 Reduction of stem height, leaf length, leaf width and seedling dry weight of 'Rayong 60' cassava at different water logging duration compared with control treatment.

Water logging duration (hours)	reduction of stem height (%)	reduction of leaf length (%)	reduction of leaf width (%)	reduction of seedling dry weight (%)
12	8.28d	31.14d	26.27d	7.99d
24	18.98c	43.88c	41.61c	18.52c
36	28.34b	62.73b	53.34b	30.23b
48	34.40a	74.53a	65.81a	40.38a
C.V. (%)	9.48	12.36	11.84	9.63

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 95% by DMRT

Table 3 Reduction of stem height, leaf length, leaf width and seedling dry weight of 'Rayong 72' cassava at different water logging duration compared with control treatment.

Water logging duration (hours)	reduction of stem height (%)	reduction of leaf length (%)	reduction of leaf width (%)	reduction of seedling dry weight (%)
12	8.47d	23.37d	12.41d	10.64d
24	21.59c	40.51c	28.39c	21.43c
36	30.17b	49.26b	34.89b	32.85b
48	38.47a	68.76a	40.41a	41.61a
C.V. (%)	10.92	8.74	10.62	11.34

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 95% by DMRT

ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

Effects of Water Logging Duration on Inhibition Growth in Cassava

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] และ กิตติ การะพิมพ์[1]

Sawatdikarn, S.[1] and Karapim, K.[1]

Abstract

The objective of this study was to evaluate water logging duration on growth inhibition of cassava. Stem cutting of three cassava varieties namely Rayong 1, Rayong 60 and Rayong 72 were planted in plastic pot and water logged for 0 (control) 12, 24, 36 and 48 hours. Stem height, number of leaves, leaf width and leaf length were measured at 28 days after planting. The results showed that the water logged for 48 hours gave the lowest growth in three cassava varieties. The long duration of water logging resulted in the reduction of the growth. The water logging for 48 hours reached the minimum of leaf width and leaf length (40%) in three cassava varieties. For reduction of leaf width, the Rayong 1, Rayong 60 and Rayong 72 cassava varieties showed the reduction growth at 60.29, 65.81 and 40.41%, respectively. For reduction of leaf length, the Rayong 1, Rayong 60 and Rayong 72 cassava varieties showed the reduction of 79.17, 74.53 and 68.76%, respectively. The stem height and leaf amount of three cassava varieties subjected to all water logging treatments reduced ranging 8 to 45%.

Keywords: water logging, cassava, growth reduction

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง โดยนำท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 และ ระยอง 72 ปลูกในกระถางพลาสติก แล้วให้น้ำท่วมขังนานต่างกัน แบ่งเป็น 5 ระยะ คือ 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง วัดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังหลังจากปลูก 28 วัน ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ พบว่า การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง ทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ต่ำที่สุด การให้น้ำท่วมขังในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังลดลง โดยการให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง ความกว้างใบและความยาวใบลดลงมากกว่า 40% โดยพันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 และระยอง 72 มีความกว้างใบลดลง เท่ากับ 60.29 65.81 และ 40.41% และยังลดความยาวใบ 79.17 74.53 และ 68.76% ตามลำดับ ในขณะที่การความสูงต้นและจำนวนใบของมันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ที่ให้น้ำท่วมขังทุกทรีตเมนต์ลดลง มีค่าระหว่าง 8-45%

คำสำคัญ: การให้น้ำท่วมขัง มันสำปะหลัง การยับยั้งการเจริญเติบโต

คำนำ

สภาพน้ำท่วมขังเป็นสภาพแวดล้อมที่มักพบเสมอในแปลงปลูกพืช รวมทั้งมันสำปะหลังที่ปลูกอยู่ในพื้นที่ราบต่ำและในฤดูฝน (Pezeshki, 2001) สภาพน้ำท่วมขังส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืชปลูก (Parent และคณะ, 2008) สำหรับการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง รวมทั้งพืชยืนต้นอื่นเมื่อปลูกในสภาพน้ำท่วมขังขึ้นอยู่กับปัจจัยบางประการ เช่น ระยะเวลาการให้น้ำท่วมขัง และการเจริญเติบโตของพืช สำหรับระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังมีผลกระทบต่อมันสำปะหลังและพืชอื่น มีรายงานว่า การปลูกพืชในสภาพที่มีการให้น้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานาน ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าการถูกน้ำท่วมขังระยะเวลาสั้นๆ เช่น ยางพารา (ศานิต และวิษณุ, 2554) ฝ้าย (Bange และคณะ, 2004) และ ทานตะวัน (Grassini และคณะ, 2007) สำหรับการเจริญเติบโตของพืชที่ได้รับผลกระทบจากการให้น้ำท่วมขัง เช่น น้ำหนักแห้งของต้นกล้าของถั่วเขียว (ศานิต, 2552) ความยาวใบและความกว้างใบของอ้อย (ศานิต และคณะ, 2554) การสะสมน้ำหนักแห้งในฝ้าย (Bange และคณะ, 2004) และการพัฒนาของพื้นที่ใบทานตะวัน

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

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

(Grassini และคณะ, 2007) มีการศึกษาการให้น้ำท่วมขังในพืชปลูกหลายชนิด แต่การทดลองเกี่ยวกับการให้น้ำท่วมขังของมันสำปะหลังในระยะแรกของการเจริญเติบโตยังไม่มีผู้ศึกษา ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการขาดน้ำในมันสำปะหลังที่เจริญเติบโตแล้ว (นพศูล และคณะ, 2550; Alves และ Setter, 2000; Alves และ Setter, 2004) หรือเป็นการศึกษาการให้น้ำท่วมขังในพืชชนิดอื่น เช่น ข้าวสาลี (Malik และคณะ, 2001) และปอแก้ว (Ashraf และ Arfan, 2005) การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะการให้น้ำท่วมขังต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ ระยอง 1 ระยอง 60 และระยอง 72 เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกปลูกมันสำปะหลังในสภาพแปลงปลูกที่เป็นที่ราบต่ำหรือในฤดูฝน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำท่อนพันธุ์ของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ ระยอง 1 ระยอง 60 และระยอง 72 ปลูกในกระถางพลาสติกที่บรรจุดิน 1,000 กรัม จำนวน 1 ท่อน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design จำนวน 4 ซ้ำ แล้วดำเนินการให้น้ำท่วมขังแก่มันสำปะหลังที่ปลูกในกระถางพลาสติก (ศานิต และคณะ, 2554) จำนวน 5 ทรีตเมนต์ คือ 0 (สภาพควบคุม) 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง ประเมินผลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 28 วันหลังปลูก ได้แก่ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น นำข้อมูลที่ได้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความสูงลำต้น ตามสูตรดังนี้

$$\text{การลดลงของความสูงลำต้น (\%)} = \left\{ \frac{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม} - \text{ความสูงลำต้นในสภาพขาดน้ำ}}{\text{ความสูงลำต้นในสภาพควบคุม}} \right\} \times 100$$

ส่วนการลดลงของความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้นใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกับการลดลงของความสูงลำต้น และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์โดย Duncan Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การให้น้ำท่วมขังเป็นระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้มันสำปะหลังที่นำมาทดสอบทั้งสามพันธุ์ คือ พันธุ์ ระยอง 1 (Table 1) ระยอง 60 (Table 2) และ ระยอง 72 (Table 3) มีการเจริญเติบโตลดลง ทั้งความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น โดยเฉพาะการให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง มีผลทำให้ความสูงลำต้นของมันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ลดลงมากที่สุด เท่ากับ 44.41 34.40 และ 38.48% ของพันธุ์ระยอง 1 (Table 1) ระยอง 60 (Table 2) และระยอง 72 (Table 3) ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดสอบพืชบางชนิดในสภาพน้ำท่วมขัง คือ ยางพารา (ศานิต และวิษณุ, 2554) winter rape (Zhou และ Lin, 1995) ฝ้าย (Bange และคณะ, 2004) buckwheat (Matsuura และคณะ, 2005) และทานตะวัน (Grassini และคณะ, 2007) พบว่า สภาวะน้ำท่วมขังมีผลทำให้ความสูงของลำต้นลดลง สำหรับความยาวใบและความกว้างใบ พบว่า การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง มีผลทำให้ความยาวใบและความกว้างใบของมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ถูกยับยั้งสูงสุด เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตของทานตะวันในสภาพน้ำท่วมขัง ที่พบว่าพื้นที่ใบของทานตะวันได้ผลกระทบจากน้ำท่วมขังมากที่สุด (Grassini และคณะ, 2007) รวมทั้งให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบพืช 4 ชนิด ในสภาพน้ำท่วมขัง คือ ยางพารา (ศานิต และวิษณุ, 2554) อ้อย (ศานิต และคณะ, 2554) winter rape (Zhou และ Lin, 1995) และ buckwheat (Matsuura และคณะ, 2005) ที่น้ำท่วมขังส่งผลทำให้ความยาวใบ ความกว้างใบ และพื้นที่ใบของพืชทดสอบได้รับผลกระทบมากกว่าการปลูกในสภาพให้น้ำปกติ

ส่วนการยับยั้งน้ำหนักแห้งของลำต้นของมันสำปะหลังที่ทดสอบในการทดลองนี้ พบว่า การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชม. มีผลทำให้มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ ระยอง 1 (Table 1) ระยอง 60 (Table 2) และ ระยอง 72 (Table 3) ถูกยับยั้งน้ำหนักแห้งของลำต้น เท่ากับ 40.21 40.38 และ 41.61% ตามลำดับ การลดลงของน้ำหนักแห้งของลำต้นของมันสำปะหลังในการทดลองนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบพืช 3 ชนิดในสภาวะน้ำท่วมขัง คือ ยางพารา (ศานิต และวิษณุ, 2554) อ้อย (ศานิต และคณะ, 2554) และฝ้าย (Bange และคณะ, 2004) ที่มีการลดลงของน้ำหนักแห้งของลำต้นเมื่อปลูกในสภาวะน้ำท่วมขัง

จากการทดลองนี้พบว่า สภาพน้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง มีผลทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังต่ำที่สุด รองลงมาคือ การให้น้ำท่วมขังนาน 36 24 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดสอบพืชหลายชนิดในสภาพน้ำ

ท่วมขัง เช่น ถั่วเขียว (ศานิต, 2552) ถั่วเหลือง (ศานิต และคณะ, 2553) ยางพารา (ศานิต และวิษณุ, 2554) ข้าวสาลี (Malik และคณะ, 2001) และปอแก้ว (Ashraf และ Arfan, 2005) พบว่า การให้น้ำท่วมขังเป็นเวลานานมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชทุกชนิดลดลงกว่าการให้น้ำท่วมขังเป็นเวลาที่สั้นกว่า ดังนั้นในการปลูกมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์นี้ควรปลูกในสภาพที่ไม่มีน้ำท่วมขังหรือมีน้ำท่วมขังน้อย และควรหลีกเลี่ยงการปลูกมันสำปะหลังในสภาพแปลงปลูกที่มีน้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง เนื่องจากอาจส่งผลทำให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตน้อยที่สุด

สรุปผล

การให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง ทำให้มันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด การให้น้ำท่วมขังในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังลดลงมากขึ้น โดยเฉพาะการให้น้ำท่วมขังนาน 48 ชั่วโมง โดยความกว้างใบและความยาวใบลดลงมากกว่า 40% โดยพันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 และระยอง 72 สำหรับความกว้างใบลดลง 60.29 65.81 และ 40.41% และความยาวใบ ลดลง 79.17, 74.53 และ 68.76% ตามลำดับ ในขณะที่การลดลงของความสูงต้นและจำนวนใบของมันสำปะหลังทั้งสามพันธุ์ที่ให้น้ำท่วมขังทุกทรีตเมนต์ มีค่าระหว่าง 8-45%

เอกสารอ้างอิง

นพศูล สมุทรทอง เอ็จ สโรบล วิจารณ์ วิชชุกิจ และ สุเทพ ทองแพ, 2550, ผลของปริมาณและอัตรการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 ประจำปี 2550, หน้า 75-82.

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2552, ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในสภาวะน้ำท่วมขัง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(พิเศษ): 313-316.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วิษณุ ทรัพย์กร, 2554, ผลของระเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของยางพารา, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(พิเศษ): 197-200.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ วริสรา ปลื้มฤดี และ สิงหราช โค้วเจริญ, 2554, ผลของระเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อย, วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร, 42(พิเศษ): 165-168.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ วริสรา ปลื้มฤดี และ สุนันทา อินทสุวรรณ์, 2553, ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(พิเศษ): 501-504.

Alves, A.A.C. and Setter, T.L., 2000, Response of Cassava to Water Deficit: Leaf Area Growth and Abscisic Acid. Crop Science, 40: 131-137.

Alves, A.A.C. and Setter, T.L., 2004, Abscisic Acid Accumulation and Osmotic Adjustment in Cassava under Water Deficit, Environmental and Experimental Botany, 51: 259-271.

Ashraf, M. and Arfan, M., 2005, Gas Exchange Characteristics and Relation in Two Cultivars of *Hibicus esculentus* under Waterlogging, Biologia Plantarum, 49: 459-462.

Bange, M.P., Milroy, S.P. and Thongbai, P., 2004, Growth and Yield of Cotton in Response to Waterlogging, Field Crops Research, 88: 129-142.

Grassini, P., Indaco, G.V., Pereira, M.L., Hall, N. and Trapani, N., 2007, Responses to Short-term Waterlogging during Grain Filling in Sunflower, Field Crops Research, 101: 352-363.

Malik, A.I., Colmer, D.T.D., Lambers, H. and Schortemeyer, M., 2001, Changes in Physiological and Morphological Traits of Roots and Shoots of Wheat in Response to Different Depth of Waterlogging, Australian Journal of Plant Physiology, 28: 1121-1131.

Matsuura, A., Inanage, S., Tetsuka, T. and Murata, K., 2005, Differences in Vegetative Growth Response to Soil Flooding between Common and Tartary Buckwheat, Plant Production Science, 8: 525-532.

Parent, C., Capelli, N., Berger, A., Crevecoeur, M. and Dat, J.F., 2008, An Overview of Plant Responses to Soil Waterlogging, Plant Stress, 2: 20-27.

Pezeshki, S.R., 2001, Wetland Plant Responses to Soil Flooding, Environmental and Experimental Botany, 46: 299-312.

Zhou, M. and Lin, X.Q., 1995, Effects of Waterlogging at Different Growth Stages on Physiological Characteristics and Seed Yield of Winter Rape (*Brassica napus*), Field Crops Research, 44: 103-110.

Table 1 Reduction of stem height, leaf length, leaf width and seedling dry weight of 'Rayong 1' cassava at different water logging duration compared with control treatment.

Water logging duration (hours)	reduction of stem height (%)	reduction of leaf length (%)	reduction of leaf width (%)	reduction of seedling dry weight (%)
12	10.87d	32.60d	19.98d	13.64d
24	16.44c	42.51c	37.13c	20.89c
36	30.89b	60.61b	43.58b	28.56b
48	44.41a	79.17a	60.29a	40.21a
C.V. (%)	16.18	10.92	12.19	11.34

In the same column, means followed by a common letter are not significantly different at the 95% by DMRT

Table 2 Reduction of stem height, leaf length, leaf width and seedling dry weight of 'Rayong 60' cassava at different water logging duration compared with control treatment.

Water logging duration (hours)	reduction of stem height (%)	reduction of leaf length (%)	reduction of leaf width (%)	reduction of seedling dry weight (%)
12	8.28d	31.14d	26.27d	7.99d
24	18.98c	43.88c	41.61c	18.52c
36	28.34b	62.73b	53.34b	30.23b
48	34.40a	74.53a	65.81a	40.38a
C.V. (%)	9.48	12.36	11.84	9.63

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 95% by DMRT

Table 3 Reduction of stem height, leaf length, leaf width and seedling dry weight of 'Rayong 72' cassava at different water logging duration compared with control treatment.

Water logging duration (hours)	reduction of stem height (%)	reduction of leaf length (%)	reduction of leaf width (%)	reduction of seedling dry weight (%)
12	8.47d	23.37d	12.41d	10.64d
24	21.59c	40.51c	28.39c	21.43c
36	30.17b	49.26b	34.89b	32.85b
48	38.47a	68.76a	40.41a	41.61a
C.V. (%)	10.92	8.74	10.62	11.34

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 95% by DMRT

Agricultural Sci. J. 43(2) (Suppl.): 629-632 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2) (พิเศษ): 629-632 (2555)

ชีววิทยาของดอกมะเฟืองพันธุ์ B17

Floral Biology of 'B17' Carambola

นิษา โรจนประเสริฐสุข[1] กวิศร์ วานิชกุล[1] และ ประภาพร ตั้งกิจโชติ[1]

Rotchanapasoedsuk, N.[1], Wanichkul, K.[1] and Tangkijchote, P.[1]

Abstract

A study on floral biology of 'B17' carambola (*Averrhoa carambola* L.) 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 May 2010. The objective was to investigate floral biology of carambola 'B17'. It was found that the development of inflorescence from appearance to anthesis stage was 20 days. The inflorescence was compound raceme with the average length of 43 mm. and 6-8 secondary inflorescence branches. The average number of flower/panicle was 20.8 flowers. The flower composed of 5 sepals, 5 petals and 10 stamens. The pistil had a superior ovary pattern with 5 connected loculi and 5 separated styles. The floral formula was ⊕ ♀♂ Ca^5 Co^5 A^{10} $\underline{G}^5$. The blooming period began at 7 a.m., followed by the pollen shed from 9-11 a.m. The stigma was receptive between 8-10 a.m., and the flower began to close between 4-6 p.m. of the same day.

Keywords: floral biology, carambola, 'B17', *Averrhoa carambola* L.

บทคัดย่อ

การศึกษาชีววิทยาของดอกมะเฟืองพันธุ์ B17 ที่แปลงทดลอง และห้องปฏิบัติการพืชสวน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 เพื่อศึกษาชีววิทยาของดอกมะเฟืองพันธุ์ B17 พบว่า การพัฒนาของช่อดอกตั้งแต่เริ่มมองเห็นจนกระทั่งดอกบานทั้งช่อใช้เวลา 20 วัน ช่อดอกเป็นแบบ compound raceme ความยาวเฉลี่ย 43 มิลลิเมตร ช่อดอกย่อยเฉลี่ย 6-8 ช่อย่อย และ ช่อดอกมีจำนวนดอกเฉลี่ย 20.8 ดอก ดอกมีกลีบเลี้ยงและกลีบดอกอย่างละ 5 กลีบ เกสรเพศผู้ 10 อัน เกสรเพศเมียมีรังไข่แบบ superior ภายในมี 5 ห้องติดกัน และก้านชูเกสรเพศเมีย 5 อันแยกกัน มีสูตรดอก ⊕ ♀♂ Ca^5 Co^5 A^{10} $\underline{G}^5$ ดอกมะเฟืองเริ่มบานตั้งแต่ 07.00 น. อับละอองเกสรแตกหลังจากดอกบานเวลา 09.00-11.00 น. ส่วนเกสรเพศเมียพร้อมรับการผสมเวลา 08.00-10.00 น. และดอกเริ่มหุบในช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

คำสำคัญ: ชีววิทยาของดอก มะเฟือง 'B17'*Averrhoa carambola* L.

คำนำ

มะเฟืองเป็นไม้ผลวงศ์ Oxalidaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Averrhoa carambola* L. อยู่ในสกุลเดียวกับตะลิงปลิง (*Averrhoa bilimbi* L.) (Verheij และ Coronel, 1991) เป็นพืชที่พบทั่วไปเกือบทุกทวีปในเขตร้อน มะเฟืองพันธุ์ B17 (Honey) เป็นพันธุ์ที่ถูกพัฒนาในประเทศมาเลเซีย ซึ่งได้รับความนิยมและปลูกเป็นการค้ามากที่สุดในปัจจุบัน นอกเหนือจากพันธุ์ Arkin และพันธุ์ Sri Kembangan (นิรนาม, 2550; Galan และ Farre, 2006) ปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับชีววิทยาของดอกมะเฟืองมีน้อย ซึ่งพบว่า ดอกมะเฟืองเกิดบริเวณตาข้างของลำต้น กิ่ง ซอกใบหรือปลายยอด เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีรังไข่อยู่เหนือส่วนอื่นๆ ของดอก รังไข่มี 5 พู กลีบรองดอก 5 กลีบ สีเลือดหมู กลีบดอก 5 กลีบ (จุฑามาศ, 2538) การพัฒนาของช่อดอกเริ่มมองเห็นตั้งแต่ช่อดอกถึงดอกแรกบานใช้เวลา 19.3±3.3 วัน และดอกบานทั้งช่อใช้เวลา 26.2±10.6 วัน ดอกมีวงจรการบานและหุบในวันเดียวกัน (Salakpetch และคณะ, 1990) โดยดอกเริ่มบานเวลา 07.00 น. เป็นต้นไป ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการผสมเกสรคือ 08.00-10.00 น. (Nand, 1971; Watson และคณะ, 1988; Nakasone และ Paull, 1998) การศึกษาครั้งนี้เพื่อให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับดอกมะเฟืองพันธุ์ B17 เพื่อนำผลที่ได้ไปพัฒนาคุณภาพและปรับปรุงการผลิต ได้แก่ การเพิ่มปริมาณการติดผล เป็นต้น

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1] Dept. of Horticulture, Fac. Of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกต้นมะเฟืองพันธุ์ B17 ที่มีความสมบูรณ์ อายุประมาณ 5 ปี จำนวน 4 ต้น จากแปลงทดลองภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม เมื่อต้นมะเฟืองเริ่มแทงช่อดอกแขวนป้ายที่ช่อดอก จำนวน 20 ช่อ เมื่อดอกเริ่มเห็นได้ด้วยตาเปล่าจนถึงระยะดอกบาน บันทึกระยะเวลาการพัฒนาของช่อดอก ความยาวก้านช่อดอก จำนวนดอกต่อช่อ ขนาดของดอก สีของดอก โดยเปรียบเทียบกับ color chart ของ R.H.S. (The Royal Horticultural Society) บันทึกรูปแบบของดอกและช่อดอก จำนวนกลีบดอก ลักษณะของรังไข่ (ovary) ลักษณะและจำนวนของเกสรเพศผู้ เกสรเพศเมีย ช่วงเวลาที่อับเรณูแตก (pollen shed) ช่วงเวลาที่เกสรเพศเมียพร้อมรับการผสม (stigma receptive) วาดรูปดอก ช่อดอก เขียนแผนผังดอก (floral diagram) และสูตรดอก (floral formula)

ผลการทดลอง

การพัฒนาของช่อดอก มีระยะเวลาตั้งแต่ช่อดอกเริ่มมองเห็นด้วยตาเปล่าถึงดอกบานทั้งช่อดอกใช้เวลา 20 วัน ดอกแรกภายในช่อดอกเริ่มบานวันที่ 12 แบ่งเป็น 4 ระยะ ดังนี้ ระยะแรกเริ่มตั้งแต่มองเห็นช่อดอกครั้งแรก ระยะนี้ก้านช่อดอกสั้นความยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร ดอกย่อยกระจุกตัวติดกับก้านช่อดอก ซึ่งใช้เวลา 2 วัน ระยะที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 3 ก้านช่อดอกยืดยาวขึ้นอย่างรวดเร็วมองเห็นเป็นดอกย่อยชัดเจน ดอกยังไม่พัฒนา โดยใช้เวลา 5 วัน ระยะที่ 3 ตั้งแต่วันที่ 7 ดอกมีขนาดใหญ่ ก้านช่อดอกย่อยยืดยาว มองเห็นช่อดอกย่อยเรียงแบบสลับ ดอกย่อยขยายใหญ่ ก้านช่อดอกด้านล่างสุดยาวมากที่สุด ระยะนี้ใช้เวลา 5 วัน และระยะที่ 4 ตั้งแต่วันที่ 12 ก้านช่อดอกหยุดยืดยาวตั้งแต่ดอกแรกของช่อดอกเริ่มบาน ดอกที่ตำแหน่งบนสุดของก้านช่อดอกย่อย ภายในช่อดอกอาจมีดอกบาน 1-3 ดอก ซึ่งคิดเป็น 10% ของการบานทั้งช่อดอก (Figure 1) ดอกในช่อแต่ละดอกบานภายใน 12 วัน (Figure 2)

ช่อดอกเป็นแบบช่อกระจะเชิงซ้อน (compound raceme) ภายในช่อดอกมีช่อดอกย่อย 6-8 ช่อย่อย แต่ละช่อย่อยมีดอกเฉลี่ย 3 ดอก แต่ละช่อดอกมีดอกเฉลี่ย 20.8 ดอก เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มี ovary อยู่เหนือส่วนอื่นๆ ของดอก (hypogynous flower หรือ superior ovary) รูปทรงของดอกแบบ รูปแจกัน (salverform) มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ สีแดง (Red Purple Group 60 D) กลีบดอกเป็นแบบพับออก (reduplicate) เมื่อดอกบานโค้งงอออกจากศูนย์กลางดอก ส่วนกลางกลีบดอกสีม่วงเข้ม (Purple Group 78 A) ปลายกลีบดอกสีม่วงอ่อน (Purple Group 78 C) รังไข่ (ovary) ตัดตามขวางเป็นรูปดาว มี 5 พู เกสรเพศผู้มี 10 อันอยู่แยกกัน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกพัฒนาสมบูรณ์มี 5 อัน อยู่ระหว่างร่องของรังไข่ ส่วนที่ 2 พัฒนาไม่สมบูรณ์มี 5 อันอยู่ในแนวเดียวกับก้านชูเกสรเพศเมีย อับเรณูหันหน้าออกจากศูนย์กลางของดอกแบบหันออก (extrose) เกสรเพศเมียมีส่วนของรังไข่และก้านชูเกสรเพศเมียเชื่อมติดกันบางส่วน โดยมียอดเกสรเพศเมียแยกออกที่ส่วนปลาย จำนวน 5 อัน (Figure 3) สูตรดอก คือ $\oplus$ ♀♂ Ca^5 Co^5 A^{10} $\underline{G}^5$ และแผนผังดอก (Figure 4) กลีบดอกยาวเฉลี่ย 8.9 มิลลิเมตร และเมื่อบานมีความกว้างเฉลี่ย 8.3 มิลลิเมตร ดอกเริ่มบาน ตั้งแต่ 07.00 น. และบานเต็มที่ในเวลา 09.00-10.00 น. เกสรเพศเมียพร้อมรับการผสมเกสรเวลา 08.00-10.00 น. ช่วงที่อับละอองเรณูแตก (pollen shed) เวลา 09.00-11.00 น. ดอกเริ่มหุบในเวลา 16.00-18.00 น. และกลีบดอกร่วงหลังจากดอกบาน 1 วัน

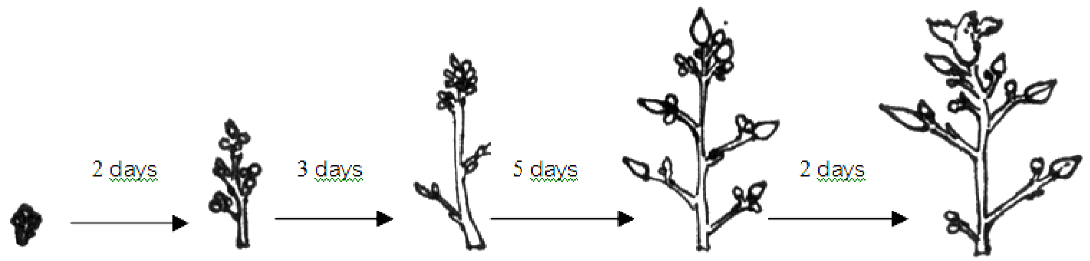


Figure 1 Development of Inflorescence of carambola 'B17'

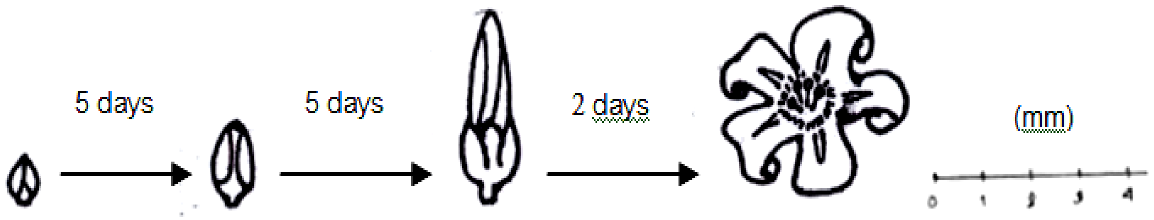


Figure 2 Development of flower of carambola ‘B17’

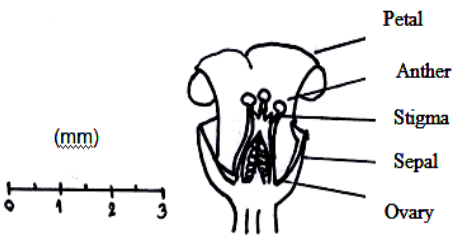


Figure 3 Longitudinal section of flower of carambola ’B17’

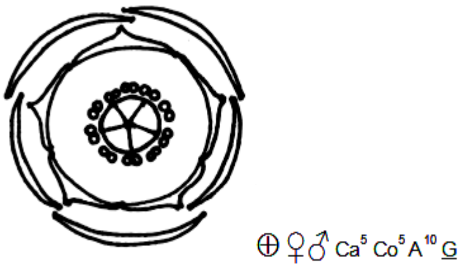


Figure 4 Floral diagram and floral formula of carambola ’B17’

วิจารณ์ผล

ดอกมะเฟือง “B17” ออกบริเวณปลายกิ่งที่อยู่นอกทรงพุ่ม เช่นเดียวกับคำอธิบายของ จุฑามาศ (2538) Watson และคณะ (1988) และ Salakpetch และคณะ (1990) มีรูปแบบของการบานของดอกคือ ดอกตรงกลางของช่อดอกที่อยู่บนสุดของช่อเริ่มบานก่อน จากนั้นดอกอื่นภายในช่อดอกย่อยจึงเริ่มทยอยบานจากบนสุดลงสู่ด้านล่าง มะเฟืองพันธุ์ B17 มีดอกใหญ่ กลีบดอกมีความยาวเฉลี่ย 9 มิลลิเมตรและกว้าง 8 มิลลิเมตร แตกต่างจากมะเฟืองพันธุ์ฟางตุงที่มีกลีบดอกยาวเฉลี่ย 6-7 มิลลิเมตร และกว้าง 5-6 มิลลิเมตร (Salakpetch และคณะ, 1990) เกสรเพศผู้มี 10 อัน มีเพียง 5 อันที่พัฒนาเป็นเกสรเพศผู้ที่สมบูรณ์ ในตำแหน่งตรงกลางระหว่างกลีบของรังไข่ เช่นเดียวกับที่อธิบายไว้โดย (Watson และคณะ, 1988; Matthews และ Endress, 2002) โดยเกสรเพศเมียมี 5 อัน พันธุ์ B17 เป็นพันธุ์ที่มียอดเกสรเพศเมียต่ำกว่าเกสรเพศผู้ เช่นเดียวกับที่อธิบายไว้โดย (Nakasone และ Paull, 1998; Cocucci, 2004) ดอกเริ่มบานตั้งแต่ 07.00 น. และบานเต็มที่เวลา 09.00 น.เกสรเพศเมียพร้อมรับการผสมตั้งแต่ 08.00-10.00 น. ส่วนอับเรณูแตกและปลดปล่อยเรณูตั้งแต่ 09.00 เป็นต้นไป จึงเห็นได้ว่าช่วงเวลาที่เกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียพร้อมรับการผสมมีการทับซ้อน (overlap) กันเพียง 1 ชั่วโมงทำให้เกิดการผสมและการติดผลต่ำไปด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Salakpetch และคณะ (1990) และ Nand (1971) พบว่า เกสรเพศเมียมีลักษณะสีเหลืองอ่อนชุ่มชื้นและบริเวณโดยรอบใส แสดงถึงความพร้อมรับการผสม ส่วนอับเรณูจะแตกเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและมีสีเหลืองเข้ม

สรุปผล

มะเฟืองพันธุ์ B17 ช่อดอกเป็นแบบช่อกระจะเชิงซ้อน (compound raceme) ดอกตั้งแต่เริ่มมองเห็นด้วยตาเปล่าจนกระทั่งดอกบานใช้เวลา 12 วันและใน 1 ช่อดอก มีจำนวนช่อย่อยตั้งแต่ 6 ถึง 8 ช่อย่อย มีดอกตั้งแต่ 18 ถึง 24 ดอก และดอกบานทั้งช่อใช้เวลา 20 วัน ดอกเริ่มบานเวลา 07.00 น. และดอกบานมากที่สุดเมื่อ 09.00-10.00 น. ดอกเริ่มหุบเวลา 16.00-18.00 น. ช่วงเวลา pollen shed คือ 09.00-11.00 น. ช่วงเวลาที่ stigma receptive คือ 08.00-10.00 น. เมื่อดอกบานเต็มที่มีความกว้าง 8.3 มิลลิเมตร ดอกประกอบด้วย กลีบเลี้ยง (sepal) 5 กลีบ กลีบดอก (petal) 5 กลีบ มีความยาวเฉลี่ย 8.9 มิลลิเมตร เกสรเพศผู้ (stamen) 10 อัน เกสรเพศเมีย (pistil) 5 อัน เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีสูตรดอก ⊕ ♀♂ Ca^{5} Co^{5} A^{10} $\underline{G}^{5}$ ก้านชูเกสรเพศเมียสั้น (1-2 มิลลิเมตร) และมีก้านชูเกสรเพศผู้ยาว 4-6 มิลลิเมตร

เอกสารอ้างอิง

จุฑามาศ พิบูลอาลักษณ์, 2538, การเปรียบเทียบลักษณะประจำพันธุ์ทางกิ่งใบและดอกของมะเฟือง 5 พันธุ์, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

นิรนาม, 2550, รู้เรื่อง "มะเฟือง" ผลไม้เมืองร้อนนอกสายตาชาวโลก, เคหการเกษตร, 31(6): 79–84.

Cocucci, A.A., 2004, Oxalidaceae, pp. 285-290 *In* K. Kubitzki, ed. The Families and Genera of Vascular Plant, Volume VI, Flowering Plants Dicotyledons; Celastrales, Oxalidales, Posales, Cornales, Ericales, Springer Verlag, Berlin, Germany, 490 p.

Galan, S.V. and Farre, M.J.M., 2006, Tropical and Subtropical Fruit Production in Spain, Chronica Horticulturae, 46(2): 26-30.

Matthews, M.L. and Endress, P.K., 2002, Comparative Floral Structure and Systematic in Oxalidales (Oxalidaceae, Connaraceae, Broneliaceae, Cephatotaceae, Cunoniaceae, Elaeocarpaceae, Tremandraceae), Botanical Journal of the Linnean Society, 140: 321-381.

Nakasone, H.Y. and Paull, R.E., 1998, Tropical Fruits, CAB International, Oxon, UK, 445 p.

Nand, D., 1971, Pollination, Fruit Set and Fruit Development in Carambola (*Averrhoa carambola* L.), The Indian Journal of Horticulture, 28(4): 78 – 84.

Salakpetch, S., Turner, D.W. and Dell, B., 1990, Flowering in Carambola (*Averrhoa carambola* L.), Acta Horticulturae, 275: 123-129.

Verheij, E.W.M. and Coronel, R.E., eds., 1991, Plant Resources of South-East Asia 2. Edible Fruits and Nuts, Prosea Foundation, Bogor, Indonesia, 444 p.

Watson, B.J., George, A.P., Nissen, R.J. and Brown, B.I., 1988, Carambola: A Star on the Horizon, Queensland Agricultural Journal, 110(1): 54-51.

การเจริญของผลมะเฟืองพันธุ์ B17

Fruit Development of ‘B17’ Carambola (*Averrhoa carambola* L.)

นิษา โรจนประเสริฐสุข[1] กวิศร์ วานิชกุล[1] และ ประภาพร ตั้งกิจโชติ[1]

Rotchanapasoedsuk, N.[1], Wanichkul, K.[1] and Tangkijchote, P.[1]

Abstract

A study on fruit development of ‘B17’ carambola (*Averrhoa carambola* L.) was carried out at the experimental field and the laboratory of Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Sean, Kasetsart University, Kamphaeng Sean campus, Nakhon Pathom province, from May to September, 2010. It was found that the growth period of carambola fruits from fruit setting to maturity stage was 14 weeks and the growth pattern was single sigmoidal curve. The fruit shape was ovoid elongated. The color of fruit changed from light green to yellow in 10 weeks after fruit set. At the harvest stage, the fruit color and fresh pulp color were in Yellow Group. Total soluble solids (TSS) content gradually increased until maturity, but the titratable acidity (TA) decreased when the fruit became mature. In the early growth period, the percentage of recovery was high, decreased when the fruit size increased, and increased again when the fruit became fully mature. The firmness decreased from week 3 after fruit set until fruit maturity. The heat unit of carambola ‘B17’ from fruit set to ripening stage was 2,156.5 CDD. The optimum harvesting period was 12-13 weeks from fruit set with heat units in the range of 1,856.4-2008.2 CDD

Keywords: fruit development, carambola, ‘B17’

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญของผลมะเฟืองพันธุ์ B17 ที่แปลงทดลอง และห้องปฏิบัติการพืชสวน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 พบว่า การเจริญของผลมะเฟืองตั้งแต่ติดผลจนถึงผลสุกเต็มที่ใช้เวลา 14 สัปดาห์ รูปแบบการเติบโตเป็นแบบ single sigmoidal curve ผลมีรูปร่างแบบ ovoid elongated ผลเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนเป็นสีเหลืองในสัปดาห์ที่ 10 หลังติดผล เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวสีเนื้อและสีผลอยู่ในกลุ่ม Yellow Group ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งผลสุกเต็มที่ แต่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ลดลงจนถึงผลสุกเต็มที่ เปอร์เซ็นต์ส่วนเนื้อผลที่ใช้ประโยชน์ได้ในช่วงแรกมีค่าสูง ลดลงเมื่อผลมีขนาดใหญ่ขึ้น และเพิ่มขึ้นเมื่อผลเริ่มสุก ความแน่นเนื้อลดลงจากสัปดาห์ที่ 3 หลังติดผลจนกระทั่งผลสุก ค่าความร้อนสะสมของผลมะเฟืองพันธุ์ B17 ตั้งแต่ติดผลจนกระทั่งผลสุกเต็มที่ เท่ากับ 2,156.5 CDD ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม คือ 12-13 สัปดาห์หลังติดผล มีค่าความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 1,856.4-2,008.2 CDD

คำสำคัญ: การเจริญของผล มะเฟือง ‘B17’

คำนำ

การเจริญของผลไม้โดยทั่วไป แบ่งเป็น 2 แบบ คือ การเจริญแบบซิกมอยด์ (sigmoid) มีกราฟลักษณะเป็นรูปตัว S และการเจริญแบบดับเบิลซิกมอยด์ (double sigmoid) มีกราฟลักษณะเป็นตัว S ซ้อนกัน 2 ตัว (ลิลลี่ และคณะ, 2549) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า มะเฟืองใช้เวลาตั้งแต่ออกดอกจนถึงเก็บเกี่ยว 12 สัปดาห์หลังติดผล (สุมาลี, 2538; พรพรรณ , 2553) มะเฟืองพันธุ์ B17 เป็นพันธุ์ที่น่าสนใจ เนื่องจากมีรสหวาน เนื้อค่อนข้างแข็ง แต่ฉ่ำน้ำ เมื่อสุกผลมีสีเหลืองอมส้ม (อุไร, 2547) แต่ยังพบปัญหาเกี่ยวกับการจัดการให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ และมีการศึกษาเกี่ยวกับมะเฟืองพันธุ์ B17 น้อย ดังนั้นจึงได้ศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะการเจริญของผลมะเฟืองพันธุ์ B17 การกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงการผลิตมะเฟืองต่อไป

---

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม** 73140

[1] Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกดอกมะเฟืองพันธุ์ B17 ที่ติดผลพร้อมกัน 15 ผล จากต้นมะเฟือง อายุประมาณ 5 ปี วัดความกว้าง ความยาว ความกว้างระหว่างกลีบผล ความกว้างกลีบผล และความหนาสันผลที่อยู่บนต้นทุก 7 วัน เริ่มตั้งแต่มองเห็นผลได้ด้วยตาเปล่า (5 วันหลังติดผล) จนถึงผลสุกเต็มที่ นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสดงรูปแบบการเจริญเติบโตของผล และคัดเลือกดอกที่ติดผลพร้อมกันจำนวน 80 ดอก จากต้นมะเฟืองทั้งหมด 4 ต้น ผูกป้ายไว้ สุ่มเก็บผลที่ผูกป้ายไว้ตั้งแต่เริ่มมองเห็นด้วยตาเปล่า ครั้งละ 5 ผล ทุก 7 วัน จนกระทั่งผลสุกเต็มที่บันทึกข้อมูลและลักษณะต่างๆ ได้แก่ ความกว้างผล ความยาวผล ความกว้างระหว่างกลีบผล ความกว้างกลีบผล และความหนาสันผล น้ำหนักผล ความแน่นเนื้อ วัดด้วย Effegi penetrometer ซึ่งหัวกดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเมล็ด ร้อยละของส่วนเนื้อผลที่รับประทานได้ ปริมาตรของผล ค่าความถ่วงจำเพาะ วัดสีผลเละสีเนื้อโดยใช้เครื่อง color reader และเปรียบเทียบสีผลกับ color chart ของ R.H.S. (The Royal Horticultural Society) วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรด (TA) ในน้ำคั้นจากเนื้อผล โดยการไทเทรตด้วยสารละลายด่าง (NaOH 0.1N) วัดค่า pH คำนวณค่าความร้อนสะสมจากสูตรตามวิธีการของ อังสุมาลิน และคณะ (2546) โดยใช้ค่า baseline temperature = 8 องศาเซลเซียส

ผลการทดลอง

ผลมะเฟืองพันธุ์ B17 ใช้เวลาในการเจริญหลังติดผลจนกระทั่งผลสุกแก่เต็มที่ 14 สัปดาห์หรือ 98 วัน การเจริญทางด้านความกว้างและความยาวของผลเป็นแบบ single sigmoidal curve พบว่า การเจริญของผลที่ติดอยู่บนต้น มีค่าใกล้เคียงกับผลที่เก็บเกี่ยวจากต้นแล้ว แต่มีความสม่ำเสมอมากกว่า (Figure1 และ Figure 2) ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึงสัปดาห์ที่ 13 หลังติดผล น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ด และขนาดของผลมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Figure 3) ความถ่วงจำเพาะในช่วงแรกมีค่าต่ำและสูงขึ้นตามอายุผล ส่วนความแน่นเนื้อเริ่มบันทึกได้ในสัปดาห์ที่ 3 หลังติดผล มีค่า 80.01 นิวตัน จากนั้นค่าดังกล่าวลดลงจนกระทั่งผลแก่เต็มที่ มีค่า 15.05 นิวตัน (Figure 4) ผลในช่วง 2 สัปดาห์หลังติดผลสีเขียวอ่อน (Yellow Green Group 144 C) ส่วนผลในช่วงสัปดาห์ที่ 7 ถึงสัปดาห์ที่ 9 หลังติดผลมีสีเขียวเข้ม (Yellow Green Group 146 D) และในสัปดาห์ที่ 10 หลังติดผล สีผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองปนเขียว (Yellow Green Group 151 A) จนกระทั่งผลสุกเต็มที่ ผลสีเหลืองส้ม (Yellow Group 13 A) ส่วนสีเนื้อผลอยู่ในกลุ่มสีใกล้เคียงกับสีผิวผล ในสัปดาห์ที่ 1 หลังติดผล เนื้อมะเฟืองมีสีเขียวอ่อน ค่า L* และ b* มีค่าสูงสุด ค่า a* มีค่าต่ำที่สุด (ติดลบ) จนกระทั่งในสัปดาห์ที่ 11 หลังติดผล เนื้อมะเฟืองมีสีเหลือง ค่า L* ลดลง แต่ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้น จนกระทั่งในสัปดาห์ที่ 14 หลังติดผล เนื้อมะเฟืองมีสีเหลืองส้ม L* มีค่าต่ำ ส่วน a* และ b* มีค่าเพิ่มขึ้น (Figure 5 และ Figure 6) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) เริ่มวัดได้ในสัปดาห์ที่ 4 หลังติดผล มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงสัปดาห์ที่ 12 ซึ่ง TSS มีค่าสูงสุด ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity; TA) สัปดาห์ที่ 6 มีค่าสูงสุด และจากนั้นลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งในสัปดาห์ที่ 14 มีค่าต่ำสุด (Figure 7) ค่าพีเอช (pH) ในน้ำคั้นจากเนื้อผล สัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 10 หลังติดผล มีค่าลดลงอย่างช้าๆ ซึ่งเป็นช่วงที่ผลสีเขียว ในสัปดาห์ที่ 11 ถึงสัปดาห์ที่ 14 หลังติดผล มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อผลแก่เต็มที่มีค่าสูงสุด สำหรับร้อยละของส่วนผลที่สามารถรับประทานได้ (Percentage of recovery) เริ่มวัดในสัปดาห์ที่ 4 หลังติดผล จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นถึงสัปดาห์ที่ 14 หลังติดผล มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 99.05% (Figure 8)

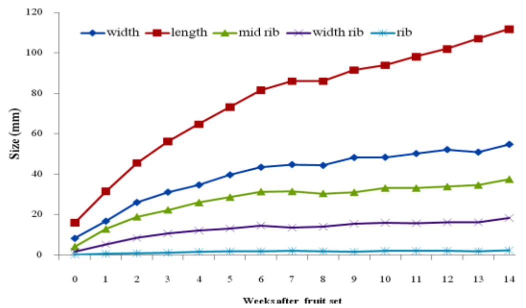


Figure 1 Width and length of carambola fruits 'B17' attached on tree from fruit set until ripe.

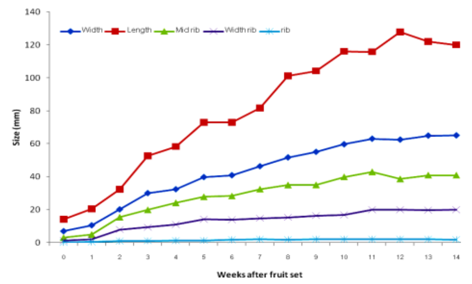


Figure 2 Width and length of carambola fruits'B17' detached on tree from fruit set until ripe.

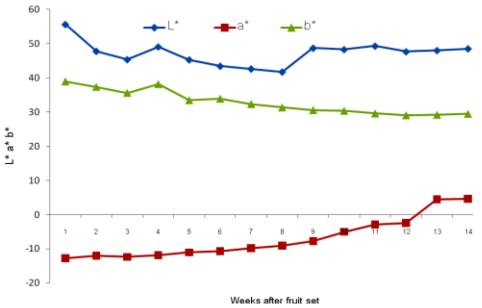


Figure 3 Weight and volume of carambola fruits 'B17' from 1st week after fruit set until ripe.

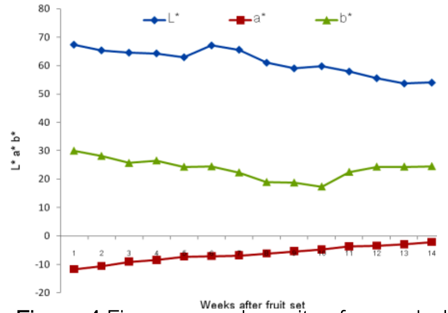


Figure 4 Firmness and gravity of carambola 'B17' from 3rd week after fruit set until ripe.

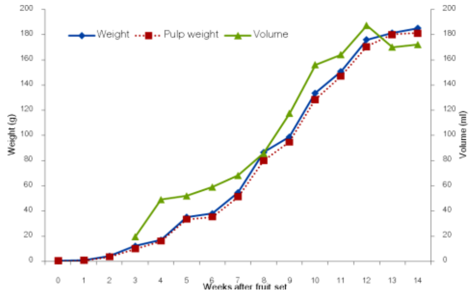


Figure 5 Color of carambola fruits 'B17' from 1st week after fruit set until ripe.

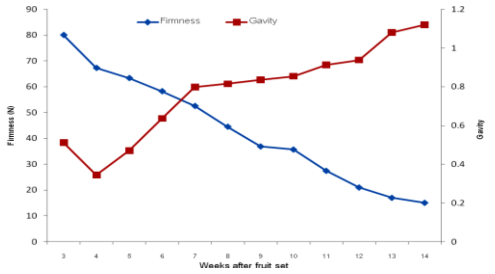


Figure 6 Color of carambola 'B17' pulp from 1st week after fruit set until ripe.

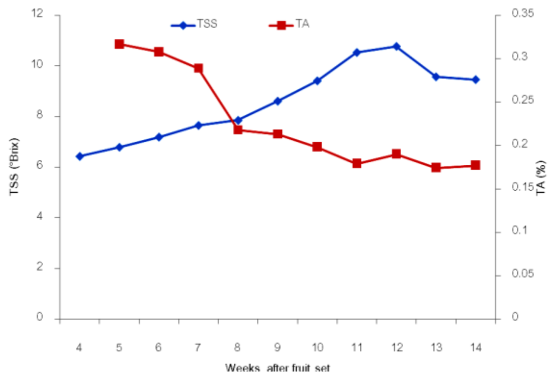


Figure 7 TSS and TA of carambola 'B17'pulp from 4th week after fruit set until ripe.

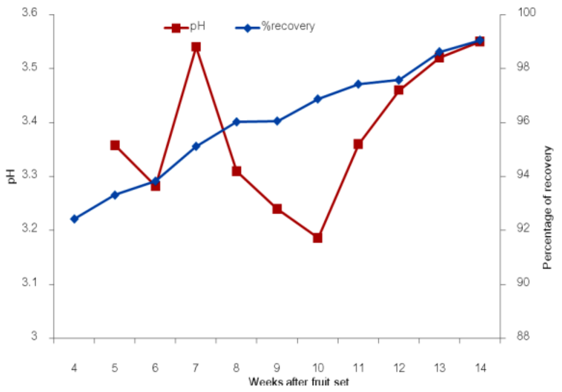


Figure 8 pH and percentage of recovery of carambola 'B17' fruits from 4th week after fruit set until ripe.

วิจารณ์ผล

การเจริญของผลมะเฟืองพันธุ์ B17 วัดจากขนาด น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ และปริมาตรผล พบว่า การเจริญของผลเป็นแบบ single sigmoidal curve สอดคล้องการศึกษาของ สุมาลี (2538), Nand (1971) และ Ali และ Jaafar (1992) การวัดความกว้าง ความยาวของผลจากบนต้นและผลที่เก็บจากต้น พบว่า กราฟที่ได้มีความคล้ายคลึงกัน แต่กราฟการเจริญของผลซึ่งวัดบนต้นเป็นแบบ single sigmoidal curve ชัดเจนกว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) พบว่า ช่วงแรก TSS มีค่าต่ำ เมื่อสีผลเปลี่ยน ค่า TSS เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณกรด (TA) ลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ สุมาลี (2538) และ Campbell และ Koch (1989) ความแน่นเนื้อของผลลดลงเมื่ออายุมากขึ้น และค่าความถ่วงจำเพาะของผลเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของผล มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาก่อนหน้านี้ในมะเฟืองพันธุ์ B17 ของสุมาลี (2538) อฑิลัคน์ (2539) กวิศร์ และพรพรรณ (2554) และ Ali และ Jaafar (1992) พบว่า ส่วนค่าความร้อนสะสมที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวคือ 1,549.2 – 2,156.5 CDD ซึ่งผลมีขนาดใหญ่ ปริมาณ TSS เพิ่มขึ้น สีผลเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองแล้ว

สรุปผล

การเจริญของผลมะเฟืองพันธุ์ B17 ตั้งแต่ติดผลจนกระทั่งผลสุกเต็มที่ใช้เวลา 98 วันหรือ 14 สัปดาห์ โดยวัดจากความกว้างและความยาวของผลบนต้นและผลที่เก็บจากต้นพบว่า เป็นแบบ single sigmoidal curve เช่นเดียวกับการวัดค่าน้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเมล็ดและปริมาตรผล ผลสุกเต็มที่มีปริมาตรผลเฉลี่ย 178 มิลลิลิตร น้ำหนักผลเฉลี่ย 185 กรัม และ ร้อยละของส่วนผลที่สามารถรับประทานได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 98.62% ความหนาแน่น (ความถ่วงจำเพาะ) ของผลมีค่าเฉลี่ย 1.08 กรัม/มิลลิลิตร ความแน่นเนื้อมีค่าเฉลี่ย 15.05 Newton (นิวตัน) ปริมาณ TSS เฉลี่ย 9.56 ^{o}Brix ปริมาณกรดในน้ำคั้นมีค่าเฉลี่ย 0.174% ปริมาณ TSS/TA เฉลี่ย 54.94 เวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวคือ สัปดาห์ที่ 12 ถึงสัปดาห์ 13 หลังติดผล ค่าความร้อนสะสมที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวคือ 1,856.4-2,008.2 CDD

เอกสารอ้างอิง

กวิศร์ วานิชกุล และ พรพรรณ ทรัพย์รุ่งเรือง, 2554, ผลของวัสดุห่อต่อคุณภาพผลมะเฟืองพันธุ์ B17, เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 49 สาขาพืช วันที่ 1 - 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ, หน้า. 249-256.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ มาลี ณ นคร ศรีสม สุวรรณวงศ์ และ สุริยา ตันติวิวัฒน์, 2549, สรีรวิทยาของพืช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 261หน้า.

สุมาลี อัตเจตะนะ, 2538, การศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวของมะเฟืองพันธุ์ B17, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

อฑิลัคน์ เดชสองชั้น, 2539, การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาเก็บเกี่ยวของมะเฟืองพันธุ์ B17 โดยการตัดแต่งดอก, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

อังสุมาลิน มิ่งเมือง มงคล แซ่หลิม และ สายัณห์ สดุดี, 2546, การหาดัชนีการเก็บเกี่ยวลองกอง โดยวิธีการคำนวณค่าหน่วยความร้อนสะสม, วารสารแก่นเกษตร, 31(1): 1–8.

อุไร จิรมงคลการ, 2547, ผลไม้ในสวน, สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ, 223 หน้า.

Ali, S.H. and Jaafar, Y., 1992, Effect of Harvest Maturity on Physical and Chemical Characteristics of Carambola (*Averrhoa carambola* L.), New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 20(2): 133–136.

Campbell, C.A. and Koch, K.E., 1989, Sugar/Acid Composition and Development of Sweet and Tart Carambola Fruit, Journal American Crop and Horticultural Science, 114(3): 455–457.

Nand, D., 1971, Pollination, Fruit Set and Fruit Development in Carambola (*Averrhoa Carambola* L.), The Indian Journal of Horticulture, 28(4): 78–84.

การฟอกกำจัดเชื้อชิ้นส่วนข้อของ *Dioscorea birmanica* เพื่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

Surface Sterilization of Single Node Cuttings for *In Vitro* Culture of *Dioscorea birmanica*

อรอุมา สองศรี[1] เยาวพา จิระเกียรติกุล[1] ภาณุมาศ ฤทธิไชย[1] และ อรุณพร อิฐรัตน์[2]

Songsri, O.[1], Jirakiattikul, Y.[1], Rithichai, P.[1] and Itharat, A.[2]

Abstract

Dioscorea birmanica is a Thai medicinal plant which often uses with other medicinal plant species for the treatments of cancers, AIDS, septicemia and lymphatic diseases. As the requirement of rhizome for medicinal purposes has been increased, rapid multiplication using *in vitro* culture needs to be investigated. Surface sterilization of explants is one of the important steps for plant tissue culture technique. Therefore, the method for surface sterilization of *D. birmanica* single nodal segments was determined before further study on shoot multiplication. Single nodes were disinfected in tetracycline solution with or without sonication for 30 min and then immersion in NaOCl bleach solution twice at different concentrations and time durations. The experiment was arranged in Completely Randomized Design with 4 treatments. The results revealed that survival percentage was significantly different among the treatments. Sonication following with immersion in 15% and 10% NaOCl bleach solution for 20 min and 15 min gave the highest survival percentage of 95.24% which was not significantly different with those of sonication following with immersion in 20% and 15% NaOCl bleach solution for 20 min and 15 min (86.31%) and no sonication but disinfection with 20% and 15% NaOCl bleach solution for 25 min and 20 min (66.40%). Therefore, sonication following with NaOCl bleach solution could improve the disinfection performance of single nodes of *D. birmanica.*

Keywords: *Dioscorea birmanica*, surface sterilization, sonication, *in vitro*

บทคัดย่อ

Dioscorea birmanica เป็นพืชสมุนไพรไทยที่ใช้ร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่น เพื่อรักษาโรคมะเร็ง เอดส์ เลือดเป็นพิษ และน้ำเหลืองเสีย จากความต้องการใช้เหง้าเพื่อรักษาโรคที่มีมากขึ้น การขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนต้นด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จึงจำเป็นต้องศึกษาทดลอง การฟอกกำจัดเชื้อชิ้นส่วนพืชเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ดังนั้นจึงทำการ ศึกษาวิธีการฟอกกำจัดเชื้อชิ้นส่วนข้อของ *D. birmanica* ก่อนการเพิ่มจำนวนต้นต่อไป โดยฟอกกำจัดเชื้อส่วนข้อในสารละลาย tetracycline ร่วมหรือไม่ร่วมกับการ sonicate นาน 30 นาที จากนั้นนำไปฟอกกำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์สองครั้ง ที่มีความเข้มข้นและระยะเวลาต่างกัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 4 สิ่งทดลอง จากการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการ sonicate แล้วฟอกกำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 15% นาน 20 นาที และ 10% นาน 15 นาที มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุด 95.24% ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการ sonicate แล้วฟอกกำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 20% นาน 20 นาที และ 15% นาน 15 นาที และการไม่ sonicate แต่ฟอกกำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 20% นาน 25 นาที และ 15% นาน 20 นาที ที่มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 86.31% และ 66.40% ตามลำดับ ดังนั้นการฟอกกำจัดเชื้อชิ้นส่วนข้อของ *D. birmanica* ควรมีการ sonicate ร่วมกับการฟอกกำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฟอกกำจัดเชื้อให้สูงขึ้น

คำสำคัญ: *Dioscorea birmanica* ฟอกกำจัดเชื้อ การ sonicate การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

[1] **ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121**

[1] Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit campus, Pathumthani 12121

[2] **สาขาวิชาแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121**

[2] Applied Thai Traditional Medicine, Faculty of Medicine, Thammasat University, Rangsit campus, Pathumthani 12121

คำนำ

Dioscorea birmanica Prain&Burkill เป็นพืชสมุนไพรไทยที่อยู่ในวงศ์ *Dioscoreaceae* เป็นไม้เถาเลื้อย มีลำต้นใต้ดินสะสมอาหารในเหง้า (rhizome) และทุกส่วนมีหนาม พบมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยในประเทศไทยพบบริเวณป่าดิบเขาและป่าโปร่ง (Wilkin และ Thapyai, 2009) นิยมใช้ส่วนเหง้าร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่น เพื่อรักษาโรคมะเร็ง เอดส์ เลือดเป็นพิษ และน้ำเหลืองเสีย (Itharat และ Jaiarree, 2010) จากความต้องการใช้เหง้าเพื่อรักษาโรคที่มีมากขึ้น แต่การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติค่อนข้างใช้ระยะเวลานานในการผลิตต้นให้เพียงพอกับความต้องการได้ (Craufurd และคณะ, 2001) การขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนต้นด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงจำเป็นต้องมีการศึกษา ซึ่งในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้น ขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญคือการฟอกกำจัดเชื้อชิ้นส่วนพืช เพื่อขจัดสิ่งสกปรกและเชื้อจุลินทรีย์ออกจากผิวของชิ้นส่วนพืช โดยการขจัดสิ่งปนเปื้อนออกจากผิว ทำได้ยากในชิ้นส่วนพืชที่มีขนหรือผิวขรุขระไม่เรียบ จึงจำเป็นต้องใช้สารฟอกกำจัดเชื้อ (sterilizing agents) ซึ่งสารฟอกกำจัดเชื้อที่นิยมใช้มากที่สุดคือ sodium hypochloride (NaOCl) มีชื่อการค้าคือ คลอร็อกซ์ (clorox) หากไม่มีขั้นตอนการฟอกกำจัดเชื้อชิ้นส่วนพืช เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนทำให้เกิดความเสียหายแก่เนื้อเยื่อพืชได้ (รังสฤษดิ์, 2545) อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนในการฟอก รวมถึงความเข้มข้นของสารฟอกกำจัดเชื้อ และระยะเวลาในการฟอกกำจัดเชื้อจะแตกต่างกันไปตามชนิดและชิ้นส่วนของพืช (สมพร, 2549) ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษาวิธีการฟอกกำจัดเชื้อชิ้นส่วนข้อของ *D. birmanica* ด้วยการ sonicate ร่วมกับการใช้สารละลายคลอร็อกซ์ เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนที่ปลอดจากเชื้อราและแบคทีเรีย รวมทั้งเพื่อให้มีอัตราการรอดชีวิตสูงก่อนการเพิ่มจำนวนต้นในขั้นตอนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำกิ่งอ่อนของ *D. birmanica* มาตัดแบ่งเอาเฉพาะส่วนข้อ แต่ละชิ้นส่วนยาวประมาณ 1 เซนติเมตร และแต่ละข้อมีตาข้าง 1 ตา ล้างทำความสะอาดด้วยสบู่และล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแช่ข้อในเอธิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70% นาน 1-2 นาที แล้วนำไปแช่ในสารละลาย tetracycline ความเข้มข้น 125 มิลลิกรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร เขย่าขวดนาน 60 นาที (ไม่ sonicate) หรือแช่ในสารละลาย tetracycline แล้วนำไป sonicate ด้วยเครื่อง ultrasonic bath นาน 30 นาที และเขย่าขวดอีก 30 นาที (sonicate 30 นาที) จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายคลอร็อกซ์ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาที่แตกต่างกัน (Table 1) หยด Tween 20 ลงในสารละลายคลอร็อกซ์ทุกความเข้มข้น ประมาณ 1-2 หยด และเขย่าขวดฟอกกำจัดเชื้อตลอดระยะเวลาที่กำหนดในแต่ละวิธี จากนั้นนำข้อ *D. birmanica* มาล้างด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งกำจัดเชื้อแล้ว 2 ครั้ง และตัดส่วนปลายที่สัมผัสกับสารละลายคลอร็อกซ์ นำชิ้นส่วนข้อไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA (6-benzyladenine) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และนำไปไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 14 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 4 วิธี แต่ละวิธีมี 6 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ข้อ บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ข้อที่ปนเปื้อนเชื้อราและแบคทีเรีย เปอร์เซ็นต์ข้อที่ตาย และเปอร์เซ็นต์ข้อที่รอดชีวิต

Table 1 Sonication period, concentrations of NaOCl bleach solution and time duration for surface sterilization.

Treatments	Sonication period (min)	1^{st} Surface sterilization		2^{nd} Surface sterilization	
		Clorox [% v/v]	Time (min)	Clorox [% v/v]	Time (min)
1	-	15	25	10	20
2	-	20	25	15	20
3	30	15	20	10	15
4	30	20	20	15	15

ผลการทดลอง

จากการแช่ส่วนข้อของ *D. birmanica* ในสารละลาย tetracycline ร่วมหรือไม่ร่วมกับการ sonicate นาน 30 นาที ก่อนการฟอกกำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ พบว่า การแช่ในสารละลาย tetracycline ร่วมกับการ sonicate นาน 30 นาที ให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงกว่าเมื่อเทียบกับการไม่ sonicate (Table 2) โดยการ sonicate นาน 30 นาที แล้วฟอก

กำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 15% นาน 20 นาที และ 10% นาน 15 นาที มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุด 95.24% ซึ่งไม่แตกต่างกับการ sonicate นาน 30 นาที แล้วฟอกกำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 20% นาน 20 นาที และ 15% นาน 15 นาที และการไม่ sonicate แล้วฟอกกำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 20% นาน 25 นาที และ 15% นาน 20 นาที มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 86.31% และ 66.40% ตามลำดับ (Table 2) เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ข้อปนเปื้อน พบว่า ลดลงเหลือ 4.76%-8.93% เมื่อมีการ sonicate นาน 30 นาที ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ sonicate ที่มีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนสูงถึง 33.60%-48.68% ส่วนเปอร์เซ็นต์ข้อที่ตาย พบว่า การ sonicate นาน 30 นาที ร่วมกับการใช้สารละลายคลอร็อกซ์ที่ความเข้มข้นสูง มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ข้อที่ตายสูงขึ้นเท่ากับ 4.76% แต่ไม่แตกต่างกับการไม่ sonicate และการ sonicate นาน 30 นาที แต่ใช้ความเข้มข้นของสารละลายคลอร็อกซ์ที่ต่ำกว่า (Table 2)

Table 2 Survival percentage of single node segments of *D. birmanica* after surface sterilization and culture on medium for 14 days.

Sonication period (min)	1st Surface sterilization		2nd Surface sterilization		Contamination 1/ (%)	Dead explant (%)	Survival rate (%)
	Clorox [% v/v]	Time (min)	Clorox [% v/v]	Time (min)			
-	15	25	10	20	48.68[a]	0.00	51.32[b]
-	20	25	15	20	33.60[ab]	0.00	66.40[ab]
30	15	20	10	15	4.76[c]	0.00	95.24[a]
30	20	20	15	15	8.93[c]	4.76	86.31[a]
		F-Test			*	ns	*
		C.V. (%)			39.08	93.29	11.82

1/ Mean values within a column followed by the different letters were significantly at P< 0.05 according to DMRT.

* Significantly different at 95%

ns Not significantly different

วิจารณ์ผล

จากการทดลองฟอกกำจัดเชื้อชิ้นส่วนข้อของ *D. birmanica* โดยแช่ในสารละลาย tetracycline ร่วมหรือไม่ร่วมกับการ sonicate พบว่า การ sonicate มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงกว่าการไม่ sonicate ทั้งนี้เพราะการ sonicate ทำให้สารละลายฟอกกำจัดเชื้อสัมผัสกับพื้นที่ผิวของชิ้นส่วนพืชได้มากขึ้น (Singh และ Kumar, 2009) ในขณะที่การฟอกกำจัดเชื้อร่วมกับการ sonicate นาน 30 นาที และสารละลายคลอร็อกซ์ที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตลดลง เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การตายสูงขึ้นนั้น Singh และ Kumar (2009) ได้กล่าวไว้ว่า ultrasonic bath เป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฟอกกำจัดเชื้อ โดยจะช่วยเพิ่มผิวสัมผัสของสารฟอกกำจัดเชื้อกับชิ้นส่วนของพืช แต่คลื่นเสียงความถี่สูงจากเครื่องมือส่งผลให้เซลล์แบคทีเรีย เซลล์สัตว์ และเซลล์พืชแตกได้ (Wilson และ Walker, 2005) ด้วยเหตุผลดังกล่าว การ sonicate ร่วมกับสารฟอกกำจัดเชื้อที่มีความเข้มข้นสูง จึงมีอัตราการตายของชิ้นส่วนมากกว่าการไม่ sonicate หรือใช้สารฟอกกำจัดเชื้อที่ความเข้มข้นน้อยกว่า จากผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า สอดคล้องกับการทดลองใน *Dendrobium tosaense* (Lo และคณะ, 2004), *Haemaria discolor* (Shiau และคณะ, 2005), *Aquilaria crassna* (ยุพา และคณะ, 2550) และ *Dioscorea membranacea* (Jirakiattikul และคณะ, 2010) ที่พบว่า การ sonicate ช่วยทำให้ชิ้นส่วนพืชปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์ได้มากขึ้น นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการฟอกกำจัดเชื้อที่ผิวของชิ้นส่วนพืชยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดและความเข้มข้นของสาร ระยะเวลา และชนิดของเนื้อเยื่อพืช เช่น ถ้าชิ้นส่วนพืชหนา และแข็งมาก อาจจะใช้สารฟอกกำจัดเชื้อที่มีความเข้มข้นสูง และแช่ไว้เป็นเวลานาน ในทางกลับกันถ้าชิ้นส่วนพืชบาง และอ่อนมาก อาจจะใช้ความเข้มข้นของสารน้อยลง และลดระยะเวลาการแช่ในสาร ด้วยเหตุนี้ความเข้มข้นของสารละลายคลอร็อกซ์ที่เพิ่มขึ้นอาจทำอันตรายต่อความมีชีวิตของชิ้นส่วนพืช (บุญยืน, 2547) ดังนั้น จึงควรเลือกชนิดและความเข้มข้นของสารรวมทั้งระยะเวลาในการแช่ในสารฟอกกำจัดเชื้อให้เหมาะสมต่อชิ้นส่วนพืช จากการทดลองนี้พบว่า การฟอกกำจัดเชื้อของ *D. birmanica* ด้วยการ sonicate นาน 30 นาที ร่วมกับการฟอกกำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 15% นาน

20 นาที และ 10% นาน 15 นาที มีอัตราการรอดชีวิต 95.24% ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการ sonicate นาน 30 นาที ร่วมกับการฟอกกำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 20% นาน 20 นาที และ 15% นาน 15 นาที ที่มีอัตรารอดชีวิต 86.31% เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารละลายคลอร็อกซ์ที่ใช้ในการฟอกกำจัดเชื้อและอัตราการรอดชีวิตของ *D. birmanica* จึงควรใช้วิธีการ sonicate นาน 30 นาที ร่วมกับการฟอกกำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 15% นาน 20 นาที และ 10% นาน 15 นาที เนื่องจากใช้ความเข้มข้นของสารละลายคลอร็อกซ์น้อยกว่า

สรุปผล

การแช่ชิ้นส่วนข้อ *D. birmanica* ในสารละลาย tetracycline ร่วมกับการ sonicate นาน 30 นาที แล้วฟอกกำจัดเชื้อด้วยสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 15% นาน 20 นาที และ 10% นาน 15 นาที มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 95.24%

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

บุญยืน กิจวิจารณ์, 2547, เทคโนโลยีเบื้องต้น การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อการพัฒนาพันธุ์พืช, โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น, 168 หน้า.

ยุพา มงคลสุข รุ่งอรุณ สุ่มแก้ว ปฏิมา ลิขิตธรรมนิตย์ พนิดา วงษ์แหวน และ วิลาสินี กวีกิจธรรมกุล, 2550, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกฤษณา (*Aquilaria crassna*), งานวิจัยของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ, 2545, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช: หลักการและเทคนิค, พิมพ์ครั้งที่ 3, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 219 หน้า.

สมพร ประเสริฐส่งสกุล, 2549, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกับการปรับปรุงพันธุ์พืช, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี, 127 หน้า.

Craufurd, P.Q., Summerfield, R.J., Asiedu, R. and Vara Prasad, P.V., 2001, Dormancy in yams, Experimental Agriculture, 37: 147-181.

Itharat, A. and Jaiarree, N., 2010, Cytotoxic Saponin Against Lung Cancer Cells from *Dioscorea birmanica* Prain and Burkill, Journal of The Medical Association, Thai, 93: 192-197.

Jirakiattikul, Y., Saelim, N. and Joeythong, W., 2010, Effects of Explant Age and Sonication Duration on Surface Sterilization of *Dioscorea membranacea,* 36th Congress on Science and Technology of Thailand, October 26-28, 2010, BITEC, Bangkok.

Lo, S.F., Nalawade, S.M., Kuo, C.L., Chen, C.L. and Tsay, H.S., 2004, Asymbiotic Germination of Immature Seeds, Plantlet Development and ex *in vitro* Establishment of *Dendrobium tosaense* makino-a Medicinally Important Orchid, *In Vitro* Cellular & Developmental Biology - Plant, 40: 528-535.

Shiau, Y.J., Nalawade, S.M., Hsai, C.N. and Tsy, H.S., 2005, Propagation of *Haemaria discolor* via *in vitro* Seed Germination, Biologia plantarum, 49(3): 341-349.

Singh, M.P. and Kumar, S., 2009, Plant Tissue Culture. S.B. Nangia for publishing corporation, New Delhi, 278 p.

Wilkin, P. and Thapyai, C., 2009, Dioscoreaceae, Flora of Thailand, 10(1): 1-140.

Wilson, K. and Walker, J., 2005, Principles and Techniques of Biochemistry and Molecular Biology, Cambridge University Press, Cambridge, 802 p.

การเพิ่มจำนวนยอดใหม่ในขวดแก้วและการปรับให้คุ้นสภาพแวดล้อมของต้นกระดุมทองเลื้อย

In Vitro Shoot Proliferation and Plantlet Acclimatization of Creeping Daisy

กิตติ โพธิปัทมะ[1] สมโภชน์ น้อยจินดา[1] พรรทิภา ทองพวง[1] วลีรัตน์ วัฒนชลทิศ[1] ลือพล ปุณณกันต์[2] และ กรวิศฎ์ ณ ถลาง[3]

Bodhipadma, K.[1], Noichinda, S.[1], Tongpuang, P.[1], Wattanachonlatit, W.[1], Punnakanta, L.[2] and Nathalang, K.[3]

Abstract

Shoot proliferation from nodal segment and plantlet acclimatization of creeping daisy were studied. Nodal explants had been cultured for 4 weeks on semi-solid MS medium supplemented with 0, 2 and 3% sucrose in aseptic and under light exposure conditions. It was found that MS medium containing 3% sucrose gave the highest number of shoot per node at 1.70. When nodal explants were placed on MS medium consisted of 3% sucrose and 0.5, 1 and 2 mg/L benzyladenine (BA) for 4 weeks, the result showed that medium comprised 3% sucrose and 1 mg/L BA was able to induce the maximum number of shoot per node at 6.15. For root induction, 4-week-old shoots initiating on those 3 media were isolated and transferred to MS basal medium. After 4 weeks culturing, the greatest number of root per shoot at 6.40 were obtained from the separated shoots that had been previously initiated on MS medium fortified with 3% sucrose and 1 mg/L BA. This preceding medium also provided the best survival percentage of plantlet (90%) after acclimatization.

Keywords: acclimatization, creeping daisy, nodal culture, shoot proliferation

บทคัดย่อ

ศึกษาการเพิ่มจำนวนยอดใหม่จากชิ้นส่วนข้อและการปรับให้คุ้นสภาพแวดล้อมของต้นกระดุมทองเลื้อย ชิ้นส่วนข้อถูกนำมาเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ บนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมซูโครส 0, 2 และ 3% ในสภาวะปลอดเชื้อ ภายใต้แสง พบว่าอาหารสูตร MS ซึ่งมีซูโครส 3% ให้จำนวนยอดต่อข้อดีที่สุดคือ 1.70 ยอด เมื่อนำชิ้นส่วนข้อมาวางบนอาหารสูตร MS ที่มีซูโครส 3% และ benzyladenine (BA) 0.5, 1 และ 2 mg/L เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลปรากฏว่าอาหารสูตร MS ซึ่งมีซูโครส 3% และ BA 1 mg/L สามารถชักนำให้เกิดจำนวนยอดต่อข้อมากที่สุดคือ 6.15 ยอด สำหรับการชักนำให้เกิดรากทำได้โดยการย้ายยอดอายุ 4 สัปดาห์ ซึ่งเกิดจากอาหารเพาะเลี้ยง 3 สูตร ดังกล่าว ไปยังอาหารสูตร MS ภายหลังเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์ พบจำนวนรากต่อยอดมากที่สุดคือ 6.40 ราก จากยอดที่ถูกตัดมาจากอาหารสูตร MS ที่เติมซูโครส 3% และ BA 1 mg/L ซึ่งอาหารสูตรนี้ยังให้ร้อยละของพืชที่รอดชีวิตได้ดีที่สุด (90%) ภายหลังการปรับให้คุ้นสภาพแวดล้อม

คำสำคัญ: การปรับให้คุ้นสภาพแวดล้อม กระดุมทองเลื้อย การเพาะเลี้ยงข้อ การเพิ่มจำนวนยอดใหม่

Introduction

Creeping daisy (*Wedelia trilobata* (L.) Hitch.) is a tropical perennial herb native to Central America. This plant belongs to the sunflower family (Asteraceae) and nowadays broadly spread in the tropical areas. The common name of this species is given according to its characteristic which is a soil creeper producing yellow daisy-like flowers (Hossain and Hassan, 2005; Meena *et al.,* 2011; Thakur *et al.,* 2011). Apart from using as landscape decorations, it has been raised for ecological purposes i.e. ground covers for soil erosion and protection management and to reduce bird strikes on the airport (Choengthong, 2007; Linnel *et al.,* 2009). Moreover, phytochemicals from creeping daisy also exhibited antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory and

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพฯ 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] คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา นครปฐม 73170 ประเทศไทย

[2] Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Salaya, Nakhon Pathom 73170, Thailand

[3] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

[3] Department of Biology, Faculty of Science, Mahidol University, Rajathevi District, Bangkok 10400, Thailand

allelopathic activities (Nie *et al.,* 2004; Govindappa *et al*., 2011). Following those advantages, it is worth to utilize tissue culture technology for rapid clonal propagation of this species since there will be a lot of plants requiring for the real application and also to reduce the cost and time of conventional methods. Thus, the present study aimed to induce multiple shoots from single node culture of creeping daisy employing only a plant growth regulator (benzyladenine) with the successful plantlet survival after acclimatization throughout the micropropagation process.

Materials and Methods

Stems of creeping daisy were collected from the bank of small brook near King Mongkut's University of Technology North Bangkok. After leaves had been removed, the healthy nodes were selected and excised each 3–4 cm long. Subsequently, 20 nodal segments were rinsed with distilled water 3 times and surface–disinfected with 15% (v/v) Clorox and 3–4 drops of Tween 20 for 20 min 2 times, followed by soaking 1 min each in distilled water 3 times. Surface–sterilized creeping daisy nodes were then cut each 0.8–1 cm long and placed on plant growth regulator–free MS medium (Murashige and Skoog, 1962) consisted of 0, 2 and 3% sucrose at pH 5.7 and kept in a growth room under 16 h light condition (daylight fluorescent lamps: 43.40 µmol m^{-2} s^{-1}) and 8 h of darkness at 25±2^{o}C for 4 weeks. To examine the effect of single plant growth regulator on shoot proliferation from lateral bud, nodal explants were cultured on MS medium supplemented with 3% sucrose and 0.5, 1 and 2 mg/L benzyladenine (BA), pH 5.7, and stored as mentioned above for 4 weeks. These in vitro shoots were consequently incised and moved to MS hormone–free medium for 4 weeks to initiate root formation on conditions aforesaid. Afterward, rooted plantlets were transplanted into a soilmix (soil: sand: chopped rice straw in a 5:4:1 ratio) on the plastic pot and grown for 4 weeks under ex vitro acclimatization.

Results and Discussion

Single node culture is a clonal propagation which has the potential for rapid plantlet regeneration in vitro through meristematic organogenesis. It is one of the reliable methods using performed origin that produce the least variation in propagated plantlets (Skirvin *et al*., 1994; Chawla, 2002). In this research, lateral bud of creeping daisy had the different response on MS basal medium containing various sucrose concentrations. The highest shoot number (1.70) and shoot length (1.71 cm) per node was found on the medium adding 3% sucrose (Figure 1 left). Generally, sucrose provides energy for cell and tissue during the in vitro cultivation. The obligation of this carbon source for axillary bud proliferation was diverse among plant genotypes (Al-Khalifah *et al*., 2005). Nevertheless, single-node cuttings of creeping daisy required 3% sucrose for better shoot regeneration. After placing single-node segments on MS basal medium consisted of 3% sucrose and different concentrations of BA, the result revealed that the various amount of plant growth regulator obviously had dissimilar effects on shoot proliferation from nodal explants. The greatest number and length of shoot per node were clearly obtained from MS medium supplemented with 3% sucrose and 1 mg/L BA at 6.15 and 1.41, respectively (Figure 1 right). These outcomes were similar to the report from Agarwala *et al*. (2010) as nodes of *Wedelia chinensis* had a highest of 90% explants responded on MS medium containing 1 mg/L BA and the obtained average length of shoot was 1.19 cm. Hence, this BA concentration may be optimal for nodal culture of both *Wedelia* species. When the proliferated shoots from various BA media had been cut and transferred to MS basal medium, roots could be initiated in all previous treated shootlets. However, the number of root per shoot was noticeably superior to the other on MS medium enriched with 3% sucrose and 1 mg/L BA. The root number and length per shoot from this BA concentration were 6.40 and 1.4 cm, respectively (Figure 2 left). This finding was contrasting from *Wedelia chinensis* due to this plant demanded BA with NAA or GA_3 in the media for rhizogenesis (Agarwala *et al*., 2010) while hormone–free medium was adequate for creeping daisy. During

plantlet acclimation, the percentage of survival was different in rooted plantlets that formerly cultured on MS basal medium fortified with 3% sucrose and 0.5, 1 and 2 mg/L BA. The greatest survival percentage (90%) was achieved from the micropropagated plantlets which once treated on MS medium containing 1 mg/L BA whereas the other had only 60% survival. Besides, the best survival plantlets also gave the highest length at 5.50 cm (Figure 2 right) while the number of leaves was quite similar. In conclusion, multiple shoots of creeping daisy could be simply induced from nodal cuttings via axillary bud proliferation and this approach needs only single hormone at the proper concentration to initiate shoot proliferation. After that, no more plant growth regulator is required to complete the micropropagation cycle. By this way, clonal propagation of creeping daisy would be done repeatedly as long as our desires.

Literature cited

Agarwala, B., Safiul Azam, F.M., Afsana Khatun, Mst., Rahman, F. and Rahmatullah, M., 2010, Simultaneous Shoot Regeneration and Rhizogenesis of *Wedelia Chinensis* for In Vitro Clonal Propagation, American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 4(1): 65-69.

Al-Khalifah, N.S., Hadi, S. and Khan, F., 2005, Influence of Sucrose Concentration on In Vitro Growth of Five Rose (*Rosa hybrida* L.) Cultivars, Plant Tissue Culture, 15(1): 43-49.

Chawla, H.S., 2002, Introduction to Plant Biotechnology, Science Publishers Inc., Enfield, New Hampshire, 538 p.

Choengthong, S., 2007, Soil Management and Conservation in the Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Surat Thani Province, Songklanakarin Journal of Science and Technology, 29(1): 133-144.

Govindappa, M., Naga Sravya, S., Poojashri, M.N., Sadananda, T.S. and Chandrappa, C.P., 2011, Antimicrobial, Antioxidant and in vitro Anti-inflammatory Activity of Ethanol Extract and Active Phytochemical Screening of *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc., Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy, 3(3): 43-51.

Hossain, A.B.M.E. and Hassan, Md.A., 2005, *Wedelia trilobata* (L.) A.S. Hitchc. (Asteraceae) - A new record for Bangaldesh, Bangladesh Journal of Plant Taxonomy, 12(1): 63-65.

Linnel, M.A., Conover, M.R. and Ohashi, T.J., 2009, Using Wedelia as Ground Cover on Tropical Airports to Reduce Bird Activity, Human–Wildlife Conflicts, 3(2): 226–236.

Meena, A.K., Rao, M.M., Meena, R.P., Panda, P. and Renu, 2011, Pharmacological and Phytochemical Evidences for The Plants of Wedelia Genus– A Review, Asian Journal of Pharmaceutical Research, 1(1): 7-12.

Murashige, T. and Skoog, F., 1962, A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures, Plant Physiology, 15: 473-497.

Nie, C.R., Zeng, R.S., Luo, S.M., Li, H.S., Hong, M.Q. and Cheng, L.Q., 2004, Allelopathic Potentials of W*edelia trilobata* L. on Rice, Acta Agronomica Sinica, 30(9): 942-946.

Skirvin, R.M., McPheeters, K.D. and Norton, M., 1994, Sources and Frequency of Somaclonal Variation, Hortscience, 29: 1232-1236.

Thakur, T., Dadsena, R., Nandeshwar, S.B. and Kumar, A., 2011, In Vitro Study of Callus Induction in *Wedelia Trilobata* Using Different Growth Regulators, Plant Tissue Culture and Applied Plant Biotechnolegy, 21(1): 95-99.

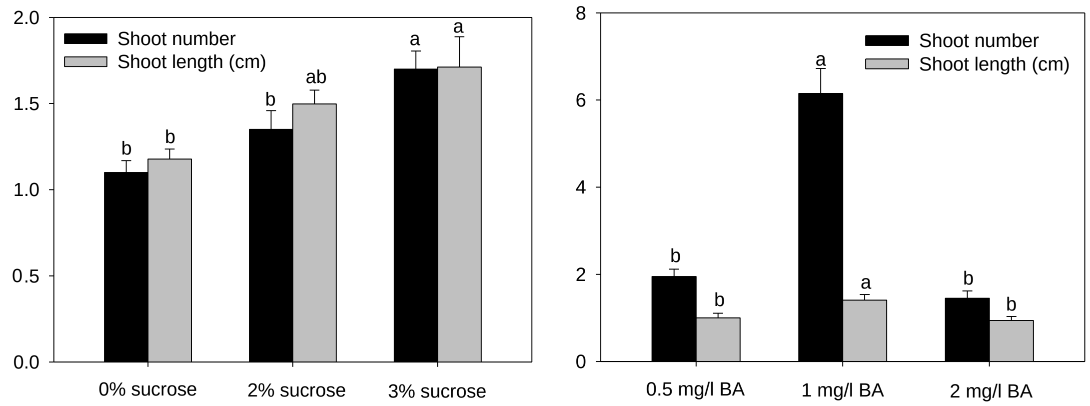


Figure 1 Shoot number and shoot length from single node culture of creeping daisy on MS basal medium comprised 0, 2 and 3% sucrose (left) and on MS basal medium fortified with 3% sucrose and 0.5, 1 and 2 mg/l BA (right). Data are means of 10 replications ± SE. Values marked by same letter over the bars are not significantly different (ANOVA, P < 0.05).

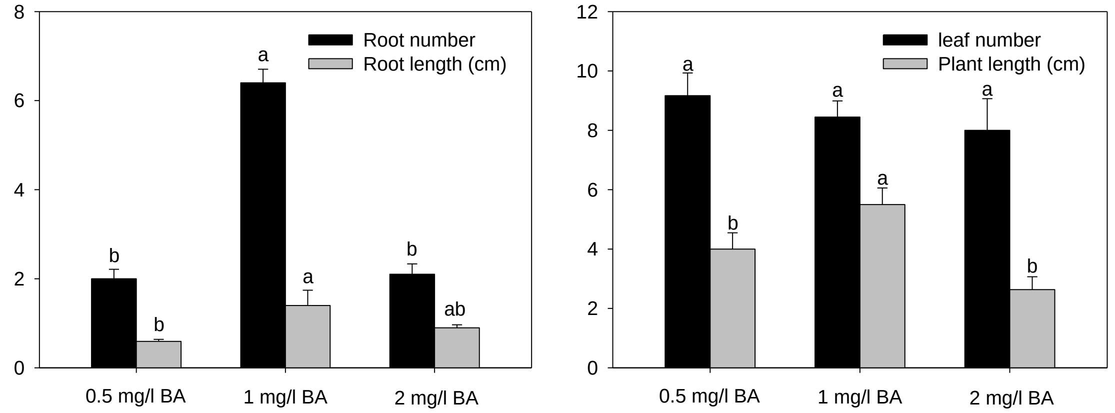


Figure 2 Root number and root length from shoot of creeping daisy cultured on MS hormone–free medium (left) and leaf number and plantlet length of creeping daisy after hardening (right). Those plantlets were previously treated on MS basal medium supplemented with 3% sucrose and 0.5, 1 and 2 mg/l BA. Data are means of 10 replications ± SE. Values marked by same letter over the bars are not significantly different (ANOVA, P < 0.05).

Agricultural Sci. J. 43(2) (Suppl.): 645-648 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2) (พิเศษ): 645-648 (2555)

การศึกษาการเพาะเลี้ยงเมล็ดเนื้อเยื่อฟ้าทะลายโจร

Study on Seed Tissue Culture of *Andrographis paniculate* (Burm.f.) Wall. ex Nees

เพ็ญจา จิตจำรูญโชคไชย[1] อิทธิพล เงินยิ่งสุข[1] และ เมธชวิน ขำพิมพ์[1]
Jitjumroonchokchai, P.[1], Ngoenyingsuk, I.[1] and Khampim, M.[1]

Abstract

Andrographis paniculate (Burm.f.) Wall. ex Nees is a medical Thai Herb that can prevent cold an influenza. Normally, *Andrographis paniculate* (Burm.f.) Wall. ex Nees cultivation by using seeds sowing on ground but it takes more than three months growing. The objectives of this research as compare the growth rate of *Andrographis paniculate* (Burm.f.) Wall. ex Nees by washing and polishing seed study the effect of NAA and BAP on plant growing by tissue culture technique. The results found that growth rate of washing and polishing seeds as 43% and 53% respectively. The retro of NAA 0.5 mg/L with zero BAP and zero NAA with BAP one mg/L were shown the longest root and highest height more than the other formulas.

Keywords: tissue culture, *Andrographis paniculate*, seed, herbs

บทคัดย่อ

ฟ้าทะลายโจรเป็นพืชสมุนไพรไทยที่มีสรรพคุณในการป้องกันไข้หวัด การเพิ่มผลผลิตของฟ้าทะลายโจรโดยการเพาะเมล็ดเนื้อเยื่อฟ้าทะลายโจร การศึกษาผลของการงอกที่เหมาะสมกับเนื้อเยื่อเมล็ดฟ้าทะลายโจรพบว่า การแช่น้ำเมล็ดฟ้าทะลายโจรเป็นระยะเวลา 1 วันก่อนนำมาเพาะในอาหารสังเคราะห์นั้น มีประสิทธิภาพในการงอกของเมล็ดฟ้าทะลายโจรถึง 61 % ลักษณะต้นไม้ที่ได้นั้นมีลักษณะที่สมบูรณ์ไม่โค้งงอ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ทำกายภาพ และเมล็ดที่ทำการขัดเมล็ดด้วยกระดาษทรายก่อนนำไปเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ พบว่าเมล็ดที่ไม่ได้ทำกายภาพ จะมีประสิทธิภาพการงอกเพียง 43% และเมล็ดที่ทำการขัดเมล็ด จะมีประสิทธิภาพการงอก 53% นอกจากนี้ศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างสารเร่งการเจริญเติบโต NAA ร่วมกับสารเร่งการเจริญเติบโต BAP พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารเร่งการเจริญเติบโต BAP ให้ความเข้มข้นสูงขึ้น ความสูงของต้นพืชก็จะมีเพิ่มมากขึ้นตามได้ด้วยโดยความสูงของต้นฟ้าทะลายโจรมีค่ามากที่สุดที่ 3.3 เซนติเมตร ที่สัดส่วนความเข้มข้นของสารเร่งการเจริญเติบโต NAA 0.5 mg/L ร่วมกับ BAP 0 mg/L และสภาวะที่ใช้สารเร่งการเจริญเติบโตที่ความเข้มข้นของสาร NAA 0.5 mg/L ร่วมกับ BAP 0 mg/L และสภาวะที่ให้ความเข้มข้นของ NAA 0 mg/L ร่วมกับ BAP 1 mg/L จะสามารถช่วยให้เร่งการเจริญของรากได้ดีที่สุด โดยความยาวของรากมากที่สุดอยู่ที่ 4.5 เซนติเมตร

คำสำคัญ: เพาะเลี้ยงเนื้อเยือ ฟ้าทะลายโจร เมล็ด สมุนไพร

คำนำ

ฟ้าทะลายโจร *Andrographis paniculate* (Burm.f.) Wall. ex Nees จัดอยู่ในวงศ์ Acanthaceae ส่วนชื่อสามัญที่นิยมใช้เรียกกันแตกต่างกันไปตามท้องถิ่น เช่น จังหวัดสงขลา เรียกว่า หญ้ากันงู ส่วนจังหวัดร้อยเอ็ด เรียกว่า สามสิบดี ในด้านสรรพคุณการเป็นยาสมุนไพรพื้นบ้านที่ชาวจีนได้มีการนำพืชชนิดนี้มาใช้รักษาโรคเป็นเวลานาน เช่นเดียวกับในประเทศไทย ฟ้าทะลายโจรได้ถูกบรรจุให้เป็นสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ (คณะกรรมการแห่งชาติด้านยา, 2542) จากการศึกษาวิจัยด้านสรรพคุณทางการรักษาโรคที่เกี่ยวกับทางด้านเดินหายใจของ Coon และ Ernst (2004) พบว่า ฟ้าทะลายโจรมีประสิทธิภาพยับยั้งการแพร่กระจายเชื้อไวรัสที่เป็นสาเหตุการเกิดไข้หวัดธรรมดาและไข้หวัดใหญ่ในกลุ่มของคนทุกเพศทุกวัย องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ประกาศว่า พืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรมีประสิทธิภาพในการรักษาโรคไข้หวัด 2009 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาด้านการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจรและพืชที่ใช้เมล็ดขนาดเล็กปลูกในลักษณะการเพาะเมล็ดในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่าพืชมีการเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ดี (Jain, 2005) การเลือกฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตของพืชทั้งชนิดและอัตราส่วนที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง (Rathore และคณะ, 1993) เนื่องจากความ

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800.
[1] Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800.

แตกต่างของสภาพพื้นที่และสภาพภูมิอากาศผลผลิตของฟ้าทะลายโจรจึงไม่มีความสม่ำเสมอถ้าจะทำเป็นอุตสาหกรรม ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและชนิดของฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจรที่ช่วยในการเพาะเมล็ดในระบบการปลูกแบบเพาะพืชในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ จะช่วยให้ทราบถึงปัจจัยที่สำคัญที่ช่วยเพิ่มผลผลิตของการปลูกพืชฟ้าทะลายโจรได้อย่างเหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculate* (Burm.f.) Wall. ex Nees) ที่ใช้ในการทดลองนำมาจากพื้นที่ปลูกเขตหนองจอก นำมาทำการทดสอบทางกายภาพโดยการขัด แช่น้ำ และตัวควบคุม (control) ที่ไม่ต้องทำอะไร มาทำการเลี้ยงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร Murashige และ Skoog ซึ่งมีการใส่ฮอร์โมนในอัตราส่วนระหว่างสารเร่งการเจริญเติบโต NAA ร่วมกับสารเร่งการเจริญเติบโต BAP ในอัตราส่วนต่างๆ เพาะเลี้ยงในห้องปลอดเชื้อที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เวลาให้แสง 24 ชั่วโมง ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ เป็นเวลา 30 วัน เก็บผลการทดลองโดยการนับจำนวนยอด วัดความสูงของต้น และวัดความยาวของราก บันทึกผลการทดลองและหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนกับการเจริญเติบโตของต้นพืช คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตและเปอร์เซนต์การงอก แล้วนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

%การรอดชีวิต = จำนวนขวดที่เพาะเมล็ดฟ้าทะลายโจร x 100/ จำนวนขวดที่เพาะเมล็ดฟ้าทะลายโจรทั้งหมด

%การงอก = จำนวนเมล็ดที่งอก x 100 /จำนวนเมล็ดที่รอดทั้งหมด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะทางกายภาพและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่ทำการขัดเมล็ด แช่น้ำ และไม่ได้ทำอะไรเลยก่อนเพาะเลี้ยง พบว่า การเจริญเติบโตของเมล็ดฟ้าทะลายโจรที่ทำการแช่น้ำ 1 วัน มีเปอร์เซนต์การงอกมากกว่าการขัดเมล็ดหรือในตัวอย่างที่มีการนำเมล็ดมาเพาะเลยโดยไม่มีการทำกายภาพใดๆ ลักษณะของฟ้าทะลายโจรในขวดเพาะเมล็ดและเปอร์เซนต์การงอกแสดงดัง Figure 1

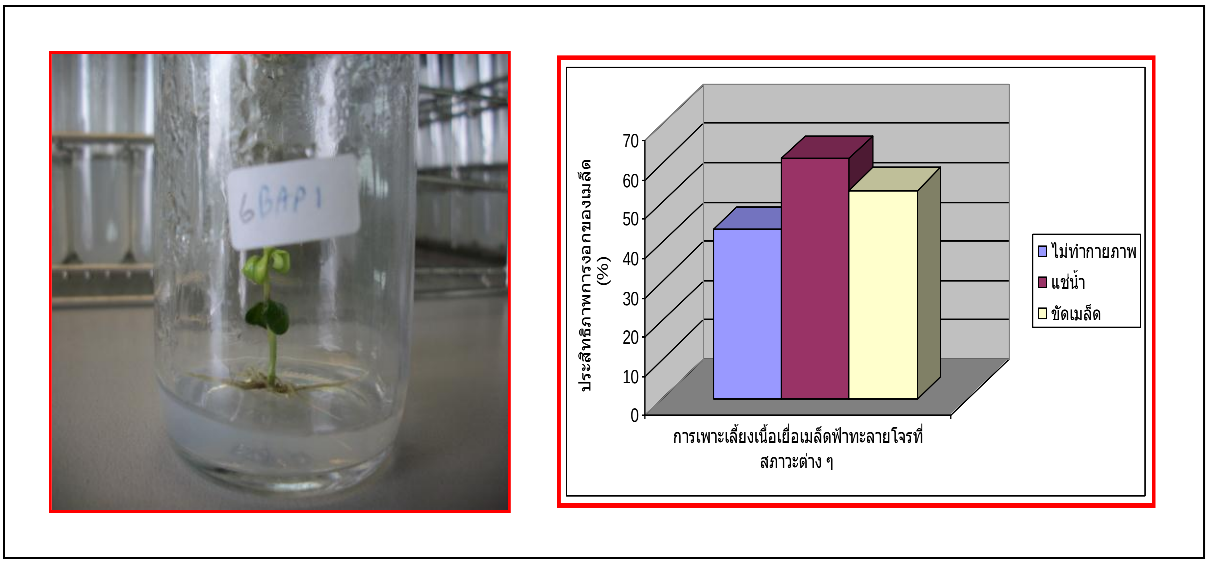


Figure 1 Characteristics of *Andrographis paniculate* (Burm.f.) Wall. ex Nees culture in in vitro bottle and its germination percentage.

การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นต่อการเจริญเติบโตทางด้านความยาวของรากในสภาวะที่ได้รับสารเร่งเจริญ NAA และ BAP ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงดัง Figure 2

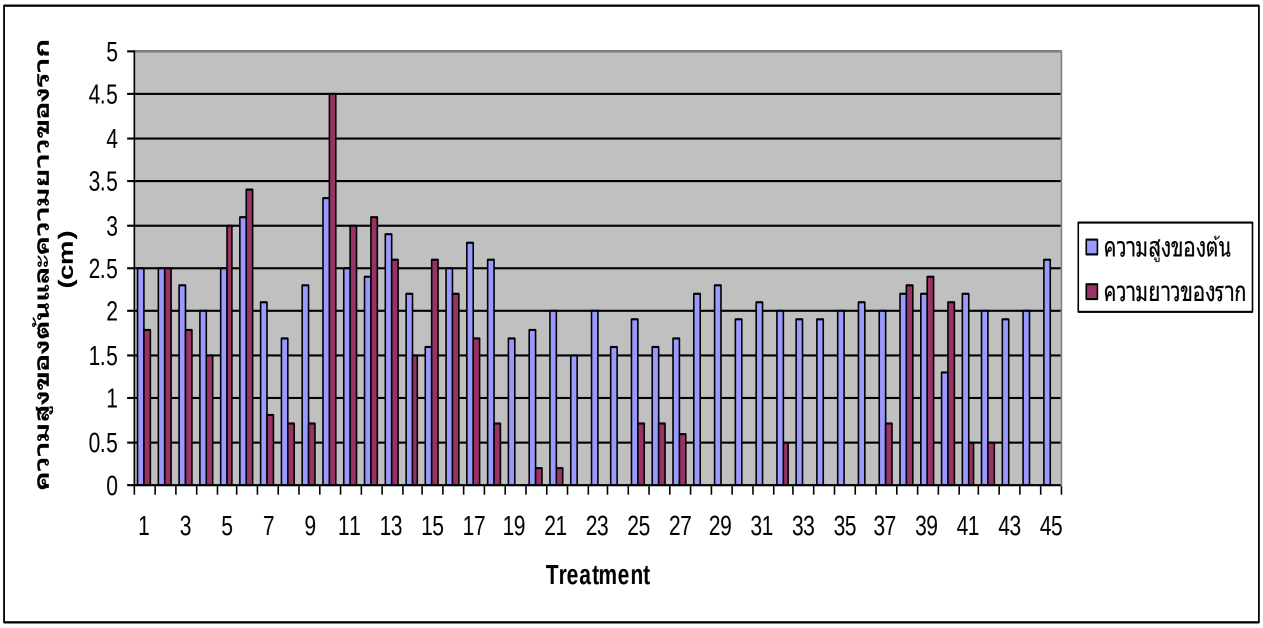


Figure 2 Growth height/ root length of *Andrographis paniculate* (Burm.f.) Wall. ex Nees culture treated with plant growth regulator of NAA and BAP at different concentrations.

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารเร่งการเจริญเติบโต BAP ให้ความเข้มข้นสูงขึ้น ความสูงของต้นพืชก็จะมีเพิ่มมากขึ้นตามด้วย โดยความสูงของต้นฟ้าทะลายโจรมีค่ามากที่สุดที่ 3.3 เซนติเมตร ที่สัดส่วนความเข้มข้นของสารเร่งการเจริญเติบโต NAA 0.5 mg/L ร่วมกับ BAP 0 mg/L และเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารเร่งการเจริญเติบโต NAA 5 mg/L ทำให้ใบของต้นฟ้าทะลายโจรอวบหนามากจนปิดหุ้มลำต้น และลำต้นอวบน้ำบิดงอผิดรูปร่าง นอกจากนี้การใส่สาร NAA มากเกินไปทำให้โคนต้นและรากของต้นฟ้าทะลายโจรเกิดอาการรากงอ เนื่องจากออกซิน (Auxin) มีคุณสมบัติในการเคลื่อนที่ออกจากแสงโดยธรรมชาติ และด้วยคุณสมบัติที่สารออกซิน (Auxin) นั้นเร่งการยืดตัวของต้นไม้ทำให้บริเวณที่ออกซิน (Auxin) อยู่จึงมีการแบ่งเซลล์มากกว่าที่บริเวณอื่นๆ จึงทำให้รากโค้งงอเข้าหาแสง

การศึกษาพบว่าสภาวะที่ใช้สารเร่งการเจริญเติบโตที่ความเข้มข้นของสาร NAA 0.5 mg/L ร่วมกับ BAP 0 mg/L และสภาวะที่ให้ความเข้มข้นของ NAA 0 mg/L ร่วมกับ BAP 1 mg/L สามารถช่วยให้เร่งการเจริญของรากได้ดีที่สุด โดยความยาวของรากมากที่สุดอยู่ที่ 4.5 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่สารเร่งการเจริญเติบโต NAA ความเข้มข้น 1 mg/L ขึ้นไป ทำให้รากคุด รากแบ่งเซลล์เป็นก้อนเนื้อเยื่อแทน การเกิดอาการรากคุดนั้นเกิดจากการใส่สารจำพวกไซโคไคนิน (Cytokinin) มากเกินไป ทำให้เซลล์ต้นพืชแบ่งเซลล์ด้านข้างมากขึ้นจนเกิดเป็นก้อนเนื้อเยื่อขึ้นบนอาหารแทนรากพืช

สรุปผล

จากการหาสภาพการงอกที่เหมาะสมกับเนื้อเยื่อเมล็ดฟ้าทะลายโจรพบว่า การแช่น้ำเมล็ดฟ้าทะลายโจรเป็นระยะเวลา 1 วันก่อนนำมาเพาะในอาหารสังเคราะห์มีประสิทธิภาพในการงอกของเมล็ดฟ้าทะลายโจรถึง 61% ลักษณะต้นที่ได้มีลักษณะที่สมบูรณ์ไม่โค้งงอ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ทำกายภาพ และเมล็ดที่ทำการขัดเมล็ดด้วยกระดาษทรายก่อนนำไปเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ พบว่าเมล็ดที่ไม่ได้ทำกายภาพมีประสิทธิภาพการงอกเพียง 43% และเมล็ดที่ทำการขัดเมล็ด มีประสิทธิภาพการงอก 53% โดยวิธีการที่ไม่ทำกายภาพใดๆ มีการเจริญที่ช้า และพบว่าเมล็ดที่งอกไม่สมบูรณ์ แต่กลับกันเมล็ดที่ทำการขัดเมล็ดมีความสามารถในการงอกที่รวดเร็วกว่าวิธีอื่นๆ ความเข้มข้นของสารเร่งการเจริญเติบโต BAP ความเข้มข้นสูงขึ้น ความสูงของต้นพืชก็เพิ่มมากขึ้นตาม โดยความสูงของต้นฟ้าทะลายโจรมีค่ามากที่สุด

ที่ 3.3 เซนติเมตร ที่สัดส่วนความเข้มข้นของสารเร่งการเจริญเติบโต NAA 0.5 mg/L ร่วมกับ BAP 0 mg/L และสภาวะที่ใช้สารเร่งการเจริญเติบโตที่ความเข้มข้นของสาร NAA 0.5 mg/L ร่วมกับ BAP 0 mg/L และสภาวะที่ให้ความเข้มข้นของ NAA 0 mg/L ร่วมกับ BAP 1 mg/L สามารถช่วยให้เร่งการเจริญของรากได้ดีที่สุด โดยความยาวของรากมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการแห่งชาติด้านยา, 2542, บัญชียาหลักแห่งชาติ พ.ศ.2542 (บัญชียาจากสมุนไพร), โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์แห่งประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร.

Coon, J.T. and Ernst, F., 2004, *Androgrphis pinicula* in the Treatment of Upper Respiratory Tract Infections: a Systematic Review of Safety and Efficacy, Planta Medica, 70: 293-302

Jain, N. and Babbar, S.B., 2005, Gum Katira-A Cheap Gelling Agent for Plant Tissue Culture Media, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 71: 223-229.

Rathore, K.S., Chowdhury, V.K. and Hodges, T.K., 1993, Use of Bar as a Selectable Marker Gene and for the Production of Herbicide Resistant Rice Plants from Protoplasts, Plant Molecular Biology, 21: 871-884.

ผลของ 6-Benzylaminopurine, Methyl Jasmonate และ Salicylic acid ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีของคะน้า

Effect of 6-Benzylaminopurine, Methyljasmonate and Salicylic Acid on Physiological and Biochemical Changes of Chinese Kale (*Brassica oleracea var. alboglabra*)

ภัทษร สำเนียงดี[1] ศิริชัย กัลยาณรัตน์[1,2] และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1]

Sumniengdee, P.[1], Kanlayanarat, S.[1,2] and Boonyaritthongchai, P.[1]

Abstract

The main problem of post harvested leafy produces is chlorophyll degradation with related with senescence factors including plant hormones and plant growth regulators. The plant growth regulators; ethephon, cytokinin, methyljasmonate (MeJA), and salicylic acid (SA) could effect on physiological and biochemical changes of plants. In this study, the effects of ethephon, 6-BAP, MeJA, and SA treatments on physiological and biochemical changes of Chinese kale leaf discs were investigated. The Chinese kale leaf discs were dipped in solutions containing either ethephon, 6-BAP, MeJA, or SA, then incubated in darkness at 20°C. The lightness (L*) and hue angle values of 10 ppm ethephon or 1 mM MeJA treated Chinese kale leaf discs declined at the most of the four-day experiment. In contrast, lightness (L*) and hue angle values were less declined in 100 ppm 6-BAP or 0.1 mM SA treated Chinese kale leaf discs. The treatment with 100 ppm 6-BAP or 0.1 mM SA delayed chlorophyll degradation, decreased respiration rate and ethylene production compared with untreated leaf disc. The Chinese kale disc treated with 1 mM MeJA showed accelerated chlorophyll degradation and respiration rate, and ethylene production was significantly higher than its control.

Keywords: 6-benzylaminopurine (6-BAP), methyljasmonate (MeJA), salicylic acid (SA), Chinese kale

บทคัดย่อ

การเสื่อมสลายของคลอโรฟิลด์เป็นปัญหาที่สำคัญของผักใบภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของผักใบหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ฮอร์โมนพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ในการศึกษานี้ได้ศึกษาผลของการใช้ เอทีฟอน, 6-benzylaminopurine (6-BAP), methyl jasmonate (MeJA) และ salicylic acid (SA) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีภายหลังการเก็บเกี่ยวของคะน้า (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) โดยนำใบคะน้าที่ตัดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. จุ่มในสารที่มีเอทีฟอน, 6-BAP, MeJA หรือ SA และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C ผลการทดลอง พบว่า ใบคะน้าที่ได้รับเอทิฟอนความเข้มข้น 10 ppm หรือ MeJA ความเข้มข้น 1 mM มีค่าความสว่าง (L*) และค่า hue มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากกว่าคะน้าในชุดควบคุม โดยชิ้นส่วนคะน้าทั้งสองชุดการทดลองมีการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์มากกว่าชุดควบคุม ในขณะที่ใบคะน้าที่ได้รับ 6-BAP ความเข้มข้น 100 ppm หรือ SA ความเข้มข้น 0.1 mM มีค่าความสว่าง (L*) และค่า hue มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ ใบคะน้าที่ได้รับ 6-BAP ความเข้มข้น 100 ppm หรือ SA ความเข้มข้น 0.1 mM สามารถชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ ทั้งนี้พบว่าคะน้าจุ่ม 6-BAP และ SA มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าคะน้าชุดควบคุม ในทางตรงข้ามใบคะน้าที่ได้รับ ethephon ความเข้มข้น 10 ppm หรือ MeJA ความเข้มข้น 1 mM มีผลเร่งการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์และมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: เบนซิลอะมิโนพิวรีน เมทิลจัสโมเนท กรดซาลิไซลิก คะน้า

[1] **สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140**

[1] Division of Postharvest Technology , School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

[2] **ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10140**

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangkok 10140, Thailand

คำนำ

คะน้า (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย และปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศจีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย และประเทศไทยซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคกันทั่วทุกภาคของประเทศ (สุนทร, 2540) ภายหลังการเก็บเกี่ยวคะน้ามีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองภายใน 2-3 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า แต่หากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำที่ 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 สามารถเก็บรักษาคะน้าให้คงความสดได้ 10-14 วัน (Poochai และคณะ, 1984; Wilson และคณะ, 1988) Thimann (1980) รายงานการว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช ได้แก่ 6-benzylaminopurine (6-BAP) ซึ่งเป็นสารชนิดแรกในกลุ่ม cytokinin ที่มีการสังเคราะห์ขึ้นมา มีผลในการชะลอการหายใจ การเสื่อมสภาพ และการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ส่วน Salicylic acid (SA) เป็นสารประกอบ Phenolic ที่มีผลต่อกระบวนการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์กับกระบวนการสังเคราะห์ และการทำงานของเอธิลีน (Raskin, 1992) มีการศึกษาในกล้วย พบว่า Salicylic acid สามารถชะลอการสุกได้ โดยมีผลยับยั้งการสังเคราะห์ หรือการทำงานของเอธิลีน (Srivartava และ Dwivedi, 2000) และ Methyl jasmonate (MeJA) ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติควบคุมการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืชตามธรรมชาติ (Cheong และ Choi, 2003) ทำให้พืชเกิดกลไกการป้องกันตัวเองเมื่อเกิดบาดแผล หรือมีการเข้าทำลายของแมลงและโรค (Liechti และ Farmer, 2002) มีผลต่อการงอกและการเจริญของเชื้อสาเหตุ โรค (Meir และคณะ, 1998) และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตได้ (Gonzlez-Aguilar และคณะ, 2004) ดังนั้นการ ทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ ethephon, 6-BAP, SA และ MeJA ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของคะน้าภายหลังการเก็บเกี่ยว

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้ผักคะน้า อายุ 45-50 วันหลังปลูก โดยเก็บเกี่ยวมาจากแปลงเกษตรกรในเขตจังหวัดนครปฐม นำมาคัดเลือกคะน้าให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ปราศจากโรค แมลง ตำหนิ และบาดแผล นำไปล้างทำความสะอาด และหั่นเฉพาะใบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร นำมาแบ่งเป็นชุดการทดลอง ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 กลุ่มควบคุม จุ่มในน้ำกลั่น, ชุดการทดลองที่ 2 ให้ได้รับ Ethephon 10 ppm, ชุดการทดลองที่ 3 ให้ได้รับ 6-BAP ที่ความเข้มข้น 100 ppm, ชุดการทดลองที่ 4 ได้รับ MeJA ที่ความเข้มข้น 1 mM, ชุดการทดลองที่ 5 ให้ได้รับ SA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM จากนั้นนำทุกชุดการทดลองไปเก็บรักษาที่ 20 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงค่าสี ปริมาณคลอโรฟิลล์ การผลิตเอทิลีน และอัตราการหายใจ ทุกวันเป็นเวลา 4 วัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของ Ethephon, 6-BAP, MeJA หรือ SA ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในคะน้า และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 4 วัน จากการทดลอง พบว่า คะน้าที่ได้รับ 6-BAP ที่ความเข้มข้น 100 ppm หรือ SA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM มีค่าความสว่าง (L* value) และค่า hue angle ต่ำกว่าคะน้ากลุ่มควบคุม (Figure 1) นอกจากนี้ คะน้าที่ได้รับ MeJA ที่ความเข้มข้น 1 mM แสดงให้เห็นว่ามีค่าความสว่าง (L* value) และค่า hue angle มากกว่ากลุ่มควบคุม

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในทุกกลุ่มทดลองมีปริมาณลดลงระหว่างการเก็บรักษา (Figure 2) ในระหว่างการเก็บรักษาคะน้าที่ได้รับ 6-BAP ที่ความเข้มข้น 100 ppm หรือ SA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM สามารถชะลอการสูญเสียปริมาณคลอโรฟิลล์ได้มากกว่ากลุ่มควบคุม ผลการทดลองนี้สอดคล้องการรายงานการใช้ 6-BAP จากภายนอกต่อการชะลอการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ในบร็อคโคลี่ (Clarke และคณะ, 1994; Downs และคณะ, 1997) ในขณะที่คะน้าที่ได้รับ ethephon ความเข้มข้นที่ 10 ppm หรือ MeJA เข้มข้นที่ 1 mM กลับเพิ่มการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ ซึ่ง Fan และคณะ (1998) รายงานว่า MeJA สามารถกระตุ้นการสังเคราะห์เอทิลีนได้โดยการเพิ่มกิจกรรมของ ACC synthase หรือ ACC oxidase ซึ่งเอทิลีนมีผลในการเร่งการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์

คะน้าที่ได้รับ 6-BAP ที่ความเข้มข้น 100 ppm หรือ SA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM มีผลทำให้อัตราการหายใจต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับ ethephon ที่ความเข้มข้น 10 ppm ในระหว่างการเก็บรักษา (Figure 3) Rushing (1990) รายงานว่า พืชที่ได้รับไซโตไคนินมีอัตราการหายใจต่ำกว่ากลุ่มควบคุมมีผลให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ ในขณะที่คะน้าที่ได้รับ MeJA ที่ความเข้มข้น 1 mM มีอัตราการหายใจสูงกว่ากลุ่มควบคุม ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการรายงานของ Perez และคณะ (1997) รายงานว่า การใช้ MeJA กับสตรอเบอรี่เขียวมีผลให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น

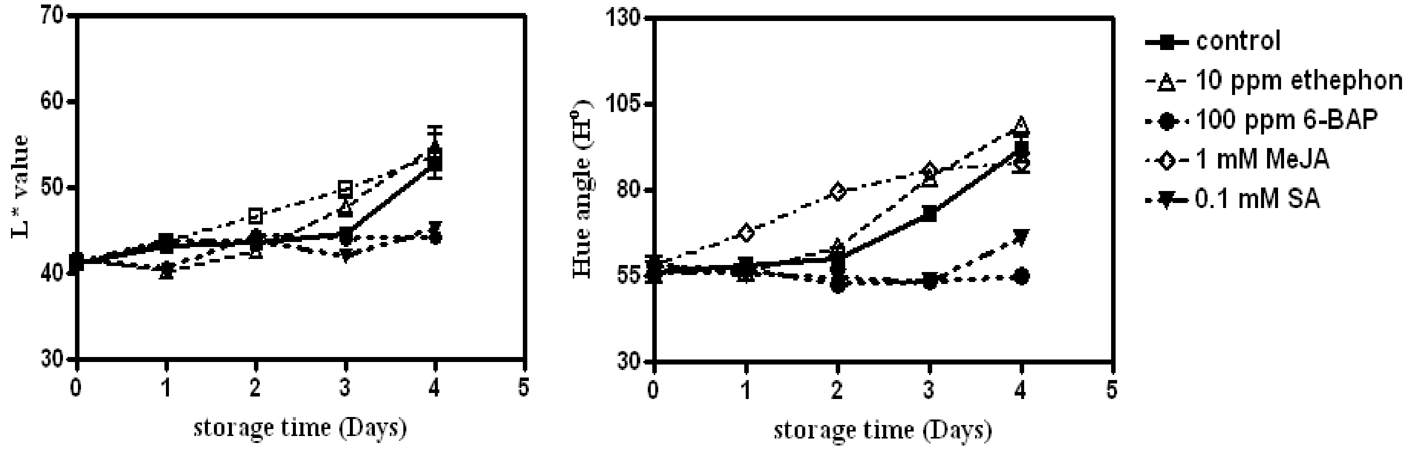


Figure 1 Color changes (L* and H°) of Chinese kale leaf discs treated with 6-benzylaminopurine (6-BAP), methyljasmonate (MeJA) and salicylic acid (SA) then stored at 20°C for 4 days.

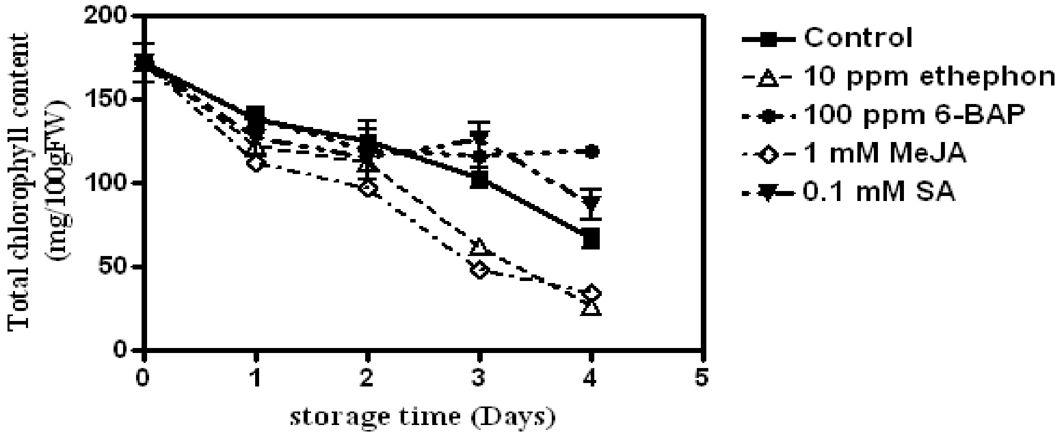


Figure 2 Total chlorophyll content (A) of Chinese kale leaf discs treated with 6-benzylaminopurine (6-BAP), methyljasmonate (MeJA) and salicylic acid (SA) then stored at 20°C for 4 days.

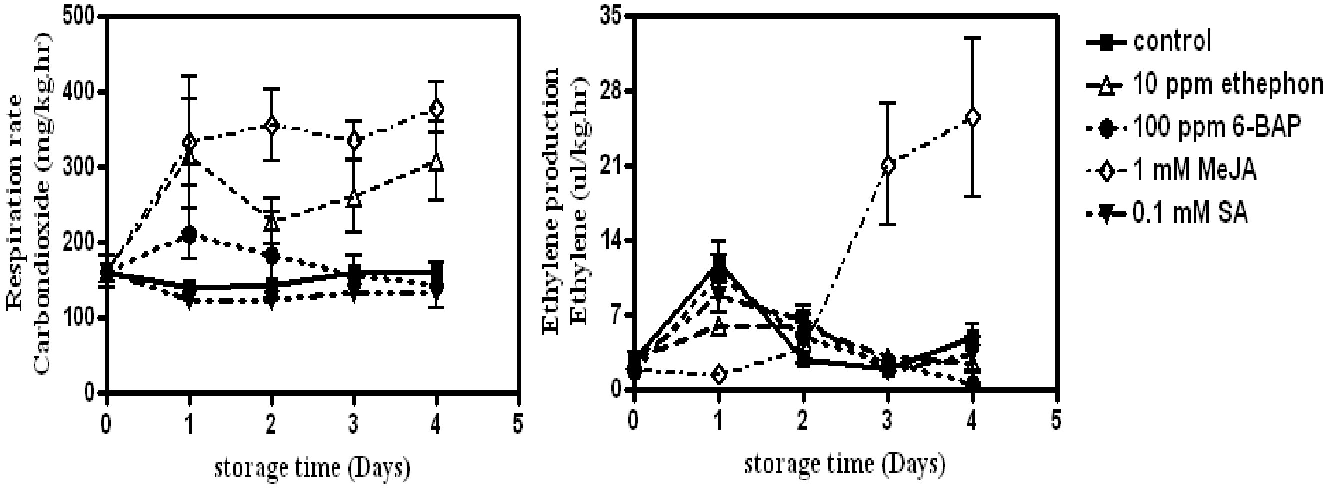


Figure 3 Respiration rate and ethylene production of Chinese kale leaf discs treated with 6-benzylaminopurine (6-BAP), methyljasmonate (MeJA) and salicylic acid (SA) then stored at 20°C for 4 days.

สรุปผล

คะน้าที่ได้รับ 6-BAP ที่ความเข้มข้น 100 ppm สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูง และอัตราการหายใจต่ำกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้คะน้าที่ได้รับ SA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM มีผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสี และมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่ากลุ่มควบคุม ในขณะที่คะน้าที่ได้รับ MeJA ความเข้มข้น 1 mM มีอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีนสูง และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม

เอกสารอ้างอิง

สุนทร เรืองเกษม, 2540, ผักกินใบ, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, 88 หน้า.

Clarke, S.F., Jameson, P.E. and Downs, C.G., 1994, The Influence of 6- benzylaminopurine on Post-harvest Senescence of Floral Tissues of Broccoli (*Brassica olaracea var. Italica*), Plant Growth Regulation,14: 21–27

Downs, C.G., Somerfield, S.D. and Davey, M.C., 1997, Cytokinin Treatment Delays Senescence but not Sucrose Loss in Harvested Broccoli, Postharvest Biology and Technology, 11: 93–100.

González-Aguilar, G.A., Tiznado-Hernández, M.E., Zavaleta-Gatica, R. and Martnez-Tellez, M.A., 2004, Methyl Jasmonate Treatments Reduces Chilling Injury and Activates the Defense Response of Guava Fruits, Biochemical Biophysical Research Communications, 313(3): 694-701.

Liechti, R. and Farmer, E.E., 2002, The Jasmonate Pathway, Science, 296: 1649-1650.

Meir, S., Droby, S., Davidson, H., Alsevia, S., Cohen, L., Horev, B. and Philosoph-Hadas, S., 1998, Suppression of Botrytis Rot in Cut Rose Flowers by Postharvest Application of Methyl Jasmonate, Postharvest Biology and Technology, 13: 235-243.

Perez, A.G., Sanz, C., Oliaz, R. and Oliaz, J.M., 1997, Effect of Methyl Jasmonate on in vitro Strawberry Ripening, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45: 3733-3737.

Poochai, S., Ketsa, S. and Kosiyachinda, S., 1984, Effects of Temperatures and Packaging Materials on Quality and Storage Life of Chinese Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* D.C.), Kasetsart Journal (Natural Science), 18: 1-6.

Raskin, I., 1992, Role of Salicylic Acid in Plants, Annual. Review, Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 43: 439-463.

Srivastava, M.K. and Dwivedi, U.N., 2000, Delayed Ripening of Banana Fruit by Salicylic Acid, Plant Science, 158: 87-96.

Thimann, K.V. Thimann (Ed), Senescence in Plant, CRCPress, Boca Raton, Florida, 85-115.

Wilson, D.W., Barwick, J.M., Lomax, J.A., Jarvis, M.C. and Ducan, H.J., 1988, Lignified and Non-Lignified Cell Walls from Kale, Plant Science, 57: 83-90.

Agricultural Sci. J. 43(2) (Suppl.): 653-656 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2) (พิเศษ): 653-656 (2555)

ผลของการใช้กรดซัลฟิวริก น้ำร้อน และความเย็นต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ชมจันทร์ (*Ipomoea alba* L.)

Effects of Sulphuric Acid, Boiling Water and Pre-Cooling Treatments on Germination of Moonflower (*Ipomoea alba* L.) Seeds

พัชรินทร์ อินทร์ช่วย[1] พรวดี ภักดีไพบูลย์[1] พิจิตรา แก้วสอน[1] ปริยานุช จุลกะ[1] และ วันชัย จันทร์ประเสริฐ[2]

Inchuay, P.[1], Pakdeepaiboon, P.[1], Kaewsorn, P.[1], Chulaka, P.[1] and Chanprasert, W.[2]

Abstract

Moonflower (*Ipomoea alba* L.) belongs to the Convolvulaceae family. The white moonflower blooms at night. The flower buds are edible cooked such as boiling, frying or blanching and serving with chili paste as a side dish. Moreover, flower buds have high nutritional value, low fat and a mild laxative. Moonflower production is often found the problems of hardseededness with low seed germination, delayed germination and non-uniformity. Therefore, this research was to study the effects of sulphuric acid, boiling water and pre-cooling treatments on germination of moonflower seeds. This research was done at Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus during January to June 2012. The experiment was designed in Completely Randomized Design (CRD) that composed of 14 treatments: untreated seeds (control), clipping, soaking in 98% H_2SO_4 for 1, 2, 3 and 4 minutes, dipping in boiling water for 2, 4, and 6 seconds, and pre–cooling at -20°C for 12, 24, 48, 72 and 96 hours. The results showed that clipping and soaking in 98% H_2SO_4 for 4 minutes gave the highest seed germination 95 and 94.8%, respectively. Moreover, pre–cooling at -20°C for 96 hours tended to increase the germination 31.5% but that was below 50% when compared with untreated seeds (control) 20% germination.

Keywords: moonflower seed, breaking of seed dormancy, seed clipping, hard seed

บทคัดย่อ

ชมจันทร์ หรือ ดอกพระจันทร์ เป็นพืชในวงศ์ Convolvulaceae ดอกมีสีขาวและบานในเวลากลางคืน ดอกตูมนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น ต้ม ผัด หรือลวกเป็นเครื่องเคียงกับน้ำพริก นอกจากนี้ดอกตูมยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ไขมันต่ำ และมีสรรพคุณเป็นยาระบายอ่อนๆ การปลูกชมจันทร์มักมีปัญหาการพักตัวของเมล็ดแบบเมล็ดแข็ง ทำให้มีความงอกต่ำและไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้กรดซัลฟิวริก น้ำร้อน และความเย็นต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ชมจันทร์ โดยทำการวิจัย ณ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 14 ทรีทเมนต์ คือ เมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) การตัดเปลือกหุ้มเมล็ด การแช่เมล็ดในกรด H_2SO_4 98% นาน 1 2 3 และ 4 นาที การจุ่มเมล็ดในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100°C นาน 2 4 และ 6 วินาที และการใช้ความเย็นที่อุณหภูมิ -20°C นาน 12 24 48 72 และ 96 ชม. พบว่าการตัดเปลือกหุ้มเมล็ดและการแช่กรด H_2SO_4 98% นาน 4 นาที ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 95 และ 94.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่การใช้ความเย็นที่อุณหภูมิ -20°C นาน 96 ชม. ทำให้เมล็ดมีการงอกเพิ่มขึ้นเป็น 31.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) ซึ่งมีความงอกเพียง 20 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เมล็ดดอกบานดึก การทำลายการพักตัวของเมล็ด ตัดเปลือกหุ้มเมล็ด เมล็ดแข็ง

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10900

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok 10900

[2] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10900

[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok 10900

คำนำ

ชมจันทร์ หรือ ดอกพระจันทร์ (moonflower) เป็นพืชในวงศ์ Convolvulaceae เช่นเดียวกับผักบุ้งและมันเทศ สามารถเจริญได้ดีในดินเกือบทุกชนิดที่มีความร่วนซุย ระบายน้ำได้ดี ประเทศในทวีปยุโรปและสหรัฐอเมริกานิยมปลูกเป็นไม้ดอกไม้ประดับแปลง ชมจันทร์มีดอกสีขาว บานในเวลากลางคืนและมีกลิ่นหอมอ่อน การใช้ประโยชน์ของชมจันทร์ในบางพื้นที่ของประเทศไทย เช่น ภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มมีการนำดอกตูมมาประกอบอาหาร เช่น ต้ม ผัด หรือลวกเป็นเครื่องเคียงกับน้ำพริก ซึ่งดอกชมจันทร์มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเป็นผักที่มีไขมันต่ำมากและมีสรรพคุณเป็นยาระบายอ่อน ๆ เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก นอกจากนี้ยังมีธาตุเหล็ก ฟอสฟอรัส และวิตามินเอ วิตามินบี ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย (ปรียชยา, 2553) เมล็ดพันธุ์ในวงศ์ Convolvulaceae ส่วนใหญ่มักมีสาเหตุการพักตัวเนื่องจากเมล็ดแข็ง (hard seed) ซึ่งเกิดจากเปลือกหุ้มเมล็ดไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านเข้าไปยังส่วนต่าง ๆ ภายในเมล็ด ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำ และงอกไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโครงสร้างของเซลล์ที่บริเวณเปลือกหุ้มเมล็ดที่จัดเรียงตัวกันอย่างหนาแน่น หรือบริเวณเปลือกหุ้มเมล็ดอาจมีสารเพกติน (pectin) ซูเบอริน (suberin) เคลือบอยู่ที่ผิวเมล็ดหรือเซลล์ด้านในของเปลือกหุ้มเมล็ด (จวงจันทร์, 2529) ซึ่งการทำลายการพักตัวของเมล็ดแข็งมีหลายวิธี เช่น การนำเมล็ด *Ipomoea lacunosa* ไปจุ่มในน้ำเดือดนาน 2 และ 4 วินาที มีความงอกสูงมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อนำเมล็ดจุ่มในน้ำเดือดนาน 6 วินาที เมล็ดมีความงอกต่ำไม่ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (Jayasuriya และคณะ, 2007) การแช่เมล็ด *Ipomoea grandifolia* และ *I. hederifolia* ในกรด H_2SO_4 นาน 5 นาที ทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้นเป็น 58 และ 76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัวมีความงอกต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การแช่เมล็ด *I. nil* ในกรด H_2SO_4 นาน 10 นาที ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้นจาก 32 เปอร์เซ็นต์ (control) เป็น 79 เปอร์เซ็นต์ (Azania และคณะ, 2003) นอกจากนี้การใช้ความเย็นที่อุณหภูมิ -50 องศาเซลเซียส นาน 5-10 นาที สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดถั่วอัลฟาฟาได้ โดยสามารถลดปริมาณเมล็ดแข็งและเพิ่มความงอกของเมล็ดได้ (Delouche, 1984)

ปัจจุบันเกษตรกรมีการผลิตดอกชมจันทร์เป็นการค้ามากขึ้น เนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคสูงขึ้น ซึ่งการปลูก ชมจันทร์นิยมใช้เมล็ดพันธุ์ แต่มักมีปัญหาเนื่องจากเมล็ดเกิดการพักตัวแบบเมล็ดแข็ง ทำให้เมล็ดงอกไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการใช้กรดซัลฟิวริก น้ำร้อน และความเย็นต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ชมจันทร์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเมล็ดพันธุ์หรือเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพันธุ์ชมจันทร์ที่มีการพักตัวแบบเมล็ดแข็งมาศึกษาวิธีการทำลายการพักตัวของเมล็ด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 14 ทรีทเมนต์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด คือ เมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) การตัดเปลือกหุ้มเมล็ด (clipping) การแช่เมล็ดในกรด H_2SO_4 98% นาน 1 2 3 และ 4 นาที การจุ่มเมล็ดในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100°C นาน 2 4 และ 6 วินาที และการใช้ความเย็นที่อุณหภูมิ -20°C นาน 12 24 48 72 และ 96 ชม. จากนั้นนำมาทดสอบความงอกมาตรฐานในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี between paper (BP) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยตรวจนับจำนวนต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก เมล็ดแข็ง และเมล็ดตาย ตามหลักการประเมินความงอกของ International Seed Testing Association (ISTA, 2010) โดยนับครั้งแรก (first count) 4 วันหลังเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้าย (final count) 21 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นเปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด (วัน) (Ellis และ Roberts, 1980)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การใช้กรดซัลฟิวริก น้ำร้อน และความเย็นมีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ชมจันทร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการตัดเปลือกหุ้มเมล็ดและการแช่เมล็ดในกรด H_2SO_4 98% นาน 4 นาที มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด และไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 95 และ 94.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไม่มีเมล็ดแข็ง รองลงมา คือ การแช่เมล็ดในกรด H_2SO_4 98% นาน 3 นาที มีความงอก 83 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) สอดคล้องกับ วีริยา (2554) รายงานการทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์ชมจันทร์ด้วยวิธี scarification โดยการตัดเปลือกหุ้มเมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากโครงสร้างของเปลือกหุ้มเมล็ดชมจันทร์มีความหนา แข็ง และเหนียว ทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ดได้ยาก และมีส่วนทำให้เมล็ดได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการงอก การตัดเปลือกหุ้มเมล็ดจึงเป็นการทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดมีช่องเปิดให้น้ำซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ดได้ ทำให้โครงสร้างภายในเมล็ดได้รับน้ำและออกซิเจนที่เพียงพอต่อการงอก เมล็ดจึงงอกได้สูงกว่า

เมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว เมื่อพิจารณาการใช้กรด H_2SO_4 98% โดยเพิ่มระยะเวลาในการแช่เมล็ด นาน 1 2 3 และ 4 นาที มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติ คือ 35 49 83 และ 94.8 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ในขณะที่ วิริยา (2554) รายงานการจุ่มเมล็ดพันธุ์ชมจันทร์ในกรด H_2SO_4 98% นาน 10 วินาที และ 1 นาที พบว่าไม่สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ โดยมีความงอก 55 และ 49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกับเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัวมีความงอกเพียง 42 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าระยะเวลาในการใช้กรด H_2SO_4 98% นาน 4 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมวิธีหนึ่งในการทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์ชมจันทร์ ซึ่งกรด H_2SO_4 จะช่วยกัดกร่อนเปลือกหุ้มเมล็ดให้บางลง หรือไปทำลายโครงสร้างของเปลือกหุ้มเมล็ดหรือทำลายสารกั้นน้ำที่เคลือบอยู่บนเซลล์ของเปลือกหุ้มเมล็ด ทำให้น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปในเมล็ดได้ แต่วิธีการนี้นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่นิยมทำเป็นการค้า เพราะอาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (จวงจันทร์, 2529) ส่วนการจุ่มเมล็ดชมจันทร์ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100°C นาน 6 วินาที มีความงอกต่ำที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) คือ 12.5 และ 20.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งการจุ่มเมล็ดในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100°C นาน 6 วินาที มีความงอกต่ำอาจเกิดจากอุณหภูมิของน้ำสูงและ/หรือระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำร้อนนานจนเกินไป ทำให้น้ำร้อนซึมผ่านเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีความหนา-บางแตกต่างกันไปทำลายต้นอ่อนภายในเมล็ดให้ได้รับความเสียหาย หรือทำให้เมล็ดตายได้ ส่วนเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) มีเมล็ดแข็งสูงที่สุด คือ 77.0 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ความเย็นที่ -20°C นาน 24 และ 72 ชม. คือ 73.5 และ 71.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) เมื่อพิจารณาการใช้ความเย็นที่อุณหภูมิ -20°C เป็นระยะเวลาแตกต่างกันเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) พบว่า การใช้ความเย็นที่อุณหภูมิ -20°C นาน 96 ชม. มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) และแตกต่างกันทางสถิติ คือ 31.5 และ 20.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ยังคงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และมีเมล็ดแข็งลดลงจาก 77 เปอร์เซ็นต์ (control) เป็น 67.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การเพิ่มระยะเวลาการใช้ความเย็นจาก 12 เป็น 96 ชม. มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้น (Table 1) ซึ่งการนำเมล็ดพันธุ์ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำๆ ในระยะเวลาหนึ่ง สามารถทำลายการพักตัวแบบเมล็ดแข็งได้ (จวงจันทร์, 2529)

เมื่อพิจารณาเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ชมจันทร์ที่ผ่านการตัดเปลือกหุ้มเมล็ด การใช้กรดซัลฟิวริก น้ำร้อน และความเย็นเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1) โดยการตัดเปลือกหุ้มเมล็ดมีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดเร็วที่สุด คือ 6.2 วัน ในขณะที่ทรีทเมนต์อื่นๆ มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดช้าที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติ คือ 9.5-12.3 วัน ซึ่งการตัดเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นการทำให้เกิดช่องว่างที่บริเวณเปลือกหุ้มเมล็ดส่งผลให้น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ดได้ง่ายและเร็วขึ้น เมล็ดจึงดูดน้ำไปใช้ในกระบวนการงอกได้ดี ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น

สรุปผล

การตัดเปลือกหุ้มเมล็ดและการแช่กรด H_2SO_4 98% นาน 4 นาที ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด ส่วนการใช้ความเย็นที่อุณหภูมิ -20°C นาน 96 ชม. ทำให้เมล็ดมีการงอกเพิ่มขึ้นแต่ไม่ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ทำลายการพักตัว (control) ซึ่งมีความงอกเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การตัดเปลือกหุ้มเมล็ดทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด

เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

ปรียชยา คล้ายทวน, 2553, พืชพื้นบ้าน-อาหารพื้นเมือง, เกษตรกรรมธรรมชาติ, 13 (4): 6-7.

วิริยา หนูทอง, 2554, การทำลายการพักตัวของเมล็ดชมจันทร์ (*Ipomoea alba* Linn.) ด้วยวิธี scarification, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Azania, A.A.P.M., Azania, C.A.M., Pavani, M.C.M.D. and Cunha, M.C.S., 2003, Dormancy Breaking Methods in Ipomoea and Merremia Seeds, Planta Daninha, 21(21): 203-209.

Delouche, J.C., 1984, Seed Dormancy, *In* Paper for Seed Physiology Course, Seed Technology, Lab., Mississippi State University, pp. 25-32.

Ellis, R.H. and Roberts, D.J., 1980, The Influence of Temperature and Moisture on Seed Viability Period in Barley (*Hordeum distichum* L.), Annals of Botany, 45: 31-37.

International Seed Testing Association, 2010, International Rules for Seed Testing, Bassersdorf, Switzerland.

Jayasuriya, K.M.G.G., Baskin, J.M., Geneve, R.L. and Baskin, C.C., 2007, Morphology and Anatomy of Physical Dormancy in *Ipomoea lacunosa*: Identification of the Water Gap in Seeds of Convolvulaceae (Solanales), Annals of Botany, 100: 13-21.

Table 1 Effects of sulphuric acid, boiling water and pre-cooling treatments on germination and hard seed of moonflower seeds

Treatment	Germination (%)	Hard seeds (%)
1. Control	20.0 fg[1/]	77.0 a
2. Clipping	95.0 a	0.0 e
3. H_2SO_4 for 1 min	35.0 d	27.3 d
4. H_2SO_4 for 2 min	49.0 c	21.3 d
5. H_2SO_4 for 3 min	83.0 b	2.3 e
6. H_2SO_4 for 4 min	94.8 a	0.0 e
7. Boiling water for 2 sec	26.5 def	68.5 b
8. Boiling water for 4 sec	27.5 def	68.0 b
9. Boiling water for 6 sec	12.5 g	48.0 c
10. Pre-cooling for 12 hr	26.0 ef	69.5 b
11. Pre-cooling for 24 hr	25.0 ef	73.5 ab
12. Pre-cooling for 48 hr	23.5 ef	69.5 b
13. Pre-cooling for 72 hr	26.0 ef	71.0 ab
14. Pre-cooling for 96 hr	31.5 de	67.5 b
F-test	*	*
CV. (%)	14.16	9.63

[1/] Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by DMRT.

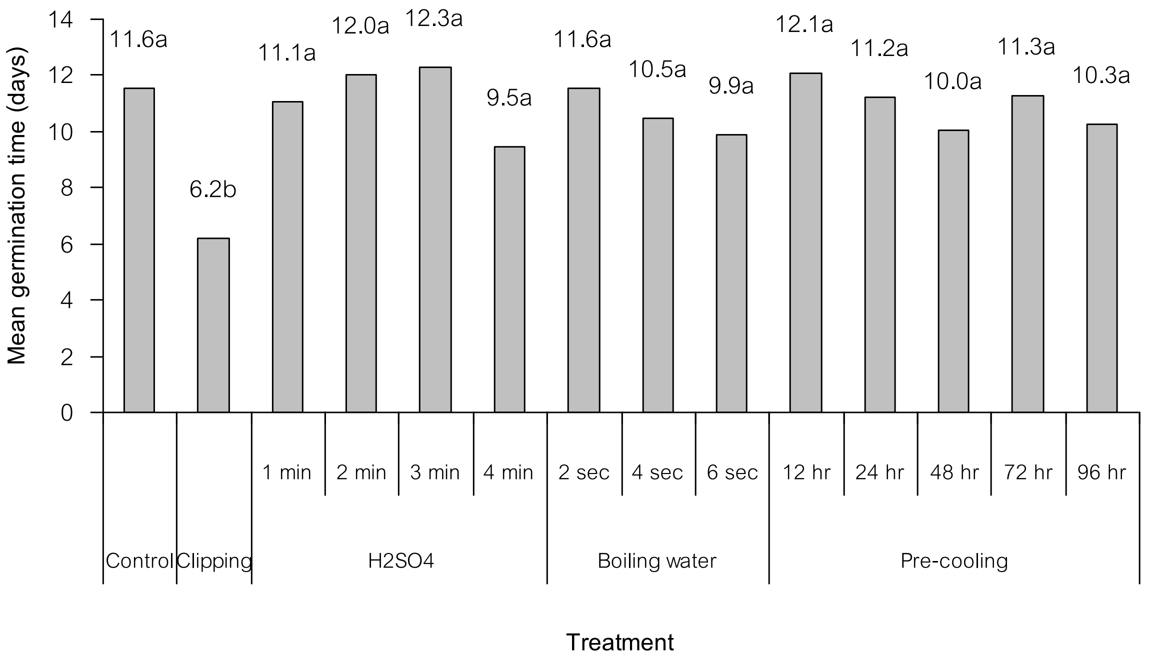


Figure 1 Effects of sulphuric acid, boiling water and pre-cooling treatments on mean germination time of moonflower seeds

Agricultural Sci. J. 43(2) (Suppl.): 657-660 (2012) ว. วิทย์. กษ. 43(2) (พิเศษ): 657-660 (2555)

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้มะขามดิบและกลั่น

Physical and Chemical Properties of Raw and Distilled Tamarind Wood Vinegar

เริงนภรณ์ โม้พวง[1] วาสนา ชัยเสนา[1] อรรถพล ตันไสว[1] ยรรยง เฉลิมแสน[1] และ ขนิษฐา ท่วงที[1]

Mopoung, R.[1], Chaisaena, W.[1], Tansawai, U.[1], Chalermsan, Y.[1] and Toungtee, K.[1]

Abstract

A comparison of physical and chemical properties between raw and distilled tamarind wood vinegar showed similar physical and chemical properties to standard wood vinegar. Physical properties in the study included substance, color, odor and specific gravity. Raw tamarind wood vinegar is clear liquid of brown red color with smoky odor and specific gravity of 1.001±0.00. On the other hand, distilled tamarind wood vinegar is clear liquid of pale yellow color with specific gravity of 1.003±0.00. Chemical properties in the study included pH, dilution rate and organic substance. Raw tamarind wood vinegar had higher pH than distilled tamarind wood vinegar at 3.80±0.01 and 2.90±0.03, respectively. A graph that shows relationship between pH and dilution rate of both tamarind wood vinegar was non-linear. Analysis with GC–MSD Chromatography revealed various kinds of substance; various kinds of substance, i.e. organic acids, aldehydes and ketones, phenolic compounds, alcohols and esters. Distilled tamarind wood vinegar had higher amount of nearly every substance than raw tamarind wood vinegar.

Keywords: raw wood vinegar, distilled wood vinegar, tamarind, organic substance

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้มะขามดิบและกลั่น พบว่า มีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเป็นไปตามมาตรฐานของน้ำส้มควันไม้ สมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ศึกษา ได้แก่ เนื้อสาร สี กลิ่น และค่าความถ่วงจำเพาะ โดยลักษณะของน้ำส้มควันไม้มะขามดิบเป็นของเหลวใสสีน้ำตาลแดง มีกลิ่นควันไฟและมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.001±0.00 ส่วนน้ำส้มควันไม้มะขามกลั่น มีลักษณะเป็นของเหลวใสมีสีเหลืองจาง และมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.003±0.00 สำหรับสมบัติทางเคมีที่ศึกษาได้แก่ ค่าความเป็นกรด – ด่าง อัตราเจือจาง และกลุ่มสารอินทรีย์ โดยความเป็นกรด – ด่างของน้ำส้มควันไม้มะขามดิบมีค่าสูงกว่าน้ำส้มควันไม้มะขามกลั่น คือเท่ากับ 3.80±0.01 และ 2.90±0.03 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด – ด่าง และอัตราการเจือจางของน้ำส้มควันไม้มะขามทั้ง 2 ชนิด พบว่าไม่เป็นเส้นตรง และจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC–MSD Chromatography ตรวจพบสารในกลุ่มต่างๆ ได้แก่ กรดอินทรีย์ อัลดีไฮด์ คีโตน สารประกอบ ฟีนอลลิก แอลกอฮอล์ และเอสเทอร์ พบว่าน้ำส้มควันไม้มะขามกลั่นจะมีปริมาณสารอินทรีย์เกือบทุกตัวมากกว่าน้ำส้มควันไม้มะขามดิบ

คำสำคัญ: น้ำส้มควันไม้ดิบ น้ำส้มควันไม้กลั่น ไม้มะขาม สารอินทรีย์

บทนำ

เกษตรกรของไทยส่วนใหญ่อาศัยพลังงานในการหุงต้มในรูปแบบของถ่านไม้ที่ได้จากการตัดฟืน หรือ เศษเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรม ซึ่งจากการเผาถ่านนอกจากจะได้ถ่านไม้แล้ว ผลพลอยที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ น้ำส้มควันไม้หรือ Wood Vinegar ซึ่งได้จากการควบแน่นของควันที่เกิดขึ้นในระหว่างการเผาถ่าน จากการเก็บข้อมูลพบว่าเกษตรกรจังหวัดเพชรบูรณ์ และพื้นที่ใกล้เคียง ปลูกมะขามเป็นพืชเศรษฐกิจ ต้องมีการตัดแต่งกิ่งกันทุกปี ผู้วิจัยเห็นความสำคัญเศษไม้มะขามที่มีการตัดแต่งกิ่งทุกปีมาเผาถ่านและที่สำคัญผลิตน้ำส้มควันไม้มะขาม จากการหาข้อมูลยังไม่พบว่ามีการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้มะขาม ทั้งนี้เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบอยู่มาก ซึ่งไม้แต่ละชนิดเมื่อทำการเผาจะให้ชนิดและปริมาณของสารในน้ำส้มควันไม้ที่แตกต่างกัน (Yatagai และคณะ, 2002; Ku และ Mun, 2006) จากเหตุผลนี้นำไปสู่การใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน (เทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่, 2546; Jun และคณะ, 2006) มาตรฐานน้ำส้มควันไม้

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 52 หมู่ 7 ต. บ้านกร่าง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

[1] Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok 52 Moo 7, Tambon Bankrang, Amphoe Mueang, Phitsanulok 65000

ดิบมีคุณสมบัติเป็นของเหลวใส สีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น ค่าความเป็นกรด – ด่าง อยู่ระหว่าง 2.8–3.7 ค่าความถ่วงจำเพาะ ไม่น้อยกว่า 1.005 อัตราการเจือจางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจือจางกับค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เป็นเส้นตรง และมาตรฐานน้ำส้มควันไม้กลั่น มีคุณสมบัติเป็น ของเหลวใส เป็นเนื้อเดียวกันไม่แยกชั้น สีเหลืองอ่อนจนถึงสีน้ำตาลอ่อน ค่าความเป็นกรด–ด่า อยู่ระหว่าง 1.5-2.8 ค่าความถ่วงจำเพาะไม่น้อยกว่า 1.001 อัตราการเจือจางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจือจางกับค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เป็นเส้นตรง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก.– ธ.ก.ส., 2549) งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้มะขามดิบและกลั่น โดยจากผลการวิจัยจะนำไปสู่ขบวนการถ่ายทอดให้กับหน่วยงาน ชุมชนหรือกลุ่มเกษตรกรที่ผลิตน้ำส้มควันไม้ นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำน้ำส้มควันไม้มะขามดิบและกลั่น ที่ผลิตและได้มาตรฐานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก. – ธ.ก.ส. 2549 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมี โดยหาสีจากการสังเกต กลิ่นจากการได้กลิ่น ค่าความกรด ด่าง โดยใช้ pH meter ค่าความถ่วงจำเพาะใช้ไฮโดรมิเตอร์ และอัตราการเจือจางน้ำส้มควันไม้มะขามดิบและกลั่น ในอัตราการเจือจาง 1: 100 1:200 1:300 1: 400 และ1:500 แล้วนำไปเขียนกราฟและการตรวจสารในกลุ่มต่างๆ ได้แก่ กรดอินทรีย์ อัลดีไฮด์ คีโตน สารประกอบ ฟีนอลลิก แอลกอฮอล์ และเอสเทอร์ ด้วยเทคนิค GC–MSD Chromatography

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

น้ำส้มควันไม้มะขามดิบและกลั่น จะมีเนื้อสาร สี กลิ่น ค่าความกรด-ด่าง ค่า ความถ่วงจำเพาะ และอัตราการเจือจางในระดับต่างๆ พบว่าเส้นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจือจางกับค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เป็นเส้นตรง เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก.– ธ.ก.ส., 2549 (Table 1) ผลการวิเคราะห์สารอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้มะขามดิบและกลั่น พบแนวโน้มกลุ่มสารอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้มะขามกลั่นมากกว่าในน้ำส้มควันไม้มะขามดิบเกือบทุกตัว (Table 2 และ 3)

สรุปผล

การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้มะขามดิบและกลั่น พบว่า สมบัติทางกายภาพและทางเคมีเป็นไปตามมาตรฐานของน้ำส้มควันไม้ ของผลิตภัณฑ์ มก. – ธ.ก.ส., 2549 และ ตรวจพบสารในกลุ่มต่างๆ ได้แก่ กรดอินทรีย์ อัลดีไฮด์ คีโตน สารประกอบฟีนอลลิก แอลกอฮอล์ และเอสเทอร์ พบว่าน้ำส้มควันไม้มะขามกลั่นจะมีปริมาณสารอินทรีย์เกือบทุกตัวมากกว่าน้ำส้มควันไม้มะขามดิบ

เอกสารอ้างอิง

ไม่ปรากฏผู้แต่ง, เทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่ [สืบค้น], http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/charcoal_fun4.php [30/September/ 2008]

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก.-ธ.ก.ส. 2549, น้ำส้มควันไม้ดิบ [สืบค้น], http://mkbiomassandcharcoal.igetweb.com/index.php?mo=3&art=144589 [30/September/ 2009]

Jun, M., Zhi-ming, Y., Wen-qiang, W. and Qing-li, W., 2006, Preliminary Study of Application Effect of Bamboo Vinegar on Vegetable Growth, For Student Chaina, 8: 43-47.

Ku, C.S. and Mun, S.P., 2006, Characterization of Pyrolysis Tar Derivative from Lignocellulosic Biomass, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 12: 853-861.

Yatagai, M., Nishimoto, M., Hori, K., Ohira, T. and Shibata, A., 2002, Termiticidal Activity of Wood Vinegar, Its Components and Their Homologues, The Journal of Wood Science, 48: 338-342.

Table 1 Physical and Chemical Properties of standard quality of KU – BAAC from Raw and Distilled Tamarind Wood Vinegar

สมบัติทางกายภาพและทางเคมี	ชนิดของน้ำส้มควันไม้มะขาม	
	น้ำส้มควันไม้มะขามดิบ	น้ำส้มควันไม้มะขามกลั่น
1. เนื้อสารและสี	เป็นของเหลวใส ไม่แยกชั้น สีน้ำตาล	เป็นของเหลวใส ไม่แยกชั้น สีน้ำตาลแดงจาง
2. กลิ่น	กลิ่นเหมือนควันไฟ	กลิ่นเหมือนควันไฟ
3. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.80± 0.01	2.90 ± 0.03
4. ความถ่วงจำเพาะ	1.011± 0.00	1.003 ± 0.00

Table 2 The organic compounds in Raw and Distilled Tamarind Wood Vinegar

สารอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้มะขาม	ปริมาณสารอินทรีย์ (% wt)	
	น้ำส้มควันไม้มะขามดิบ	น้ำส้มควันไม้มะขามกลั่น
Formic acid	1.21	1.53
Acetic acid	2.88	3.33
Propionic acid	1.15	1.51
Methanol	0.22	0.81
Ethanol	0.30	1.23
Propanol	0.12	0.52
Formaldehyde	0.082	0.064
Acetaldehyde	0.071	0.11
Total Phenol	221	10127
Total Cresol	118	1228
Acetone	1202	5307

หมายเหตุ วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด โดยวิธีวิเคราะห์อ้างอิง GC/MSD with SPME technique

Table 3 The organic compounds in Raw and Distilled Tamarind Wood Vinegar

สารอินทรีย์	**สารอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้มะขาม**					
	น้ำส้มควันไม้มะขามดิบ			**น้ำส้มควันไม้มะขามกลั่น**		
	Retention time (นาที)	area	% relative	Retention time (นาที)	area	% relative
Methylamine	1.323	212732587	11.72	1.04	251344160	28.37
Methyl acetate	1.478	1775498734	97.83	1.25	853667881	96.35
Butanoic acid	1.744	232435699	12.81	1.71	848760711	95.75
Methyl propanoate	4.434	421227654	23.21	2.75	652448527	73.64
Furfural	4.498	147584735	8.13	5.26	209944447	23.70
Furanone	5.275	105084522	5.79	7.42	332693072	37.55
Butyrolactone	8.305	321248762	17.70	7.48	640231484	72.26
2-methoxy-phenol (guaiacol)	9.744	1814832110	100	13.48	500670023	56.51
Methoxyphenol	9.744	231127864	12.73	13.48	268045953	30.25
4-ethyl-phenol	9.890	20075443	1.11	15.33	886028327	100
2,6-dimethoxy-phenol	10.693	107805056	5.94	20.87	555978420	62.75

หมายเหตุ วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด โดยวิธีวิเคราะห์อ้างอิง GC/MSD with SPME technique

การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มจากกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น

Quality Evaluation of Ready to Eat Product from Concentrated Roselle Extracts

ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์[1] **และ สวรักษ์ จันทรเทพธิมากุล**[1]
Watanachaiyong, T.[1] and Chantorntepthimakul, S.[1]

Abstract

The concentrated Roselle drinks were filled in lug cap 45 mL glass containers, pasteurized and stored at 4°C and 25°C, for 15 days. Quality changes and anti-oxidation properties of the ready to eat products were performed. It was found that, the storage temperatures and times were significant effect on chemical and physical quality changes of the concentrated products. There were trended to decrease color but increase pH. In addition long time's storage and high temperatures affected on anti- oxidant activities of the drink. At 4°C, total phenolic contents, total anthocyanin contents and antioxidant activities (IC_{50}) of the drink were 281.57-321.05, 8.46-9.83 and 1.56-1.76 mg/mL, respectively. At 25°C, total phenolic contents, total anthocyanin contents and antioxidant activities (IC_{50}) as follows 278.42-321.05, 6.90-9.83 and 1.33-1.65 mg/mL.

Keywords: concentrated Roselle extract, free radical, antioxidant, anthocyanin

บทคัดย่อ

เมื่อประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มจากกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น ที่บรรจุในขวดแก้วฝาเกลียวล็อกและผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C และ 25°C พบว่าเวลาเก็บรักษานานขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี โดยค่าสีมีแนวโน้มลดลง แต่ค่าความเป็นกรด-เบส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เวลาเก็บนานขึ้นและอุณหภูมิสูงขึ้นยังมีผลต่อสมบัติต้านการเกิดออกซิเดชัน คือ ที่ 4°C ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 281.57-321.05 mg/mL ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 8.46-9.83 mg/mL และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) 1.56-1.76 mg/mL ที่ 25°C มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 278.42-321.05 mg/mLและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 6.90-9.83 mg/mL และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) 1.53-1.65 mg/mL

คำสำคัญ: กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น อนุมูลอิสระ สารต้านออกซิเดชัน แอนโทไซยานิน

บทนำ

อนุมูลอิสระ (Free radicals) เป็นโมเลกุลที่ไวสูงต่อการเกิดปฏิกิริยากับส่วนประกอบของเซลล์ในร่างกาย โดยทำลายให้เสียสมดุลเสื่อมสลายง่ายต่อการเกิดโรคหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดีเอ็นเอ ทำให้มีการสร้างยีนผิดปกติจนอาจกลายเป็นเซลล์มะเร็งได้ การบริโภคอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระมากเป็นประจำ เช่น พืช ผักใบเขียว ผลไม้/สมุนไพร เพื่อเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในกระแสเลือดให้สูงขึ้น ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยป้องกันโรคที่เกิดจากการทำลายของอนุมูลอิสระ เช่น แก่ชรา ไขมันในเลือดสูง หัวใจ เบาหวาน มะเร็งและไต รวมถึงโรคความผิดปกติจากการเสื่อมสลายของเซลล์ เช่น พาร์คินสันและอัลไซเมอร์ (Sawa และคณะ, 1999; Shrikhande, 2000; Rodrigo และ Rivera, 2002)

ด้วยความกังวลในความปลอดภัยของอาหารที่เติมสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ ทำให้ผู้บริโภคให้ความสนใจและยอมรับสารต้านออกซิเดชันธรรมชาติ (Natural antioxidants) ที่ได้จากพืช ผัก ผลไม้ ธัญพืชและสมุนไพรมากขึ้น อีกทั้งในงานสาธารณสุขมูลฐานของไทยได้ใช้สรรพคุณของกระเจี๊ยบแดงมานานจนพบว่ามีความเป็นพิษต่ำ เช่นใบสดต้มหรือแกง กลีบเลี้ยงทั้งสดและแห้งต้มน้ำกินหรือชงดื่ม แก้ไอ แก้นิ่ว ลดไข้ ขับน้ำดี ในแอฟริกาใต้ใช้เมล็ดต้มกินเป็นยาขับปัสสาวะ แก้อาการขัดเบา/ยาบำรุง น้ำมันจากเมล็ดใช้รักษาแผลให้อูฐ อัฟริกาตะวันออกใช้ใบต้มน้ำกินแก้ไอขับเสมหะ เพิ่มการหลั่งน้ำดีจากตับ ละลายไขมัน/ลดความหนืดของเลือด อียิปต์ใช้กลีบเลี้ยงต้มกินวันละ 3 เวลาช่วยระบายและลดความดันโลหิตสูง หรือต้นใช้ต้มกินรักษาโรคหัวใจและโรคประสาท กัวเตมาลากินน้ำต้มกลีบเลี้ยงแห้งเป็นยาขับปัสสาวะ ลดการ

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
[1] Food Science and Technology Department, School of Science and Technology, The University of the Thai Chamber of Commerce

อักเสบของไต อินเดียและเม็กซิโกกินน้ำต้มใบแห้งแก้ไอ เป็นต้น โดยเฉพาะในกลีบดอกกระเจี๊ยบแดง (Wang และคณะ, 1996; Saint-Cricq de Gaulejac และคณะ, 1999) พบสารสำคัญที่มีฤทธิ์ยับยั้งการกระตุ้นกิจกรรมของสารก่อมะเร็ง กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน คือ สารแอนโทไซยานิน (เช่น ไซยานิดิน และเดลฟีนิดิน) สารกลุ่มฟีนอลิกที่ช่วยขยายหลอดเลือด ป้องกันภาวะหลอดเลือดแดงแข็งและอุดตัน และกรดอินทรีย์รสเปรี้ยวหลายชนิด เช่น โปรโทคาเทชูอิก แอสคอร์บิก ซิตริกมาลิก และทาร์ทาลิกที่ช่วยสลายคอเลสเตอรอลและลดการอักเสบ มีฤทธิ์ต้านการเกิดออกซิเดชันในปริมาณใกล้เคียงกับบลูเบอร์รี เชอร์รี และแครนเบอร์รีรวมถึงยังเป็นแหล่งสารอาหารสำคัญ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม เหล็ก วิตามิน และเพกติน เป็นต้น

ด้วยประสิทธิภาพของกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระของสารแอนโทไซยานินในทางเภสัชวิทยา จะสูงกว่าวิตามินซีและอี ถึง 2 เท่า และสามารถบริโภคได้สูงสุดเฉลี่ย 200 มิลลิกรัม/วัน ดังนั้นหากสามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารสำคัญของผลผลิต ที่มีข้อจำกัดตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการแปรรูปสมุนไพร เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงขึ้นในเชิงการค้าเข้าสู่ระบบตลาด คือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสารแอนโทไซยานินและรงควัตถุจะลดลงและสลายตัวทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน ในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาสภาวะการแปรรูปกระเจี๊ยบแดงสด เป็นผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม และการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพและประสาทสัมผัส โดยประเมินคุณภาพสารต้านการเกิดออกซิเดชัน ความเป็นกรดที่มีรสเปรี้ยว ในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อประโยชน์ทางโภชนาการและสุขภาพของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำกระเจี๊ยบแดงสกัดและกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น

คัดเลือกเอาเฉพาะส่วนของกระเจี๊ยบแดงสดที่ดี เจาะเมล็ด และบันทึกน้ำหนักกลีบดอกหลัง คำนวณร้อยละผลผลิตของกระเจี๊ยบแดง (% Yield) = 100 x[น้ำหนักกระเจี๊ยบแดงหลังเจาะเมล็ด/ น้ำหนักกระเจี๊ยบแดงก่อนเจาะเมล็ด] ล้างให้สะอาดผสมกับน้ำในอัตราส่วนกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำ 1 ต่อ 2 (น้ำหนัก/ปริมาตร) สกัดที่อุณหภูมิ 50±5.0°C นาน 30 นาที นำส่วนของเหลวกระเจี๊ยบแดงสกัดที่กรองได้ไปทำให้เข้มข้นด้วยระบบไอน้ำแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70°C แรงดันสุญญากาศ 55 cm. Hg ความเร็วรอบ 80 rpm จนได้น้ำกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (Total Soluble Solids; TSS) 6°Brix

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม

เตรียมส่วนผสมของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นพร้อมดื่มโดยประมาณดังนี้ 76% กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น 6°Brix 15% ฟรุกโทส, 8.5% น้ำผึ้ง, 1% โพลีเด็กโทรส และ 0.15% เกลือ พาสเจอร์ไรส์ที่ 75°C นาน 10 นาทีบรรจุในขวดแก้วขณะร้อนมีฝาเกลียวล็อกขนาด 45 mL ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C และ 25°C วิเคราะห์ตัวอย่างทุก 5 วัน เพื่อประเมินคุณภาพในระหว่างการเก็บนาน 15 วัน

การประเมินคุณภาพกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นและผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม

ตัวอย่างกระเจี๊ยบแดงสกัด กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม นำมาตรวจวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ-เคมี จุลินทรีย์และสมบัติต้านการเกิดออกซิเดชันและทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับ ด้วยวิธีเรียงลำดับ (Ranking test) ใช้ผู้ชิม 30 คน (ไม่ผ่านการฝึกฝน) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น และผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม

ผลทดสอบทางกายภาพ-เคมี และจุลินทรีย์ ดัง Table 1 พบว่ากระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นและพร้อมดื่ม มีค่า L*,a* (สีแดง), b* (สีเหลือง) ลดลง เมื่อเทียบกับกระเจี๊ยบแดงสกัด ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดมาลิก) จะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.เครื่องดื่มประเภทผลไม้ (มอก.2542) และข้อกำหนดประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2543) และไม่พบ Coli forms ยีสต์และรา

ผลการวิเคราะห์สมบัติต้านออกซิเดชันของกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นและกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม

ผลการวัดสมบัติต้านการเกิดออกซิเดชัน โดยวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (กรดแกลลิก) ตามวิธี Miliauskas และคณะ (2004) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) โดยวิธี DPPH (ทิพรัตน์, 2547; ปรียนันท์, 2549) ดัง

Table 2 พบว่าตัวอย่างกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นและพร้อมดื่ม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (Maria และคณะ, 2011) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกระเจี๊ยบสกัดเริ่มต้น ยกเว้นในกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นพร้อมดื่มที่มีค่าน้อยกว่าเล็กน้อย อาจเนื่องจากแอนโทไซยานิน มีการรวมตัวกับสารอื่นที่เป็นในส่วนผสม และอยู่ในรูปสารประกอบ “co-pigment” และแอนโทไซยานินเกิดการสลายตัวก่อนจะเกิดปรากฏเป็นสีน้ำตาลขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตร่วมด้วย (Tsai และ Huang, 2004)

Table 1 Color values, TSS, total acidity, total plant count, coliforms, yeast and mold contents of concentrated Roselle drink

Samples	Color values			TSS	Total Acidity as malic acid	Total plate count	Coli forms	Yeast & molds
	L*	a*	b*	°Brix	(%)	(CFU)	(MPN)	(CFU)
กระเจี๊ยบแดงสกัด	16.72±0.07	39.06±0.31	23.8±0.31	2.00±0.06	1.98±0.01	1.0 x 10	ไม่พบ	ไม่พบ
กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น	4.34±0.12	12.49±0.06	2.57±0.25	6.00±0.06	2.98±0.01	1.0 x 10	ไม่พบ	ไม่พบ
กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม	4.55±0.26	20.87±0.18	4.66±0.27	26.70±0.06	3.97±0.01	5.0 x 10	ไม่พบ	ไม่พบ

L* = ความสว่าง (0 คือ สีดำ100 คือ สีขาว);a* = แสดงความเป็นสีแดงและสีเขียว (บวกคือมีเป็นทางสีแดงมาก ลบคือมีสีเป็นไปทางสีเขียวมาก) ;b* = แสดงความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (บวก คือมีเป็นทางสีเหลืองมาก ลบคือ มีสีเป็นไปทางสีน้ำเงินมาก)

Table 2 Total phenolic, total anthocyanin and antioxidant activity of concentrated Roselle drink

Samples	Antioxidant properties		
	Tot.al phenolic (mg.Gallic /mL)	Total anthocyanin (mg/mL)	Antioxidant activities (DPPH) IC_{50} (mg/l)
กระเจี๊ยบแดงสกัด	241.1±0.001	3.76±0.01	54.35
กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น	282.1±0.001	10.28±0.01	51.09
กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม	321.0±0.002	9.84±0.01	11.88

ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ของกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นพร้อมดื่มในระหว่างการเก็บรักษา

ผลทดสอบคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มเมื่อเก็บรักษา15 วัน ที่ 4°C และ 25°C พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่า L*, a*, b* อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.ประเภทเครื่องดื่มประเภทผลไม้ (มอก.2542) และข้อกำหนดประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2543) และไม่พบ Coli forms ยีสต์และรา และผลทดสอบทางประสาทสัมผัสและการยอมรับด้วยวิธีเรียงลำดับ (Ranking test) ใช้ผู้ชิม 30 คน (ไม่ผ่านการฝึกฝน) พบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับระดับความชอบปานกลางถึงชอบมาก (คะแนน 7-8) และสภาวะการเก็บไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี ความหวาน ความเปรี้ยว ความรู้สึก ภายในปากและการยอมรับโดยรวมที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลของอุณหภูมิต่อสมบัติต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นพร้อมดื่ม

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มที่ 4.0°C และ 25.0°C นาน 15 วัน พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (กรดแกลลิก) ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามระยะเวลาการเก็บและอุณหภูมิเมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้น โดยที่สภาวะอุณหภูมิสูงกว่าจะมีค่าที่ลดลงมากกว่าและค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมไม่มากนัก ดัง Table3

Table 3 Total phenolic, total anthocyanin, antioxidant activity of concentrated Roselle drink at 4.0±1.0°C and 25.0±1.0°C

Day of storage (days)	4.0±1.0°C			25.0± 1.0°C		
	Total phenolic (mg.Gallic /mL)	Total anthocyanin (mg/mL)	Antioxidant activities (DPPH)	Total phenolic (mg.Gallic /mL)	Total anthocyanin (mg/mL)	Antioxidant activities (DPPH)
			IC_{50} (mg/mL)			IC_{50} (mg/mL)
0	321.05±0.01a	9.83±0.01a	1.65	321.05±0.01a	9.83±0.01a	1.69
5	292.36±0.01b	9.60±0.01b	Nd	299.36±0.01b	8.57±0.01b	Nd
10	281.57±0.01c	9.21±0.01c	1.53	279.47±0.01c	7.57±0.01c	1.55
15	281.57±0.01d	8.46±0.01d	1.55	278.42±0.01d	6.90±0.01d	1.76

Nd = no detection, values with different letters in column, were significantly different at 95%

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและการแปรรูปผลผลิต เป็นปัจจัยสำคัญต่อปริมาณสารสำคัญที่คงอยู่ในผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นพร้อมดื่มทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์ต่อความคงตัวของปริมาณสารสำคัญ คือที่สภาวะอุณหภูมิสูง (25.0±1.0°C) ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระจะลดลงมากกว่าที่สภาวะอุณหภูมิต่ำ (4.0±1.0°C) โดยผลที่ได้มีความสอดคล้องกับนันท์นภัส (2551) ปารมี (2549) และแฉล้ม และคณะ (2545) ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มที่พัฒนาขึ้น ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับในระดับความชอบปานกลางถึงชอบมาก ในรูปบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วฝาเกลียวล็อกขนาด 45 มิลลิลิตร มีต้นทุนการผลิตโดยประมาณ 7.94 บาทต่อขวด หากมีการผลิตเชิงการค้าควรควบคุมสภาวะที่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้ต่ำที่สุดเพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

แฉล้ม มาสวรรณา สุรพงษ์ เจริญรัถ ชัยรัตน์ ดุลยพัทร์ และ ปัญญา เอกมหาชัย, 2545, กระเจี๊ยบแดงพืชสมุนไพร, กสิกร, 75: 16-19.

นันท์นภัส เติมวงศ์, 2551, ปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกส์และวิตามินซีในผักและสมุนไพร คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ปารมี ชุมศรี, 2549, การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ปรียนันท์ บัวสด, 2549, การตรวจสอบความสามารถในการเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ของเครื่องดื่มชาโดยวิธีไวคลิกโวลแทมเมทรี, วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ทิพรัตน์ หงภัทรคีรี, 2548, การศึกษาการใช้พืชสมุนไพรและเครื่องเทศเสริมกิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ไวน์ผลไม้เมืองร้อน, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, กระทรวงอุตสาหกรรม

Rodrigo, R. and Rivera, G., 2002, Renal Damaged Mediated by Oxidative Stress: a Hypothesis Protective Effects of Red Wine, Free Radical Biology and Medicine, 33: 409-422.

Sawaetet, 1999, AlkylperoxylRadical Scavenging Activity of Various Flavanoinds and other Phenolic Compounds: Implications for the Anti-tumor Promoter Effect of Vegetables, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 397-402.

Saint-CricqdeGaulejac, N., Glories, Y. and Vivas, N.,1999, Free Radical Scavenging Effect of Anthocyanins in Red Wines, Food Research International, 32: 327- 333

Shrikhande, A.J., 2000, Wine by –products with Health Benefits, Food Research International, 33: 469-474.

Wang, H., Cao, G. and Prior, R.L., 1996, Total Antioxidant Capacity of Fruits, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44: 701-705.

เบตาแคโรทีนและฟีโนลิกแสดงบทบาทการต้านอนุมูลอิสระในผลพริกเหลือง

β-Carotene and Phenolics Play an Attention Role for Antioxidative Activity in Pepper Fruit cv. Lueang

สมโภชน์ น้อยจินดา[1] กิตติ โพธิปัทมะ[1] วรรัตนพงศ์ วงเสน[1] ธิดารัตน์ คุ้มภัย[1] อุทร ชิขุนทด[1] และ เฉลิมชัย วงษ์อารี[2]

Noichinda, S.[1], Bodhipadma, K.[1], Wongsen, W.[1], Khumpai, T.[1], Chikhuntod, U.[1] and Wongs-Aree, C.[2]

Abstract

Even though fresh *Capsicum* fruit is enrich with antioxidants such as lycopene, β-carotene, ascorbic acid, phenolics and flavonoids but not all of these compounds play an important role in antioxidative stress. The present research findings showed that pepper fruit cv. Lueang had a good effectiveness in antioxidative activity via 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging and iron-chelating activities. In this case, β-carotene, phenolics and flavonoids were outstanding responsible substances for antioxidants and the contents of these compounds were about 3.27, 1.06 and 0.43 mg/g FW at the harvesting date, respectively.

Keywords: antioxidant, β-Carotene, *Capsicum*, phenolics

บทคัดย่อ

ถึงแม้ว่าผลพริกสดจะอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ไลโคพีน, เบตาแคโรทีน, วิตามินซี, ฟีโนลิก และฟลาโวนอยด์ แต่สารดังกล่าวไม่ใช่ทุกตัวจะแสดงบทบาทสำคัญในการต้านออกซิเดชัน ผลจากการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าผลพริกเหลืองมีประสิทธิภาพยอดเยี่ยมในการต้านอนุมูลอิสระโดยผ่านทางกิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH radical scavenging activity) และการจับประจุของอิออนเหล็ก (iron-chelating activity) ในกรณีนี้ เบตาแคโรทีน, ฟีโนลิก และฟลาโวนอยด์เป็นสารที่มีบทบาทเด่นในการต้านอนุมูลอิสระ โดยมีปริมาณ ณ วันที่ทำการเก็บเกี่ยวเท่ากับ 3.27, 1.06 และ 0.43 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ เบตาแคโรทีน พริก ฟีโนลิก

Introduction

Capsicum fruits in Thai local market have the variation on their characters such as size, shape, color and degree of pungent. Thus, it is feasible to categorize those fruits via fruit length and spiciness into two groups: 1) chili, a tasty pungent, fruit length less than 5 cm, most of them are belong to *C. frutescens* and 2) pepper, moderately low pungent taste, fruit length between 5.1-17.0 cm, most of them are the member of *C. annuum* (Noichinda *et al*., 2012). Normally, *Capsicum* fruit color stays green at mature stage and turns red during ripening but the pepper (*C. annuum* cv. Lueang) fruit color differentially alters to yellowish-orange when it is ripe. Although fruit color indicates its pigment containing, the different amount of xanthophylls or carotene are existed (Suzuki *et al*., 2007). Moreover, those pigments and their derivative compounds i.e. phenolics and flavonoids in pepper fruit noticeably plays an attention function as bioactive compounds for antioxidative stress in plants (Zhuang *et al*., 2012). In Thai cuisine, pepper cv. Lueang has been used broadly as an important ingredient for curry, stir-fry, salad and condiment. Apart from the medium pungent, it would be of benefit to the consumer if this kind of fruit also promotes good health. Therefore, the aims of this research were to investigate antioxidative components and their antioxidant activities in ripe pepper cv. Lueang during storage at 13^{o}C.

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพฯ 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] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150 ประเทศไทย

[2] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien campus, Bangkok 10150 Thailand

Materials and Methods

Plant material

Pepper cv. Lueang fruits were purchased from wholesale market in Bangkok. Uniformity of fruit size and maturity (yellowish-orange peel surface with green peduncle) without damage were packed in a foam tray (5.0 x 7.5 inch), wrapped with straight-film (Arrow®, 30 micron thickness) and stored at 13°C for 10 days.

Pigments determination

Fruit pulp (1 g) was homogenized in 4 mL of acetone: hexane (4:6) solution and chlorophyll, β-carotene and lycopene were spectrophotometrically measured at 663, 645, 505 and 453 nm (Nagata and Yamashita, 1992). For the concentration of those pigments, they were calculated into mg/100 mL from the following formulae:

Chlorophyll a = 0.999Abs.663 - 0.0989Abs.645

Chlorophyll b = -0.328Abs.663 + 1.77Abs.645

Lycopene = -0.0458Abs.663 + 0.204Abs.645 + 0.372Abs.505 – 0.0806Abs.453

β-Carotene = 0.216Abs.663 – 1.22Abs.645 + 0.304Abs.505 + 0.452Abs.453

Antioxidative components determination

Ascorbic acid in fruit pulp was homogenized in 1% (w/v) metaphosphoric acid solution. The liquor was centrifuged at 6000 rpm for 15 min. The supernatant was mixed in 0.5 mM 2,6-dichlorophenolindophenol (DIP) and measured spectrophotometrically at 515 nm (Klein and Perry, 1982).

Phenolics extraction, 10 g of pepper pulp was homogenized in 30 mL ethanol (80%). Liquor was centrifuged at 12000 rpm for 20 min. The supernatant was mixed in 5 mL of Folin-Ciocalteu reagent (1:9, v/v in water), 4 mL of 7.5% sodium carbonate. The mixer solution was incubated in hot water bath (30°C) for 1 h and transferred to ice bath for 1 h. Phenolic content was determined by spectrophotometric method at 760 nm (Singleton *et al.*, 1999) and calculated into mg/gFW phenolics concentration by comparison with the standard curve of gallic acid.

Flavonoids extraction was slightly modified from Chang *et al*. (2006) method, 2 g of fruit pulp pieces was soaked in 6 mL methanol, allowed mixing for 6 min. After that, It was filtered through Whatman (No.1) filter paper with suction pump, 1 mL of filtered solution mixed in 0.2 mL of 10% aluminum chloride, 0.2 mL of 1 M potassium acetate and 5.6 mL DI water, allowed mixing at room temperature for 30 min. Flavonoid content was measured by spectrophotometer at 415 nm and compared with standard curve of milligram rutin.

Antioxidant activity assays

Reducing power assay was slightly modified from Oyaizu (1988) method, 1 g of fruit pulp mixed in 9 mL methanol and left at room temperature for 1 h, then, it was filtered through Whatman (No.1) filter paper with suction pump. Five milliliter of methanolic solution was mixed in 1.25 mL of 0.2 M phosphate buffer (pH 6.6) and 1.25 mL of 1% potassium ferricyanide. It was incubated in hot bath (50°C) for 20 min and transferred to ice bath for cooling drown, adding 1.25 mL of 10% trichloroacetic acid into the incubating solution and allowing for salting-out for 5 min. The clearing zone of mixing solution (2.5 mL) was mixed with 0.5 mL of 0.1% ferric chloride, left at room temperature for 10 min. The reducing power was indicated by the absorbance at 700 nm.

Ferrous iron chelating ability assay was slightly modified from Decker and Welch (1990) method, 1 g of fruit pulp mixed in 9 mL methanol, kept at room temperature for 1 h and then filtered through Whatman (No.1) filter paper with suction pump. The methanolic solution (1 mL) was mixed in 3.7 mL methanol, 0.1 mL of 2 mM ferrous chloride and 0.2 mL of 5 mM ferrozine and left at room temperature for 10 min. For control, ferrous chloride and ferrozine was mixed in methanol instate of sample. Ferrous iron chelating power was indicated by the absorbance at 562 nm and calculated from the following formula:

Ferrous iron chelating ability (%) = [(1 - Abs. of sample)/Abs. of control] x 100

DPPH scavenging activity assay was slightly modified from Shimada *et al.* (1992) method, 1 g of fruit pulp was mixed in 9 mL methanol, left at room temperature for 1 h and then filtered through Whatman (No.1) filter paper with

suction pump. The methanolic solution (4 mL) mixed in 1 mL of 1 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and kept at room temperature for 30 min. For control, 10 mM DPPH was mixed in methanol instate of sample. The percentage of scavenging activity was indicated by the absorbance at 517 nm and calculated from the following formula:

DPPH scavenging activity (%) = [(1 - Abs. of sample)/Abs. of control] x 100

Results and Discussion

Carotenoid was mainly pigment found in fully maturity stage of pepper cv. Lueang. The stored pepper fruit cv. Lueang contained a bundle amount of β-carotene and small quantity of lycopene whereas little amount of chlorophyll was also detected (Figure 1A). Suzuki *et al*. (2007) reported that carotenoid composition in pepper varied with fruit maturity: lutein was mostly found in green fruit while capsanthin was predominantly observed in red fruit. In general, chili fruit contains not only the high amount of capsaicin, a pungent component, but also β-carotene and phenolics as free radical scavenging substances (Wall *et al*., 2001; Galano and Martinez, 2012). The present results indicated that pepper fruit cv. Lueang contained large amount of β-carotene and phenolic substances (Figure 1B) rather than capsaicin when compared to our previous study in other chili varieties (Noichinda *et al*., 2012). Phenolic content in pepper pulp sharply decreased after harvested for 2 days while flavonoid content slightly increased at the same time (Figure 1B). Gallic and 3,4-dihydroxybenzoic acids were the main phenolic and flavonoid compounds detecting in *Capsicum* (Zhuang *et al.,* 2012). The methanol extract solution of those antioxidants, β-carotene and phenolics, in ripe pepper cv. Leaung showed antioxidative activity via the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity and ferrous iron chelating ability, respectively, (Figure 1C) which had the similar result to Ogiso *et al*. (2008) report.

Literature cited

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: 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: 674-677.

Galano, A. and Martinez, A., 2012, Capsaicin, a Tasty Free Radical Scavenger: Mechanism of Action and Kinetics, Journal of Physical Chemistry (B), 116: 1200-1208.

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: 941-945.

Nagata, M. and Yamashita, I., 1992, Simple Method for Simultaneous Determination of Chlorophyll and Carotenoids in Tomato Fruit, Journal of The Japanese Society for Food Science Technology, 39: 925-928.

Noichinda, S., Bodhipadma, K., Lerksasen, P. and Ketsa, S., 2012, Difference in Capsaicin Content among Thai *Capsicum*, Journal of Applied Science, 11(1): 1-4.

Ogiso, Y., Hosada-Yabe, R., Kawamoto, Y., Kawamoto, T., Kato, K. and Yabe, T., 2008, An Antioxidant of Dried Chili Pepper Maintained its Activity Through Postharvest Ripening for 18 Months, Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 72: 3297-3300.

Oyaizu, M., 1988, Antioxidative Activities of Brown Products of Glucosamine Fractionated by Organic-Solvent and Thin-Layer Chromatography, Journal of The Japanese Society for Food Science Technology, 35: 771-775.

Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K. and Nakamura, T., 1992, Antioxidative Properties of Xanthan on the Antioxidation of Soybean Oil in Cyclodextrin Emulsion, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40: 945-948.

Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M., 1999, Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidant by Means of Folin-Ciocaltru Reagent, Oxidants and Antioxidants Part A, 299: 152-178.

Suzuki, S., Mori, M., Ishikawa, K., Takizawa, K. and Nunumura, O., 2007, Carotenoid Composition in Mature *Capsicum annuum*, Food Science and Technology Research, 13: 77-80.

Wall, M.M., Waddell, C.A. and Bosland, P.W., 2001, Variation in β-carotene and Total Carotenoid Content in Fruits of *Capsicum*, Horticultural Science, 36: 746-749.

Zhuang, Y., Chen, L., Sun, L. and Cao, J., 2012, Bioactive Characteristics and Antioxidant Activities of Peppers, Journal of Functional Foods, 4: 331-338.

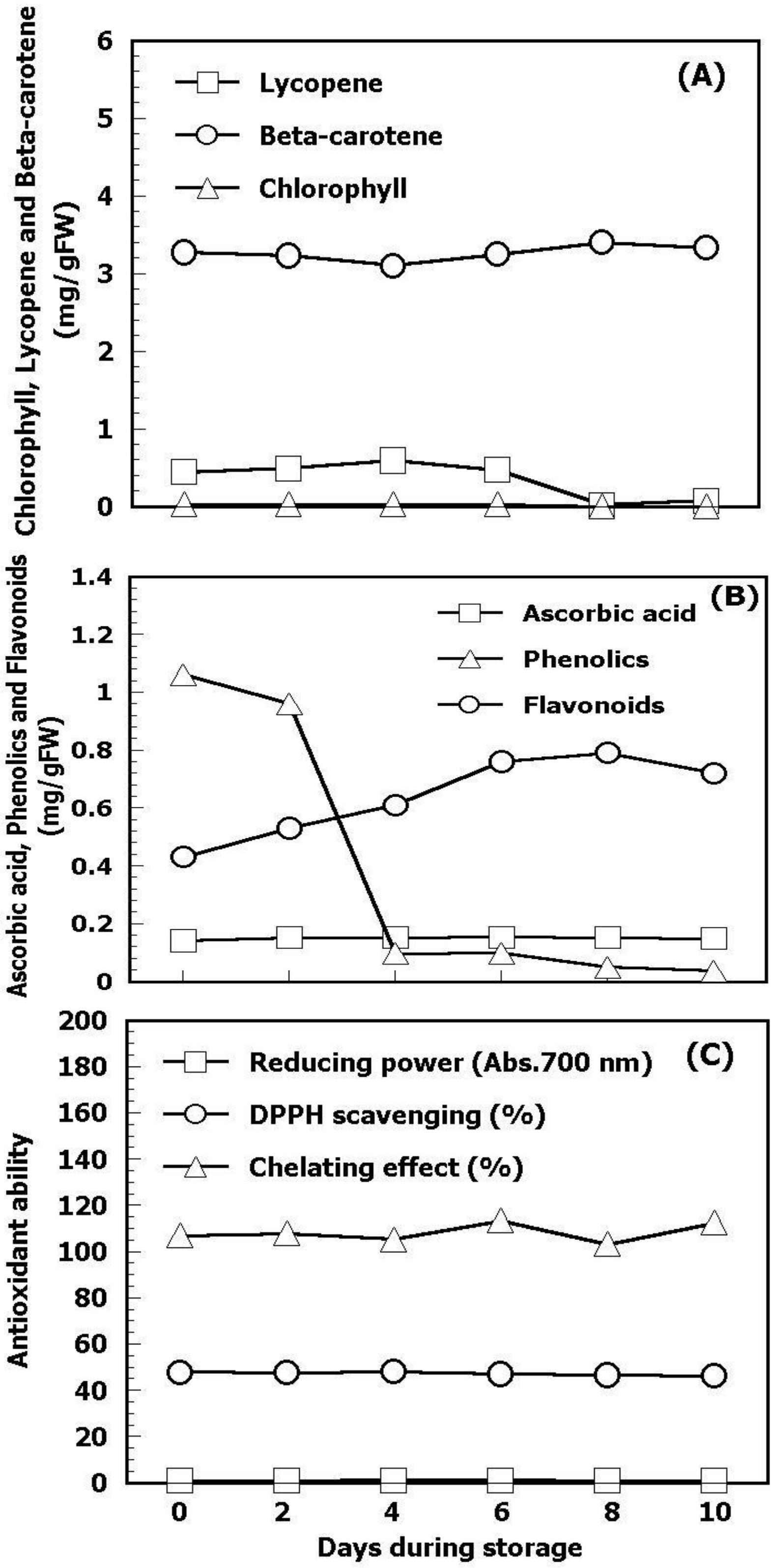


Figure 1 Antioxidant components (A and B) and antioxidant abilities (C) in pepper fruit cv. Lueang during storage at 13°C (Data are means of 4 replications).

ผลของการหุงต้มต่อปริมาณฟีนอลิคและแอนโธไซยานินทั้งหมดของข้าวไทย 9 สายพันธุ์

Effect of Cooking on Total Phenolic and Anthocyanin Contents of 9 Genotypes from Thai Rice Grains

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[1] และ ลดาวัลย์ ช่างชุบ[1]
Maisuthisakul, P.[1] and Changchub, L.[1]

Abstract

Total phenolic and anthocyanin contents of 9 genotypes of raw and cooked Thai rice grains were investigated. They were classified into three groups according to color appearance. The light brown grain genotypes are Sin Lek, Jasmine 105, Lao tek and Hawm Ubon. The red group is Sang Yod and Red Jasmine. Genotypes Gum, Hawm Kanya and Hawm nil are black rice grains. Among white rice genotypes, the cooked rice grains showed lower phenolic values than raw rice except genotype Hawm nil. The phenolic contents of raw rice genotypes ranged from 333 to 1565 mg FAE/g db. Cooking affected to total anthocyanin contents of Thai rice grains different from total phenolics. All cooked rice grains showed lower total anthocyanin content than raw ones especially black rice types. The anthocyanin values of cooked and raw red grains were slightly similar. The average values of total anthocyanin content of cooked Thai grains were 112, 25 and 175 mg/L of cyanidin-3-glucoside for light brown, red and black, respectively. Pearson correlations between total phenolic and anthocyanin contents were positive ($p < 0.05$). Total phenolic content total anthocyanin content of black rice was more than all classes of rice.

Keywords: cooking, phenolics, anthocyanin, rice

บทคัดย่อ

ปริมาณฟีนอลิคและแอนโธไซยานินทั้งหมดของข้าวไทยดิบและสุก 9 สายพันธุ์ได้ถูกนำมาศึกษา ข้าวสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะของสี กลุ่มข้าวสีดำได้แก่ สินเหล็ก หอมมะลิ 105 เล้าแตก และหอมอุบล ข้าวสีแดงได้แก่ สังข์หยดและหอมมะลิแดง ส่วนข้าวดำได้แก่ ก่ำ หอมกัญญา และหอมนิล ผลการทดลองแสดงว่าปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดของข้าวสุกในกลุ่มข้าวขาวมีค่าต่ำกว่าข้าวดิบ ยกเว้นพันธุ์หอมนิล ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดในข้าวดิบมีค่าในช่วง 333 ถึง 1565 mg FAE/g น้ำหนักแห้ง การหุงต้มมีผลต่อปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดแตกต่างจากปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด ข้าวสุกมีค่าปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดสูงกว่าข้าวดิบโดยเฉพาะในข้าวสีดำ ปริมาณแอนโธไซยานินเฉลี่ยของข้าวสุกขาว แดงและดำสุกมีค่าเท่ากับ 112, 25 และ 175 mg/L of cyanidin-3-glucoside ตามลำดับ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิคและปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดให้ผลในเชิงบวก ($p <0.05$) ปริมาณฟีนอลิคและปริมาณแอนโธไซยานิน ของข้าวดำ มีค่ามากกว่าข้าวสีอื่นทุกสายพันธุ์ของข้าว

คำสำคัญ: หุงต้ม ฟีนอลิค แอนโธไซยานิน ข้าว

Introduction

Select phenolics, originating from natural sources and exhibiting biological activity, are considered to be critical for human health. Pigmented rice (*Oryza sativa* L.) has been consumed for a long time in Asia, especially China, Japan, Korea and many countries in Southeast Asia. Several varieties of pigmented rice, particularly red and black rice, have been cultivated in Thailand. It has been regarded as a health-promoting food for its abundant content of anthocyanins which are flavonoid phenolic colouring compounds. They are not stable and vulnerable to be destroyed by a number of factors such as: pH, light, thermal treatment, sulfur dioxide or sulfite salts.

Cooking may cause complex physical and chemical changes in phenolic compounds, including release from bound forms, degradation, polymerization, oxidation and the formation of Maillard reaction products. Few

[1] **คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง ห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10400**
[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vipavadee Rd, Dindaeng, Huakwang, Bangkok 10400.

studies have investigated the effect of thermal processing on rice and generally found a significant reduction in total phenolic content (Finocchiaro *et al*., 2007; Parra *et al*., 2007; Zielinski *et al*., 2006). Recently, little is known about the effects of cooking on the content of phenolic compounds of pigmented and non-pigmented Thai rice. Therefore, this research was conducted to evaluate total phenolic and anthocyanin contents of pigmented and non-pigmented Thai rice genotypes and alterations brought about by the cooking process.

Materials and Methods

Materials; Three batches of nine pigmented and non-pigmented unpolished rice samples were obtained by Community Enterprise Network, a group of farmer of organic food, Ubon Ratchathani province in Thailand. The moisture content of rice grains on a dry weight basis according to AOAC (1990) was range from 11.25-13.65%. Three black-grained rice genotypes (Hawm nil, Hawm kanya and Kum), Two red-grained rice genotype (Sang yod and Red Jasmine) and four light brown-grained rice genotype (Hawm Ubon, Lao tek, Jasmine rice 105 and Sin lek) were harvested from March to June 2011. The dried material was kept in a chiller at 4°C for no longer than two months.

Folin Ciocalteu reagent, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), and sodium carbonate, were purchased from Sigma Chemical Co., Ltd (St. Louise, USA). Ferulic acid was purchased from Acros Organics (New Jersey, USA). The other chemicals and solvents used in this experiment were analytical grade purchased from Sigma-Aldrich Co., Ltd (Steinheim, Germany).

Sample preparation; Rice grains rinse with water, and add water at a ratio of 1:2 for light brown and red rice, 1:3 for black rice. The rice was cooked in electric rice cooker for 1 hr. This water-to-rice ratio was adequate to ensure complete water absorption and cooking time was enough to guarantee a soft texture.

Extraction of rice grains; Rice cooked (350 g) was extracted twice with 1.5N HCl in 95% ethanol at a ratio of 1:3 (w/v). Each time, the mixture was kept on a mechanical shaker (Innova 4080, New Brunswick Scientific, USA) for 1 h at 25°C. After centrifuging (Model Super T 21, Sorvall, USA) at 4000 rpm (1430g) for 15 min, the supernatants obtained was concentrated to dryness by using a rotary evaporator (NEI, EYELA, Tokyo rikakikai Co., Ltd, Japan) at 45°C. The sample was dried in freeze dryer and stored in aluminum foil at -20°C until analysis.

The dried extracts were also used to evaluate total phenolic and anthocyanin content. All analyses were performed in triplicate.

Determination of total phenolic content; The total phenolic content of extracts was determined using the Folin-Ciocalteu's phenol reagent (modified from Kähkonen *et al*., 1999). The concentration of total phenolic compounds in all plant extracts was expressed as mg of ferulic acid equivalent (FAE) per g dry weight of rice grain using a linear equation. All determinations were performed in triplicate.

Determination of total anthocyanin content; The extracts obtained from acid hydrolysis were used to determined total anthocyanin content. It was determined by the pH differential method (Giusti and Wrolstad, 2005). To measure the absorbance at pH 1.0 and 4.5, the crude extract was diluted 20 times with pH 1.0 potassium chloride buffer and pH 4.5 sodium acetate buffers, respective. The total anthocyanin content of crude extract was calculated in terms of cyanidin-3-glucoside (CG).

Statistical analysis; Average was calculated from triplicate measurements. Statistical analysis in this study was performed using *p*-value. Significant differences were determined using Duncan's multiple comparison procedure at $p<0.05$.

Results and Discussion

The average contents of total phenolic content in pigmented and non-pigmented rice before and after cooking are shown in Figure 1. The average content of phenolics in the black pigmented groups (1417±140 mg FA

eq./g db) was about 3 times as high as that in the non-pigmented rice group (612±220 mg FA eq./g db) and red group (658±324 mg FA eq./g db). Phenolic content differed widely among pigmented rice cultivars (333.7-1565.8 mg FA eq./g db) and may reflect the differently colored bran of the rice genotypes analyzed.

Cooking was found to reduce the average content of total phenolics in all pigmented group by about 26% (from 1417±140.95 to 1194±395 for black group and from 658±324 to 556±293 mg FA eq./g db for red group), indicating that the phenolic fraction, mainly composed of proanthocyanidins, was the most affected by the thermal treatment. However, in non-pigmented, total phenolics were significantly affected by cooking and the average total content remained constant (about 550 mg FA eq./g db).

Although pigmented rice genotypes were greatly affected by the cooking process, their average total phenolic levels still remained higher than non-pigment rice group. The average content of phenolics in red pigmented rice decreased by 26% after cooking (from 658±324 to 556±293 mg FA eq./g db). Finocchiaro *et al*. (2007) observed that approximately 96% of the proanthocyanidins in red rice were lost when grains were cooked in an exact amount of water (complete absorption) and in excess water, respectively. Therefore, we may assume that losses can be vastly variable, if cooking conditions by using an excess of water permit the leaching of water soluble compounds.

Interestingly, the average content of phenolics extracting using acid hydrolysis in Hawm Nil genotype increased dramatically from 1285±17 to 1528±38 mg FA eq./g db (a rise of approximately 120%) after cooking. The effects of processing on phenolic compounds also seem to depend on the chemical composition of the matrix.

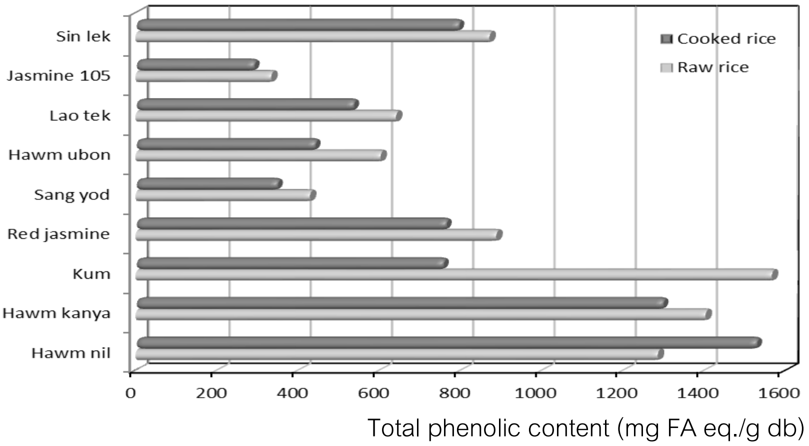


Figure 1 Changes in total phenolic contents from 9 genotypes of Thai rice grains after cooking.

The average contents of total anthocyanin content in pigmented and non-pigmented rice before and after cooking are shown in Figure 2. The total anthocyanin contents of all rice genotypes exhibited lower after cooking. The black rice group mostly affected from thermal condition. Thermal processing may cause degradation of proanthocyanins, depolymerization of higher oligomeric and polymeric structures into dimers and trimers and also concomitant polymerization reactions (Zielinski *et al*., 2006).

Given the possible interactions discussed above, the thermal treatment affects differently the non-pigmented and pigmented rice due to their different phenolic compositon. In fact, in this study, cooking resulted in the levels of anthocyanin in black pigmented rice decreased by about 70% (from 554 to 175 mg CG eq./g db), whereas significant changes were observed in the non-pigmented and red genotypes about 37% (from 176 to 112 mg CG eq./g db) and 20% (from 32 to 25 mg CG eq./g db), respectively.

The correlation between phenolic and anthocyanin content in whole rice groups was also investigated. The relationship between phenolic and anthocyanin of black rice group was higher than red and light brown rice groups (Table 1). The correlation between phenolic and anthocyanin of all color rice grains was the lowest (r = 0.634).

Table 1 Pearson correlation among phenolics and anthocyanin among the total rice, white, red and black rice genotypes.

	Total rice	White rice	Red rice	Black rice
	Phenolic	Phenolic	Phenolic	Phenolic
Anthocyanin	0.634*	0.421	0.679	0.820*

* and ** were significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

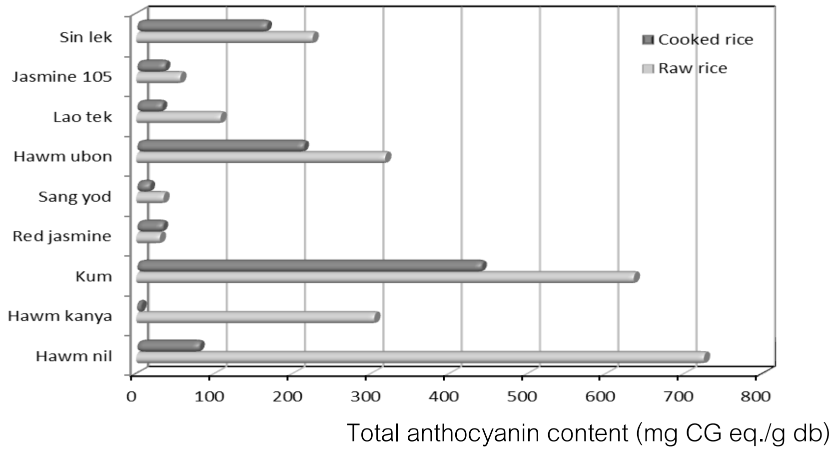


Figure 2 Changes in anthocyanin contents from 9 genotypes of Thai rice grains after cooking

Summary

Total phenolic contents in raw red and light brown rice groups were equaled, however the phenolics in black rice was 2.3 times as high as that in raw non-pigmented and red rice grains and composed largely by anthocyanins. Cooking reduced total phenolic content in studied rice grains except Hawm Nil genotype. In Kum genotype, a 50% reduction in total phenolics was observed and anthocyanin became predominant (40%) after cooking. Therefore, cooking led a drastic reduction of total phenolic content by the loss of most of the anthocyanins in rice grains.

Acknowledgements

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

Literature cited

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis, 16th Edn., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC., USA.

Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E., 2005, Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-visible Spectroscopy, Handbook of Food Analytical Chemistry, pp. 19-31.

Kähkonen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K. and Kujala, T.S., 1999, Antioxidant Activity of Plant Extract Containing Phenolic Compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 3954-3962.

Finocchiaro, F., Ferrari, B., Gianinetti, A., Dallásta, C., Galaverna, G., Scazzina, F. and Pellegrini, N., 2007, Characterization of Antioxidant Compounds of Red and White Rice and Changes in Total Antioxidant Capacity During Processing, Molecular Nutrition and Food Research, 51: 1006–1019.

Parra, C., Saldivar, S.O.S., Liu, R.H., 2007, Effect of Processing on the Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Corn for Production of Masa, Tortillas and Tortillas Chips, Journal of Agriculture and Food Chemistry, 55: 4177–4183.

Zielinski, H., Michalska, A., Piskula, M.K. and Kozlowska, H., 2006, Antioxidants in Thermally Treated Buckwheat Groats, Molecular Nutrition and Food Research, 50: 824–832.

ผู้ทรงคุณวุฒิ
การประชุมและเสนอผลงานวิชาการพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนครั้งที่ 6

รศ.ดร. รวี เสรฐภักดี
ศ. ดร. ปราณี อาจเปรื่อง
รศ. ดร. สรัญญา วัชโรทัย
รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี

ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
ผศ. รัชนี ไสยประจง
ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล
ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง

ศ. ดร. อรรถพล นุ่มหอม
คุณ วิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์
รศ. ดร. ประภาพร ตั้งกิจโชติ
รศ. สมภพ ฐิตะวสันต์
ดร. ทรงพล สมศรี
ดร. อมรา ชินภูติ
ดร. วันทนา ตั้งเปรมศรี
ดร. ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป

คณะกรรมการจัดงานประชุมฯ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
รศ. ดร. กิตติ โพธิปัทมะ
รศ. ดร. สุรินทร์ เหล่าสุขสถิตย์
ดร. สุริยา ฤธาทิพย์
ดร. อมราภรณ์ แก้วชะฎา
ผศ. ดร. ปกขวัญ หุตางกูร
รศ. ไพรินทร์ กปิลานนท์
ผศ. ดร. รสมันต์ จงเจริญ
ดร. วิชัย ดำรงโภคภัณฑ์
รศ. ดร. สมโภชน์ น้อยจินดา
รศ. ดร. สาวิตรี วัทญญูไพศาล
รศ. ดร. วิไล รังสาดทอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล
ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
ผศ. รัชนี ไสยประจง

คณะทำงานจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ฉบับพิเศษ ปีที่ 43 ฉบับที่ 2

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
นางสาวรัชฎาภรณ์ คะประสบ
นางสาวอรพรรณ เสลามาศสกุล
นางสาวนภาภรณ์ แซ่ลี้
นางสาวภัสจนันท์ หิรัญ

นายณัฏฐพล ไข่แสงศรี
นางนภัสสร เพียสุระ
นางสาวพัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์
นางสาววรัมพร วงศ์สุดิน
นางสาวชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น
นางสาวอรัญญา นิพนธ์ศักดิ์
นางสาวภัทราวรรณ มหาสิงห์
นางสาวกฤษณา หงษ์คู
นางสาวรัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ
นางสาวจิราภา มาอินทร์

นางสาวขนิดา ญานถวิล
นางสาวนลินี พูลพิพัฒน์
นางสาวสุญาณี มงคลตรีรัตน์
นางสาวจรัสรัตน์ ปานโคก
นางสาวกันยารัตน์ มาแย้ม
นางสาวจุฑาทิพย์ สินสวัสดิ์
นางสาววทันยา ลิมปพะยอม
นายศรัณย์ ลาภนิธิพร
นางสาวพัชราภรณ์ รัตนธรรม

ผู้ทรงคุณวุฒิ
การประชุมและเสนอผลงานวิชาการพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนครั้งที่ 6

รศ.ดร. รวี เสรฐภักดี
ศ. ดร. ปราณี อาจเปรื่อง
รศ. ดร. สรัญญา วัชโรทัย
รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี
ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
ผศ. รัชนี ไสยประจง
ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล
ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
ศ. ดร. อรรถพล นุ่มหอม
คุณ วิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์
รศ. ดร. ประภาพร ตั้งกิจโชติ
รศ. สมภพ ฐิตะวสันต์
ดร. ทรงพล สมศรี
ดร. อมรา ชินภูติ
ดร. วันทนา ตั้งเปรมศรี
ดร. ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป

คณะกรรมการจัดงานประชุมฯ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์
รศ. ดร. กิตติ โพธิปัทมะ
รศ. ดร. สุรินทร์ เหล่าสุขสถิตย์
ดร. สุริยา ฤธาทิพย์
ดร. อมราภรณ์ แก้วชะฎา
ผศ. ดร. ปกขวัญ หุตางกูร
รศ. ดร. ไพรินทร์ กปิลานนท์
ผศ. ดร. รสมันต์ จงเจริญ
ดร. วิชัย ดำรงโภคภัณฑ์
รศ. ดร. สมโภชน์ น้อยจินดา
รศ. ดร. สาวิตรี วัทญญูไพศาล
รศ. ดร. วิไล รังสาดทอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล
ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
ผศ. รัชนี ไสยประจง

คณะทำงานจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ฉบับพิเศษ ปีที่ 43 ฉบับที่ 2

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง
นางสาวรัชฎาภรณ์ คะประสบ
นางสาวอรพรรณ เสลามาศสกุล
นางสาวนภาภรณ์ แซ่ลี้
นางสาวภัสจนันท์ หิรัญ
นายณัติฐพล ไข่แสงศรี
นางนภัสสร เพียสุระ
นางสาวพัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์
นางสาววรัมพร วงศ์สุดิน
นางสาวชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น
นางสาวอรัญญา นิพนธ์ศักดิ์
นางสาวภัทราวรรณ มหาสิงห์
นางสาวกฤษณา หงษ์คู
นางสาวรัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ
นางสาวจิราภา มาอินทร์
นางสาวขนิดา ญานถวิล
นางสาวนลินี พูลพิพัฒน์
นางสาวสุญาณี มงคลตรีรัตน์
นางสาวจรัสรัตน์ ปานโคก
นางสาวกันยารัตน์ มาแย้ม
นางสาวจุฑาทิพย์ สินสวัสดิ์
นางสาวทันยา ลิมปพะยอม
นายศรัณย์ ลาภนิธิพร
นางสาวพัชราภรณ์ รัตนธรรม

ดัชนีชื่อผู้แต่ง

ก
กนก รัตนะกนกชัย 121
กนกภรณ์ ครุฑภาพันธ์ 237
กรรณิการ์ กุลยะณี 229
กรวิศฎ์ ณ ถลาง 641
กฤษณา บุญศิริ 273
กฤษณา หงส์คู 413, 417
กวิศร์ วานิชกุล 629, 633
กัญญารัตน์ สุวรรณทีป 569
กันทรี ฤทธิ์เรืองเดช 321
กันยารัตน์ มาแย้ม 505
กาญจนา มาล้อม 337
กาญจนา สุริยนต์ 57
กิ่งกานท์ พานิชนอก 205, 289, 605
กิตติ การะพิมพ์ 625
กิตติ โพธิปัทมะ 641, 665
กิตติภูมิ งามสมทบ 161, 581
กิตติมา ไพศาลเจริญ 309
กุลนที เลาหะกุล 517
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ 93, 197, 229, 281, 353
กุลรภัส วชิรศิริ 313, 345
กุหลาบ สิทธิสวนจิก 233
เกศินี สายสุวรรณ 65
โกวิท ยอดมงคล 57

ข
ขนิดา ญาณถวิล 357, 365
ขนิษฐา ท่วงที 657
ขัตติยา ชิณวงษ์ 233
เขมรุจิ เข็มทอง 117

ค
คณพล จุฑามณี 301
คณิณ รุ่งวัฒนา 301
คมจันทร์ สรงจันทร์ 101
ครรชิต สอสิริกุล 17

จ
จรัสรัตน์ ปานโคก 361, 381
จรัสศรี นวลศรี 209, 333
จริยา จันทร์ไพแสง 137
จันทร์ธิมา อุเลา 489
จันทร์เพ็ญ แสงประกาย 293
จันทร์สุดา จริยวัฒนวิจิตร 293
จาตุรงค์ จงจีน 145
จารุณีย์ ทองผาสุก 113
จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ 85, 109, 141
จารุวัฒน์ บุญรอด 393
จำเนียน เป็กเครือ 65
จำรูญศรี พุ่มเพียน 25
จิณห์วรา เจริญพันธ์ 29
จิตรา จันโสด 333
จิระวัฒน์ เอี่ยมวัฒน์ 517
จิราพร สมนึก 81
จิราภรณ์ ดำจันทร์ 133
จิราภา มาอินทร์ 557, 561
จุฑาทิพย์ สินสวัสดิ์ 501
จุฑามาศ พิสมัย 89
จุฑามาศ สุทธิรักษ์ 485
จุฑารัตน์ คงโนนกอก 129
จุฬารัตน์ หงส์วลีรัตน์ 189
เจษฎา ภัทรเลอพงศ์ 217

ฉ
ฉัตรชัย หล่าบรรเทา 285
ฉัตราภา หัตถโกศล 565
เฉลิมชัย วงษ์อารี 213, 665

ช
ชณิตรา โพธิคเวษฐ์ 397
ชนกานต์ สกุลแถว 201
ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น 473, 521
ชนินทร์ อัครปัญญาวิทย์ 33
ชลธิรา แสงศิริ 601
ชลลดา สังเวียน 89
ชลิดา เนียมนุ้ย 9, 237
ชวนพิศ อรุณรังสิกุล 185, 305
ช่อลัดดา เที่ยงพุก 293
ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร 213
ชัยสิทธิ์ ปรีชา 257
ชินกฤต สุวรรณคีรี 165
ชื่นจิต แก้วกัญญา 297, 585

ญ

ญาดา เอกสุวรรณ 485

ฐ

ฐิติชญา สุวรรณทัพ 313, 345
ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ 421, 425, 429, 549

ณ

ณรงฤทธิ์ เภาสระคู 601
ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ 321, 357, 361, 365, 369, 373, 381, 409, 413, 417, 433, 453, 457, 461, 465, 469, 473, 477, 481, 497, 501, 505, 509, 513, 521, 529, 533, 537, 541, 553, 557, 561, 573, 609, 621
ณัฏฐา สถิรรัตน์ 29
ณัฏฐิกา ชูสกุล 317
ณัฐ สมณคุปต์ 613
ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ 61
ณัฐวุฒิ ดอนลาว 97
ณัติฐพล ไข่แสงศรี 369, 373
ณิชาภา ขำชุ่ม 97
ณิฐิมา เฉลิมแสน 65
เณศรา จันต๊ะวงศ์ 41

ด

ดรัญพร เชื้อดวงผุย 565
ดรุณี นาพรหม 253
ดวงใจ มาลัย 445
ดวงรัตน์ ศตคุณ 217
ดวงรัตน์ สกุลวิไลงาม 317
ดาริกา เจริญดี 41
ดำรงชัย สิทธิสำอางค์ 313, 345

ท

ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย 385, 389, 393, 397, 401, 405
ทศพล แทนนรินทร์ 421, 425, 429, 549
ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์ 661
ทิพรักษ์ วงษาดี 261

ธ

ธงชัย พุฒทองศิริ 317
ธนพร ขจรผล 601
ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์ 137
ธานินทร์ คงศิลา 613
ธิดารัตน์ คุ้มภัย 665
ธีร์ หะวานนท์ 329, 337
ธีรนันท์ แตงทอง 157
ธีรพงษ์ เทพกรณ์ 377
ธีรวัฒน์ กันยานี 253
ธีระธนธร นนทะภา 57
ธีระพล ศรีชนะ 5, 53
ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล 193, 349

น

นพรัตน์ ทัดมาลา 61
นภสร มงคลสวัสดิ์ 405
นภัสวรรณ เลี่ยมนิมิตร 385
นภัสสร เพียสุระ 621
นภาภรณ์ แซ่ลี้ 469
นราพร ฟ้าสว่าง 1
นราศักดิ์ บุญมี 597
นราศักดิ์ พงศ์พระเกตุ 217
นลินี พูลพิพัฒน์ 453, 573
นัทธ์ชนัน ยศปินตา 445
นันท์ชนก นันทะไชย 89
นันทนัช พินศรี 137
นารี เด่นชัย 265
นิตยา บุญเรือง 489
นิภาดา ราญมีชัย 401
นิรมล ปัญญ์บุศยกุล 97, 377
นิษา โรจนประเสริฐสุข 629, 633
นิสานารถ กระแสร์ชล 193, 349
นุจนาจย์ งิดชัยภูมิ 245
เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์ 185, 305

บ

บุญธิดา โฆษิตทรัพย์ 17
บุศรา ฐิติรัตน์สกุล 49
บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล 245
บุษกร ประดิษฐนิยกูล 133
บุษกร อุตรภิชาติ 489
เบญจมาส รัตนชินกร 101
เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ 149, 437

ป

ปกขวัญ หุตางกูร 69, 589

ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย 129
ปนัดดา ประสาทชัย 585
ประไพพรรณ เอมดวง 197
ประภาพร ตั้งกิจโชติ 629, 633
ประภาส ช่างเหล็ก 205, 289, 605
ประศาสตร์ เกื้อมณี 285
ปราณี อ่านเปรื่อง 1, 49
ปรารถนา คิ้วสุวรรณ 157
ปริญญพันธุ์ เพชรจรัส 37
ปริยานุช จุลกะ 597, 653
ปวีณา สังข์แก้ว 21
ปานนท์ เมืองแก้ว 221
ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ 265
ปิยนุช นุ่มสนิท 265
ปิยะวดี เจริญวัฒนะ 249
ปิยาภัทร์ เข็มวิชัย 325
เปรมชัย เอี่ยมศิรินพกุล 25

ผ
ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ 393, 493, 569
ผาณิต รุจิรพิสิฐ 45, 173

พ
พชรดา ฉายศรี 205, 289, 605
พนอม ศรีวัฒนสมบัติ 65
พนัชกร อัศวจิต 41
พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย 213, 649
พนิดา หลำบางช้าง 485
พรชไม ชคัตประกาศ 309
พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ 125
พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์ 309
พรนภา น้อยพันธ์ 93
พรพรรณ เพ็งพูลเดช 437
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ 81
พรรณปพร จิตจำรูญโชคไชย 593
พรรทิภา ทองพวง 641
พรวดี ภักดีไพบูลย์ 653
พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล 565
พัชราภรณ์ รัตนธรรม 553
พัชรินทร์ อินทร์ช่วย 653
พัชรีภรณ์ เงินมาก 81
พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์ 513
พิจิตรา แก้วสอน 653
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล 669
พิชัย ทองดีเลิศ 618
พิมพา พงศ์พัฒนบุตร 225
พิราวรรณ จันประตูมอญ 65
พีรยา โชติถนอม 233
พีระ ทองมี 489
พุฒตาล ทิพเพ็ง 269
พูนพิภพ เกษมทรัพย์ 17, 217, 301
เพ็ญจา จิตจำรูญโชคไชย 153, 593, 645
ไพรินทร์ กปิลานนท์ 69, 449

ภ
ภัชรี สิทธิกิจโยธิน 125
ภัทรา ปักษา 341
ภัทราวดี ศรีปัญญา 57
ภัทราวรรณ มหาสิงห์ 609
ภัทษร สำเนียงดี 649
ภัสจนันท์ หิรัญ 537, 541
ภาณุมาศ ฤทธิไชย 325, 637
ภาสันต์ ศารทูลทัต 329, 337, 341
ภุมริน บุญโกสุมภ์ 517

ม
มณีรัตน์ คูหาพิทักษ์ธรรม 333
มยุรี จันทร์สายทอง 157
มัชชลี คณโทเงิน 189
มัลลิกา จินดาซิงห์ 525
มัสรินทร์ วิวัฒน์ 53
มินตรา พจนมณี 385
เมทินี วสุนธราวัฒน์ 37
เมธชวิน ขำพิมพ์ 645
โมทนา สมเสียง 397

ย
ยรรยง เฉลิมแสน 657
ยาตรา ยมสูงเนิน 201
ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์ 113
เยาวพา จิระเกียรติกุล 325, 637
เยาวภา ไหวพริบ 201
เยาวมาลย์ น้อยใหม่ 249

ร
รพีพร เอี่ยมสะอาด 149

รังษี เจริญสถาพร 157
รังสิมา สูตรอนันต์ 201
รัชฎาภรณ์ คะประสบ 433
รัชนี ไสยประจง 121, 125, 277, 545
รัชนีกร แก้วจุลกาญจน์ 209
รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ 457, 465
รัตนชัย ไพรินทร์ 57
รัตนา สดุดี 225, 269
เริงนภรณ์ โม้พวง 657
เรืองศักดิ์ กมขุนทด 289

ฤ
ฤทัยรัตน์ ทันตวิวัฒนา 213
ฤาชา บุญยกิจโณทัย 13

ล
ลดาวัลย์ ช่างชุบ 669
ลพ ภวภูตานนท์ 285
ลักษณัฐดา พรมขำ 65
ลือพล ปุณณกันต์ 641

ว
วชิราภรณ์ ผิวล่อง 85, 109, 113, 141
วณิช ลิ่มโอภาสมณี 421, 425, 429, 549
วทันยา ลิมปพะยอม 497
วรทรรศน์ สหัสธรรมรังสี 157
วรรัตนพงศ์ วงเสน 665
วรัมพร วงศ์สุดิน 461, 553
วราภรณ์ ปั้งลิขิต 189
วรารัตน์ ลาสุขัง 565
วรารัตน์ ศรีจันทร์ 257
วลีรัตน์ วัฒนชลทิศ 641
วไลลักษณ์ แพทย์วิบูลย์ 157
วสันณ์ เพชรรัตน์ 21
วันชัย จันทร์ประเสริฐ 653
วาริช ศรีละออง 61, 393
วารินทร์ สารเขื่อนแก้ว 377
วาสนา ชัยเสนา 657
วิจิตร รัตนถาวรกิตติ 133
วิชชุดา สังข์แก้ว 45, 173
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล 93, 193, 281, 349, 353
วิบูลย์ ช่างเรือ 221
วิภา ราตรีพรทิพย์ 97
วิมลศรี พรรธนประเทศ 517
วิษณุ ทรัพย์กร 169, 181
วิสะนี ดีสกุล 133

ศ
ศรรัก พงษ์สุวรรณ 81
ศรัณย์ ลาภนิธิพร 409
ศรัณยา รพีอาภากุล 25
ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล 517
ศานิต สวัสดิกาญจน์ 77, 161, 169, 181, 581, 625
ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ 101
ศิริชัย กัลยาณรัตน์ 213, 649
ศิรินทร์ จันทโพธิ์ 73
ศิริรัตน์ ศิริพรวิศาล 177
ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป 133
ศิววรรณ พูลพันธุ์ 81
ศุภกิตต์ สายสุนทร 13
ศุภธิดา อับดุลลากาซิม 341
เศรษฐ์ เจริญเขต 73
เศรษฐา ศิริพินทุ์ 525
โศรดา วัลภา 313, 345, 441, 517

ส
สกล ฉายศรี 205, 289, 605
สถิตพงศ์ ผลาเกษ 33
สนั่น ศุภธีรสกุล 53
สมเกียรติ ปั้นแตง 273
สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ 9
สมบูรณ์ศักดิ์ ศิลาเปรื่อง 149
สมโภชน์ น้อยจินดา 641, 665
สรัญญา วัชโรทัย 505
สวรักษ์ จันทรเทพธิมากุล 661
สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา 9
สักขี แสนสุภา 133
สาธิต ทัศนเอกจิต 9
สายลม สัมพันธ์เวชโสภา 493
สิริมา ชินสาร 193, 349
สิริรัตน์ นันทพันธ์ 389
สุกัญญา เอี่ยมลออ 493
สุขทิพย์ สุกใส 237
สุชาดา พงษ์พัฒน์ 85, 109, 141
สุชาดา เวียรศิลป์ 221
สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ 109, 421, 425, 429, 549

สุดสวาสดิ์ ดวงศรีไสย์ 301
สุดสายสิน แก้วเรือง 13
สุทัตตา ชุมพร 577
สุปราณี แก้ววิหาร 405
สุปราณี งามประสิทธิ์ 205, 289, 605
สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง 133
สุพัตรา ศรีสุวรรณ 577
สุภัทร์ ไชยกุล 321
สุภาภรณ์ เลิศศิริ 618
สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก 241
สุมาลิน แท่นทอง 297
สุเมธ เนติลัดดานนท์ 569
สุรพงษ์ พินิจกลาง 121, 125, 277, 545
สุรศักดิ์ นิลนนท์ 285
สุรศักดิ์ สัจจบุตร 85, 109, 113, 141, 549
สุริยา ฤธาทิพย์ 69
สุรีพร หงส์สีดา 261
สุวิทย์ เฑียรทอง 161
สุฮัยญา แวยูโซะ 5
เสมอใจ ชื่นจิตต์ 21
เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์ 105, 173
เสาวพงศ์ เจริญ 117
โสรยา เกิดพิบูลย์ 41, 237

ห

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์ 105

อ

อกนิฏฐา พูนชัย 445
อนันต์ ทองทา 201
อนุกูล วัฒนสุข 237
อโนชา สุขสมบูรณ์ 29, 229
อภินันท์ วัลภา 441
อภิรดี อุทัยรัตนกิจ 393, 493, 569
อมรรัตน์ บุญศรี 445
อมรรัตน์ มีเครือรอด 565
อมรรัตน์ อุปพงศ์ 585
อรพรรณ เสลามาศสกุล 509
อรพิน เกิดชูชื่น 321, 357, 361, 365, 369, 373, 381, 409, 413, 417, 433, 453, 457, 461, 465, 469, 473, 477, 481, 497, 501, 505, 509, 513, 521, 529, 533, 537, 541, 553, 557, 561, 573, 609, 621
อรรจนา ด้วงแพง 37, 73
อรรถพล ตันไสว 65, 657
อรวรรณ นกสี 25
อรสา สุริยาพันธ์ 33, 189
อรอนงค์ วงษ์เอียด 489
อรอุมา สองศรี 637
อรัญ งามผ่องใส 5, 53
อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์ 477, 481
อรุณพร อิฐรัตน์ 325, 637
อัจฉรา พิเลิศ 57
อัสนี วงคำหาร 261
อารยา ยงกสิการณ์ 89
อิทธิพล เงินยิ่งสุข 645
อินทิรา ลิจันทร์พร 485
อุทร ชิขุนทด 449, 589, 665
อุบลพันธ์ รอดสุวรรณ์ 437
เอกภพ มิลินทานุช 73
เอกรัฐ ปั่นกำจร 273
เอฏฐวรรณ ชมชื่น 589
โอภาษ บุญเส็ง 605

M

Milosevic, D. 333

N

Naibaho, N.M. 529, 533

O

Okuda, N. 73

S

Sarobol, E. 289, 605
Suzuki, H. 73

ดัชนีคำสำคัญ

ก

กก, 153
กรดจิบเบอเรลลิค, 77
กรดซาลิไซลิก, 649
กรดแล็กติก, 85, 141
กรดอะมิโน, 277
กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น, 661
กระดุมทองเลื้อย, 641
กระบวนการงอก, 541, 553
กระบวนการหมัก, 265, 461, 557, 561
กระบวนการให้ความร้อน, 609
กล้วยน้ำว้า, 261
กล้วยไม้หวาย, 569
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด, 369
กลายพันธุ์, 85
กลิ่นอาหารคาว, 609
กลูโคสไซรัป, 149
กลูโคอะไมเลส, 149
กากถั่วเขียว, 473, 521
กากเมล็ดทานตะวัน, 513
กาบ้า, 277
กาแฟอาราบิกา, 97
การ sonicate, 637
การกลายพันธุ์, 141
การเก็บรักษา, 101, 481
การเกษตรที่ดีและเหมาะสม (จีเอพี), 177
การเกิดยอด, 249
การเกิดราก, 305
การขยายพันธุ์, 589
การขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ, 249
การขาดน้ำ, 181
การขึ้นฟูของไอศกรีม, 313
การควบคุม, 425
การคัดแยกเมล็ด, 221
การคัดเลือกพันธุ์, 161, 581
การเคลือบผิว, 101
การงอก, 325
การงอกของเมล็ด, 397
การเจริญของผล, 633
การเจริญเติบโต, 169, 597
การเจริญเติบโตของต้น, 305
การตัดขั้วเมล็ด, 77
การต้านอนุมูลอิสระ, 409
การต้านออกซิเดชัน, 1
การติดตา, 209
การทดสอบการเก็บรักษา, 281
การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค, 105
การทดสอบทางประสาทสัมผัส, 45, 113
การทนน้ำท่วม, 161
การทนแล้ง, 581
การทอด, 441
การทอดสุญญากาศ, 105
การทำ priming, 397
การทำลายการพักตัว, 77
การทำลายการพักตัวของเมล็ด, 653
การทำแห้ง, 93
การทำแห้งแบบพ่นฝอย, 97, 433
การนำที่ปากใบ, 17
การประเมินอายุการเก็บรักษา, 5
การปรับตัว, 245
การปรับปรุงบำรุงดิน, 585
การปรับให้คุ้นสภาพแวดล้อม, 641
การปลูกข้าว, 577
การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน, 597
การผลิตเมล็ดพันธุ์, 297
การพัฒนาของสี, 393
การพัฒนาผลิตภัณฑ์, 241
การพัฒนาสูตร, 353
การเพาะเลี้ยงข้อ, 641
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, 637
การเพิ่มจำนวนยอดใหม่, 641
การแพร่ของอินโดลอะซิติกแอซิด, 253
การย่อย, 37
การย่อยด้วยเอนไซม์, 49
การย่อยสลายด้วยกรด, 457
การย่อยสลายด้วยเอนไซม์, 465
การยับยั้ง, 145
การยับยั้งการเจริญเติบโต, 181, 625
การรม 1-MCP, 493
การเลี้ยงเนื้อเยื่อ, 589
การแลกเปลี่ยนก๊าซ, 301
การวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม, 177
การสกัดด้วยตัวทำละลาย, 533
การสกัดด้วยน้ำ, 497

การสกัดด้วยเมทานอล, 505
การสร้างตาดอก, 285
การสังเคราะห์ด้วยแสงของใบ, 217
การสังเคราะห์แสง, 17
การหุง, 41
การให้ความร้อน, 293
การให้น้ำท่วมขัง, 625
การอบแห้ง, 389
การอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, 9
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ, 401
กุนเชียง, 45
เกษตรกร, 577
เกษตรกรรม, 153
เกษตรกรรายย่อย, 245
แกมมาอะมิโนบิวทาริค (GABA), 553
แก๊สโครมาโตกราฟี แมสสเปคโตรเมทรี, 529, 533
แก๊สชีวภาพ, 57

ข

ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่น, 129
ขนมลูกชุบ, 445
ขนาดหัวพันธุ์, 325
ขมิ้นชัน, 109
ของเสีย, 153
ข่า, 201
ข้าว, 161, 173, 177, 581, 609, 669
ข้าวกล้อง, 237, 537, 565
ข้าวเจ้ากล้อง, 561
ข้าวนาน้ำฝน, 245
ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, 321
ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1, 321
ข้าวโพดหวาน, 73
ข้าวไร่พื้นเมือง, 601
ข้าวสายพันธุ์จากประเทศไทย, 277
ข้าวสาลีพันธุ์อินทรี 1, 185
ข้าวสินเหล็ก, 565
ข้าวหอมนิล, 165
ข้าวเหนียว, 309
ข้าวฮาง, 41, 237
ขิง, 381

ค

คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์, 301
คลอโรฟิลล์เลส, 393
ความเข้ากันได้ระหว่างต้นตอและกิ่งพันธุ์ดี, 209
ความงอก, 205
ความงอกและความแข็งแรง, 77
ความชื้น, 441
ความถ่วงจำเพาะ, 221
ความสามารถในการขยายพันธุ์, 421
ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ, 621
ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลไฮดรอกซิล, 621
ความหลากหลายทางชีวภาพ, 525
ความหลากหลายทางพันธุกรรม, 333, 601
คะน้า, 649
คาร์บอนไดออกไซด์, 453, 573
คาราจีแนน, 485
คาลาเธีย, 301
ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่, 441
คุกกี้, 565
คุณค่าทางโภชนาการ, 173
คุณภาพทางจุลชีววิทยา, 489
คุณภาพเมล็ดพันธุ์, 397
คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วง, 493
คุณภาพอาหารสัตว์, 585
คุณสมบัติทางกลและกายภาพ, 501
เค้กไมโครเวฟ, 29, 197
เครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์, 81
เครื่องเทศ, 117
เครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์แบบสกรูเดียว, 321
เคอร์คูมิน, 109
แคลเซียมคลอไรด์, 481
โควาเลนท์โครมาโตกราฟี, 121
ไคโตซาน, 445
ไคโตซานฉายรังสี, 157
ไคโตแซน, 357, 365

ง

งาดำ, 541
งานส่งเสริมการเกษตร, 613

จ

จังหวัดกาญจนบุรี, 601
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, 577
จุลินทรีย์ปนเปื้อนทั้งหมด, 61
เจลาติไนเซชั่น, 321

ช

ชะลอการสุก, 101
ชานอ้อย, 153
ชีวมวล, 329, 337
ชีววิทยาของดอก, 629
เชื้อราบิวเวอร์เรีย, 273

ซ

ซิตรัสทริสเตซาไวรัส, 269
ซุป, 237
เซลล์แขวนลอย, 469
ไซรัป, 497

ด

ด้วงงวงข้าวโพด, 505
ด้วงถั่วเขียว, 549
ดัชนี, 593
ดัชนีทนน้ำท่วม, 161
ดัชนีทนแล้ง, 581
ดัชนีทางเคมี, 477
ดาวเรือง, 25
ดินผสม, 329, 337
ดินลูกรัง, 585

ต

ต้นตอยางพารา, 209
ตัดเปลือกหุ้มเมล็ด, 653
แตงกวา, 381

ถ

ถั่ว, 345
ถั่วงอก, 385, 401, 405
ถั่วนิ้วนางแดง, 93
ถั่วฝักยาว, 333
ถั่วพุ่ม, 333
ถั่วแลบแลบ, 297
ถั่วเหลือง, 537
ถั่วเหลืองฝักสด, 525

ท

ทริปซิน, 545
ทัศนคติของผู้บริโภค, 177
ทำมัง, 453, 573
ทุเรียน (*Durio zibethinus* L.), 413, 417
ทุเรียนตัดแต่งสด, 481
เทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมัน, 425
เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์, 117
เทคนิคพีเอสแอล, 117

ธ

ธัญพืชงอกหมัก, 537

น

นก, 593
น้ำ, 229
น้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์, 409
น้ำตาลซูโครส, 357
น้ำตาลแอลกอฮอล์, 189
น้ำมันปรุงอาหาร, 193
น้ำมันปาล์ม, 373, 441
น้ำมันพืช, 13
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์, 193, 349
น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง, 5, 53
น้ำมันหอมระเหย, 145, 189, 201, 241, 529, 573
น้ำยาง, 373
น้ำส้มควันไม้กลั่น, 657
น้ำส้มควันไม้ดิบ, 657
น้ำส้มควันไม้มะขาม, 65
น้ำสับปะรด, 265
น้ำเหลือทิ้ง, 597
น้ำอ้อย, 33
เนื้อผลกาแฟ, 97
เนื้อลำไย, 49
เนื้อลิ้นจี่, 1

บ

บรรจุภัณฑ์อ่อนตัว, 133
บร็อคโคลี, 105
บ๊ะจ่าง, 309
บะหมี่ทอด, 229
เบตาแคโรทีน, 665
เบนซิลอะมิโนพิวรีน, 649
แบคทีเรีย, 569
แบคทีเรียกรดแลคติค, 265
โบรมิเลน, 473, 509, 521
ใบบัวบก, 381
ใบย่านาง, 529, 533

ป

ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ, 361, 381, 553
ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย, 529
ปรับปรุงพันธุ์, 605
ปริมาณน้ำอิสระ, 133
ปริมาณวิตามินซี, 401
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, 409
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม, 233
ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ, 377
ปลอดโรค, 225
ปาเปน, 121
ปุ๋ย, 289
ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ, 165
แป้ง, 345
แป้งกล้วยพรีเจลาทิไนซ์, 129
แป้งข้าวเจ้า, 229, 357, 365
แป้งมันสำปะหลัง, 357, 365, 501
แป้งเมล็ดขนุน, 149
แป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์, 197
แป้งเมล็ดเงาะ, 517
โปรตีนกลูเตน, 373
โปรตีนถั่วเหลือง, 369
โปรตีนถั่วเหลืองสกัด, 229
โปรตีนสกัด, 473, 521
โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง, 545
โปรตีนไอโซเลต, 609
โปรตีนไฮโดรไลเซท, 437, 457, 465, 513
โปรตีนไฮโดรไลเซทกากงา, 433
โปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่าย, 509

ผ

ผงปรุงแต่งกลิ่นรสช็อคโกแลต, 433
ผลตะขบ, 33
ผลผลิต, 169, 205, 289
ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดไขมันต่ำ, 517
ผลิตภัณฑ์อัดเม็ด, 353
ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง, 93
ผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค, 61
ผักเบี้ยทะเล, 505
ผักสลัด, 597
ผู้ประกอบการธุรกิจไม้ดอกไม้ประดับ, 618

พ

พริก, 665
พริกขี้หนูสด, 81
พริกแห้ง, 389
พลังงานชีวมวล, 153
พลังงานทดแทน, 57
พลับพลึงธาร, 589
พลาสติกคลุมดิน, 73
พอลิแซคคาไรด์, 501
พัทลุง, 489
พันธุ์ข้าว, 169
พาโคลบิวทราโซล, 285
พีซีอาร์, 225
พืชตระกูลแตง, 293
พืชตระกูลถั่วเขตร้อน, 585
พืชสมุนไพร, 145, 257
พื้นที่ทุ่งนา, 593
พุทรา, 377
เพกติเนส, 49
เพชรปากช่อง, 289
เพปไทด์ถั่วเหลือง, 121
เพปไทด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ, 509
เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล, 273, 269
เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, 645
โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต,477

ฟ

ฟอกกำจัดเชื้อ, 637
ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน, 61
ฟักข้าว, 305
ฟ้าทะลายโจร, 645
ฟิล์มบริโภคได้, 89, 365, 501
ฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง, 437
ฟีนอลิค, 453, 469, 669
ฟีโนลิก, 665
โฟมแป้งมันสำปะหลัง, 369, 373
ไฟเบอร์, 373

ม

มอก.29-2545, 25
มอลโตเดกซ์ทริน, 433
มะพร้าว, 217
มะเฟือง, 629, 633
มะม่วง, 89, 125
มะม่วงดิบ, 493
มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4, 393

มันเทศ, 441
มันเทศสีม่วง, 29
มันฝรั่ง, 317
มันฝรั่งบด, 317
มันฝรั่งบดสำเร็จรูป, 317
มันสำปะหลัง, 205, 605, 625
มันเส้น, 37
มันหมู, 349
มาบบอน, 289
เมทธิลยูจีนอล, 421
เมทิลจัสโมเนท, 213, 649
เมทิลีนบูล, 477
เมล็ด, 645
เมล็ดแข็ง, 653
เมล็ดงาขี้ม้อน, 221
เมล็ดดอกบานดึก, 653
เมล็ดเหรียง, 77
แมกนีเซียมดีคีลาเตส, 393
แมงกะพรุน, 437
แมลงวันผลไม้, 421, 425, 429
โมเลคิวลาร์ ด๊อกกิ้ง, 121
ไม้กระถาง, 329, 337
ไม้ดอกไม้ประดับ, 137, 618
ไม้มะขาม, 657

ย
ยางพารา, 17, 21, 181
เยลลี่, 485
แยกกลุ่มโปรตีน, 557
แยม, 449
โยเกิร์ต, 261
ใยอาหารจากเปลือกเงาะ, 313

ร
รสขม, 473
ระดับการย่อยสลาย, 1, 513
รังสีแกมมา, 109, 113, 141, 393, 549
รำข้าว, 9
รีโทรเกรเดชั่น, 321
รูปแบบการยับยั้งเอนไซม์, 461
รูระบายอากาศ, 385
แรงดันไฟฟ้า, 569

ฤ
ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ, 129, 233
ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น, 97
ฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์, 293

ล
ลองกอง, 485
ลำไยผง, 353
ลำไยพันธุ์ดอ, 253
ลำไยอัดเม็ด, 281
ลำลูกกล้วย, 341
ลำหน้า, 341
ลำอิเล็กตรอน, 109, 549
ลูกชุบ เทคโนโลยีเฮอร์เดิล, 189
แลคติกแอซิดแบคทีเรีย, 65

ว
วันปลูก, 297
วัสดุปลูก, 305, 329, 337
วัสดุเพาะ, 185
วัสดุอินทรีย์, 325
วิตามินซี, 409
วิธีการทำแห้ง, 201
วิธีแช่ยุ่ย, 53
วิธีซอกเลต, 53
วิธีอบแห้งแบบลมร้อน, 413
เว็บไซท์ในงานส่งเสริมการเกษตร, 613
เวลาในการโซนิเคท, 377
ไวน์, 33
ไวน์เม่า, 113

ส
สกรูอัด, 13
สกัดเชิงกล, 13
สกัดเย็น, 13
สถานีวิจัยเกษตรเขตชลประทาน, 165
สบู่ที่เติมสารระงับเชื้อ, 25
สปันจ์เค้ก, 197
สภาพการขาดน้ำ, 301
ส้มตำ, 489
สมบัติเชิงกายภาพ, 237
สมบัติเชิงหน้าที่, 233, 345
ส้มโอทับทิมสยาม, 225
สมุนไพร, 193, 645

ส่วนผสมเค้กสำเร็จรูป, 197
สัณฐานวิทยา, 41
สับปะรด, 213
สายพันธุ์, 593
สายพันธุ์อ่อน, 269
สารควบคุมการเจริญเติบโต, 253
สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช, 249
สารชะลอการเจริญเติบโต, 341
สารแช่ท่อนพันธุ์, 205
สารต้านอนุมูลอิสระ, 29, 265, 461, 469, 513, 521, 665
สารต้านออกซิเดชัน, 661
สารประกอบซัลเฟอร์, 477
สารประกอบฟีนอลิค, 361, 381
สารปรุงแต่งกลิ่นรส, 413, 609
สารยับยั้งกลูโคซิเดส, 541
สารยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส, 461
สารระคายซ่า, 453
สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์, 81
สารละลายธาตุอาหาร, 185
สารละลายโปรตีนไหม, 157
สารละลายโปรตีนไหมฉายรังสี, 157
สารสกัดจากมะขามป้อม, 361
สารสกัดสมุนไพร, 241
สารสกัดหยาบ, 257
สารหวาน, 497
สารหอมระเหย, 457, 465, 481, 505
สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ, 49
สารอินทรีย์, 657
สาหร่าย, 133
สาหร่ายทะเล, 465
สี, 9, 201
สูตรสำเร็จ, 21
เส้นใย, 69
ไส้กรอกเปรี้ยว, 349

ห

หญ้าหมัก, 65
หญ้าหวาน, 497
หนอนกระทู้ผัก, 137
หุงต้ม, 669
หุงสุกเร็ว, 309
เห็ด, 449
เห็ดร่างแหกระโปรงสั้น, 69
เห็ดหอม, 45
เห็ดหอมแห้ง, 309
เห็ดหูหนูขาว, 449
แหล่งคาร์บอน, 85

อ

องค์ประกอบทางเคมี, 345
องุ่น, 285, 469
อนุมูลอิสระ, 661
ออกซิเจน, 417
อ้อย, 157
อะซาดิแรคติน, 5
อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ, 89
อัตราการยืดตัวของข้าวสุก, 41
อัตราการละลาย, 313
อาการสะท้านหนาว, 213, 401, 405
อายุการเก็บรักษา, 133, 445
อายุการปักแจกัน, 569
อายุการวางจำหน่าย, 385
อาร์เอพีดี, 209
อาหารฉายรังสี, 117
อาหารเหลว, 69
อีไลซ่า, 225
อุณหภูมิ, 57, 417
อุณหภูมิดิน, 73
อุณหภูมิต่ำ, 405
อุบลชาติ, 249
เอทธิฟอน, 417
เอนไซม์เพกติเนส, 1
เอนไซม์ไลเปส, 9
เอส เอส อาร์ เครื่องหมายโมเลกุล, 525
แอนโทไซยานิน, 661, 669
แอฟฟินิตี้โครมาโตกราฟี, 125
แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน, 125
แอลฟาอะไมเลส, 125, 149
โอโซน, 17, 217
ไอศกรีมนม, 313

A

α-amylase, 125
ABTS, 537
acclimatization, 641
acid hydrolysis, 457
adaptation, 245
affinity chromatography, 125
Agricultural extension, 613
agricultural research irrigated station, 165
agriculture, 153
air micro- and nano- bubbles, 61
alpha – amylase, 149
Amaryllidaceae, 589
amino acid, 277
Andrographis paniculate, 645
angiotensin I-converting enzyme, 545
anthocyanin, 661, 669
antibacterial activity, 529
antimicrobial soap, 25
anti-mutagenic activity, 293
antioxidant activity, 129, 361, 381, 401, 409, 461, 469, 513, 553, 621
antioxidant capacity, 233
antioxidant, 29, 97, 265, 521, 661
antioxidation, 1
anti-tyrosinase activity, 461
Arabica coffee, 97
atemoya, 289
Averrhoa carambola L., 629
azadirachtin, 5

B

'B17', 629, 633
6-benzylaminopurine (6-BAP), 649
Bacillus thuringiensis JC590, 137
bacteria, 569
Bactrocera dorsalis (Hendel), 429
bagasse, 153
banana (*Musa sapientum* L.), 261
Beauveria bassiana, 273
Bifidobacterium longum, 561
bio extract, 165
bioactive compounds, 49, 377
bioactive peptide, 509
bio-fuel, 153
biogas, 57
biomass, 329, 337
birds, 593
bitterness, 473
breaking of seed dormancy, 77, 653
breeding, 605
broccoli, 105
Bromelain, 473, 509, 521
brown citrus aphid, 269
brown rice, 237, 537, 561, 565
brown planthopper, 273

C

α-cyclodextrin, 125
cake premix, 197
calabura fruit, 33
calathea, 301
calcium chloride, 481
Callosobruchus maculatus (Fabricius), 549
caragenan, 485
carambola, 629, 633
carbon source, 85
carbondioxide, 453, 573
cashew apple fresh juice, 409
cassava chip, 37
cassava starch foam, 369, 373
cassava starch, 357, 365, 501
cassava, 205, 605, 625
Chainat 1 rice, 321
chemical composition, 345
chemical sense, 477
chilling injury symptom, 213
chilling injury, 401, 405
Chinese kale, 649
Chinese sausage, 45
Chinese Zongzi, 309
chitosan, 357, 365, 445
chlorophyll fluorescence, 301
chlorophyllase, 393
chocolate flavor powder, 433
coating, 101
coconut, 217
coffee pulp, 97

cold press, 13
color development, 393
color value, 201
color, 9
concentrated Roselle extract, 661
conjoint analysis, 177
consumer test, 105
consumer's attitudes, 177
cookie, 565
cooking, 41, 669
covalent chromatography, 121
cowpea, 333
creeping daisy, 641
Crinum thaianum, 589
crude extract, 257
CTV, 269
cucumber, 381
Cucurbitaceae, 293
culture broth, 69
curcumin, 109
current shoot, 341

D
dairy ice cream, 313
degree of hydrolysis, 1, 513
delayed ripening, 101
Dendrobium Orchid (Big White Jumbo), 569
Dendrobium, 341
Dictyophoraduplicata, 69
diffusion IAA, 253
digestion, 37
Dioscorea birmanica, 325, 637
disease-free, 225
distilled wood vinegar, 657
DPPH, 537
dried chili, 389
dried shrimp, 309
drought stress, 301
drought tolerance index (DI), 581
drought tolerant, 581
drying method, 201
drying, 93, 389
durian (*Durio zibethinus* L.), 413, 417

E
e – Extension, 613
edible film, 89, 365, 501
electrical voltage, 569
electron beam, 109, 549
electronic nose, 81
ELISA, 225
elongation, 41
entrepreneur, 618
enzymatic hydrolysis, 49, 465
enzyme inhibition, 461
essential oils, 145, 189, 241, 529, 573
ethephon, 417

F
farmers, 577
fecundity, 421
fermentation, 265, 461, 557, 561
fermented germinated cereals, 537
fermented sausage, 349
fertilizer, 289
fiber, 373
flavoring agent powder, 413
flavoring agent, 609
flexible film, 133
flooding tolerant index (FI), 161
flooding tolerant, 161
floral biology, 629
flour, 345
flower bud formation, 285
formulation development, 353
formulation, 21
free radical, 661
fresh chili, 81
fresh-cut durian, 481
fresh-cut lettuce, 61
fried noodle, 229
fruit development, 633
fruit fly, 421, 425, 429
frying, 441
functional properties, 233, 345

G
α-glucosidase inhibitors, 541

GA3, 77
GABA, 277
gac fruit, 305
galangal, 201
gamma aminobutyric acid (GABA), 553
gamma radiation, 141
gamma ray, 393, 549
gamma, 109, 113
gas chromatography mass spectrometry, 529, 533
gas exchange, 301
gelatinization, 321
genetic diversity, 333, 525, 601
germination process, 553
germination, 205, 541
ginger, 381
glucoamylase, 149
glucose syrup, 149
gluten protein, 373
Good Agricultural Practice (GAP), 177
gourmet oil, 193
Gracilaria sp., 509
grading, 221
graft budding, 209
grape, 285
growing media, 329, 337
growth inhibition, 181
growth reduction, 625
growth retardant, 341
growth, 169, 597
Gypsophila muralis, 137

H
hang rice, 41
hard seed, 653
heat treatment, 293
herbal extract, 241
herbs, 193, 645
Hom Nil rice (Black Jasmine rice), 165
hot air drying, 413
hurdle technology, 189
hydrolyzed vegetable protein, 457
hydroxyl radical scavenging activity, 621

I
in vitro culture, 589
in vitro, 249, 637
indicator, 593
inhibition, 145
Insee 1, 185
instant mashed potato, 317
intermediate moisture food product, 93
irradiated chitosan, 157
irradiated foods, 117
irradiated silk protein solution, 157
isolated protein, 609

J
jackfruit seed flour, 149
jam, 449
jelly, 485
jellyfish, 437
jujube, 377

K
Kanchanaburi province, 601
KDML 105 rice, 321

L
lablab bean (*Lablab purpureus* L. Sweet), 297
lactic acid bacteria, 65, 265
lactic acid, 85, 141
Lactobacillus acidophilus, 261
Lactobacillus plantarum, 557, 561
lateritic soil, 585
latex, 373
leaf photosynthesis rate, 217
lettuce, 597
lipase enzyme, 9
Listea petiolata, 453, 573
litchi pulp, 1
local upland rice, 601
longan powder, 353
longan pulp, 49
longan tablet, 281
longan, 253
longkong, 485
lookchup, 445

low calorie salad dressing product, 517
low temperature, 405
luk-chup, 189

M
1-MCP fumigation, 493
maceration, 53
maize weevil, 505
Malacca tree extract, 361
mango, 89, 125
Mao wine, 113
Map Bon, 289
marigold, 25
mashed potato, 317
meal protein hydrolysate, 473
mechanical press, 13
medicinal plant, 145, 257
melt-down rate, 313
methane yield, 57
methanolic extraction, 505
methyl eugenol, 421
methyl jasmonate, 213
methylene blue, 477
methyljasmonate (MeJA), 649
Mg-dechelatase, 393
microbiological quality, 489
microwave cake, 29, 197
mild strain, 269
moisture diffusivity, 441
moisture, 441
molecular docking, 121
moltodextrin, 433
moonflower seed, 653
morphological property, 41
mung bean sprouts, 385, 401, 405
mungbean meal, 473, 521
mushroom, 449
mutation, 85, 141
mycelium, 69

N
'Nam Dok Mai No 4' mango, 393
nodal culture, 641
nutrient solution, 185
nutritional value, 173
Nymphaea sp., 249

O
organic mulching, 325
organic substance, 657
Ornamental Plant, 618
overrun, 313
oxygen, 417
ozone, 17, 217

P
paclobutrazol, 285
paddy field, 593
palm oil, 373, 441
papain, 121
para rubber, 181
parboiled (Hang) rice, 237
Parkia timoriana, 77
PCR, 225
pectinase, 1, 49
perforation density, 385
Perilla (*Perilla frutescens* (L.) Britt) seeds, 221
Petunia hybrid, 137
Phatthalung, 489
phenolic content, 233
phenolics, 453, 469, 669
photo-stimulated luminescence (PSL), 117
photosynthesis, 17
Phra Nakhon Si Ayutthaya Province, 577
physical and mechanical properties, 501
physical property, 237
pineapple juice, 265
pineapple, 213
plant growth regulators, 249, 253
planting dates, 297
plastic mulching, 73
polyols, 189
polysaccharide, 501
pomelo cv. Tup Tim Siam, 225
pork backfat, 349
postharvest quality of mango, 493
potassium permanganate, 477
potato, 317

potted plant, 329, 337
pregelatinized banana flour, 129
pregelatinized jackfruit seed flour, 197
priming, 397
processed flavor, 609
product formulation, 241
propagation, 589
protein fraction, 557
protein hydrolysate, 437, 465, 521, 513
pseudo-bulb, 341
Pseudoidium nephelii, 257
pulse Beetle, 549
pulse, 345
pungency, 453
purple sweet potato, 29

Q
quality forage, 585
quick cooking, 309

R
rainfed rice, 245
rambutan dietary fiber, 313
rambutan seed flour, 517
RAPD, 209, 333
raw wood vinegar, 657
red bean, 93
renewable energy, 57
retrogradation, 321
Rhizopus microsporus, 141
Rhizopus oryzae, 85
rice bran, 9
Rice Cultivars from Thailand, 277
rice flour, 229
rice production, 577
rice selection, 581
rice starch, 357, 365
rice varieties, 169
rice, 161, 173, 177, 609, 669
Rigidoporus microporus, 21
root emergence, 305
rubber rootstock, 209
rubber, 17, 21

S
salicylic acid (SA), 649
savory flavor, 609
scanning electron microscope, 369
screw press, 13
seaweed protein hydrolysate, 509
seaweed, 133, 465
sedge, 153
seed clipping, 77, 653
seed germination and vigor, 77
seed germination, 397
seed production, 297
seed quality, 397
seed rhizome sizes, 325
seed yield, 169
seed, 645
seedling growth, 305
seedling media, 185
selection, 161
sensory evaluation, 45, 113
sesame meal protein hydrolysate, 433
sesame, 541
Sesuvium portulacastrum, 505
shelf life, 5, 133, 385, 445
shiitake mushroom, 45
shoot induction, 249
shoot proliferation, 641
silage, 65
silk protein solution, 157
silver ear mushroom, 449
single screw extruder, 321
Sinlek rice, 565
smallholders farmers, 245
snack chips, 129
sodium hypochlorite, 81
soil base media, 305
soil improvement, 585
soil temperature, 73
soil-base mix, 329, 337
soilless culture, 597
solvent extraction, 533
somtum, 489
sonication time, 377
sonication, 637

soup, 237
soxhlet extraction, 53
soy peptide, 121
soy protein isolate, 229, 545
soy protein, 369
soybean, 537
species, 593
specific gravity, 221
spice, 117
Spodopteralitura, 137
sponge cake, 197
spray dryer, 433
spray drying, 97
Sprouting, 325
SSR Markers, 525
sterile insect technique, 425
stevia, 497
sticky rice, 309
stock and scion interaction, 209
stomatal conductance, 17
storage test, 281
storage, 101, 481
Streptomyces spp., 21
substance stem treatment, 205
sucrose, 357
sugarcane juice, 33
sugarcane, 157
sulfur compounds, 477
sunflower meal, 513
superheated steam drying, 9
surface sterilization, 637
suspension culture, 469
sweet corn, 73
sweet potato, 441
sweetener, 497
syrup, 497

T
tablet product, 353
Tagetes erecta, 25
tamarind wood vinegar, 65
tamarind, 657
tapioca film, 437
temperature, 57, 417
the control, 425
thermoluminescence (TL), 117
thiam (*Azadirachta excelsa*) seed oil, 5, 53
tiger herbal, 381
Tiliacora triandra, 529
TIS.29-2545, 25
tissue culture, 645
total bacteria, 61
total phenolic content, 361, 381, 409
tropical legumes, 585
trypsin, 545
turmeric, 109

U
Ulva intestinalis, 457, 621
unripe mango, 493

V
vacuum fried method, 105
vase life, 569
vegetable oil, 13
vegetable soybean, 525
virgin coconut oil, 193, 349
vitamin C, 401, 409
Vitis vinifera, 469
volatile compounds, 457, 465, 481, 505
volatile oil content, 201

W
waste, 153
wastewater, 597
water activity, 133
water extraction, 497
water logging, 625
water stress, 181
water vapor transmission rate, 89
water, 229
wine, 33

Y
Yanang leaves (*Tiliacora triandra*), 533
yardlong bean, 333
yield, 205, 289
yoghurt, 261